

Aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento na obra de Jean Piaget: uma análise do processo de ensino-aprendizagem em Ciências

Laércio Ferracioli

Palavras-chave: epistemologia genética; ensino de ciências; formação de conceitos.



Apresenta uma visão geral das idéias de Jean Piaget, seguida da abordagem de alguns aspectos de sua obra relacionados com a construção do conhecimento através de estádios e dos fatores que os influenciam. Na seqüência, são apresentadas a definição e a

diferenciação dos conceitos piagetianos de aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento, concluindo com a apresentação e a análise de alguns resultados de pesquisa em ensino de ciências e a abordagem da questão da evolução conceitual em ciências.

Introdução

Nascido na Suíça, Jean Piaget (1896-1980) dedicou-se inicialmente aos estudos científicos relacionados com a natureza biológica, pesquisando sobre moluscos. Mais tarde, investigando a relação entre organismo e o meio, passa a estudar a natureza humana. Interessa-se pela inteligência humana que considera tão natural como qualquer outra estrutura orgânica, embora mais dependente do meio do que qualquer outra. O motivo está no fato de que a inteligência depende do próprio meio para sua construção, graças às trocas entre organismo e o meio, que se dão através da ação.

Em 1924, publica *A linguagem e o pensamento na criança*, quando a questão primeira era: para que serve a linguagem? A partir daí, mostra que o progresso da inteligência da criança se dá através da mudança de suas características e não, simplesmente, pela eliminação de erros. Em 1926, publica *A representação do mundo na criança*, quando examina o desenvolvimento progressivo do pensamento infantil em suas tentativas de explicar realidades tais como a do sonho ou dos fenômenos naturais. Neste livro, Piaget descreve o método clínico, que viria a ser a base metodológica da Psicologia Genética, fundamentada na observação e na entrevista clínica.

Após inúmeras publicações relatando a evolução de seus estudos, em 1950, publica *Introdução à epistemologia genética*, que em 1970 é publicado na forma de um breve resumo sob o título *Epistemologia genética*. Nesta obra, após apresentar uma análise de dados psicogenéticos, seguida de uma análise dos antecedentes biológicos e de um exame dos problemas epistemológicos clássicos, formaliza sua epistemologia psicológica.

Na busca de uma explicação científica da existência psicológica do homem, Piaget procura estabelecer um nexos lógico entre a psicologia e a biologia (Piaget, 1973). A partir da procura de traços sistemáticos do pensamento de crianças que correspondessem à hierarquia biológica da célula, organismo e espécie, desenvolve uma metodologia própria de pesquisa. Esta metodologia tem uma abordagem qualitativa que agrega um conjunto de técnicas de investigação. Estas técnicas reúnem simultaneamente três modos de trabalho:

a observação do comportamento espontâneo da criança, a observação do comportamento provocado por uma situação experimental e o diálogo estabelecido entre o pesquisador e a criança.

Assim, esta perspectiva metodológica parte da premissa de que a própria criança, suas interpretações, seus comentários e seus questionamentos fornecem a chave para o entendimento do pensamento infantil. Ou seja, para Piaget, *a criança, e não as perguntas formuladas*, é a fonte primária de dados para o estudo de seu desenvolvimento intelectual.

Esses estudos são relatados ao longo de toda a obra de Piaget e seus colaboradores, que abrange publicações ligadas à Psicologia Genética, Lógica e Epistemologia e Epistemologia Genética.¹ Ao longo de sua vida, publicou algumas obras-síntese nas quais expõe de maneira clara as idéias básicas de seu projeto sobre entendimento da construção do conhecimento no sujeito, ou *sujeito epistêmico*.

Segundo Piaget, o conhecimento não está no *sujeito* – organismo, tampouco no *objeto* – meio, mas é decorrente das contínuas interações entre os dois. Para ele, a inteligência é relacionada com a aquisição de conhecimento à medida que sua função é estruturar as interações sujeito-objeto. Assim, para Piaget, *todo pensamento se origina na ação*, e para se conhecer a gênese das operações intelectuais é imprescindível a observação da experiência do sujeito com o objeto.

Uma vez contextualizada a obra de Piaget, torna-se claro que não tem sentido se referir a um *método pedagógico piagetiano*. Piaget não é pedagogo, não é psicólogo, e jamais formulou uma teoria de aprendizagem. Seu objetivo maior é a busca do entendimento de como o conhecimento é construído, e nesta perspectiva ele torna-se *epistemólogo*. A rigor, o que existe são propostas pedagógicas que utilizam as idéias de Piaget como diretrizes para uma metodologia de trabalho didático-pedagógica visando ao processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, este artigo apresenta de forma restrita, e em alguns momentos textuais, aspectos da obra de Piaget relacionados com o conceito de aprendizagem e sua diferenciação dos conceitos de desenvolvimento e conhecimento. Além de contribuir para a difusão de sua obra



¹ A apresentação completa das obras de Piaget foge ao escopo deste artigo. No entanto, uma lista de suas obras pode ser encontrada no livro *Piaget e a Escola de Genebra*, da professora Luci Banks Leite, publicado pela Cortez Editora, em 1987.



e de suas idéias, o texto apresenta a discussão de resultados da pesquisa em ensino de ciências, procurando mostrar evidências empíricas que possam contribuir para o avanço teórico na investigação sobre o processo de ensino-aprendizagem.

A construção do conhecimento através de estádios

Quando interrogamos crianças de diferentes idades sobre os principais fenômenos que as interessam espontaneamente, obtemos respostas bem diferentes segundo o nível dos sujeitos interrogados. Nos pequenos, encontramos todas as espécies de concepções cuja importância diminui consideravelmente com a idade: as coisas são dotadas de vida e de intencionalidade, são capazes de movimentos próprios, e esses movimentos destinam-se, ao mesmo tempo, a assegurar a harmonia do mundo e servir ao homem. Nos grandes, não encontramos nada mais que representações da ordem da causalidade adulta, salvo alguns traços dos estágios anteriores. Entre os dois, de 8 a 11 anos mais ou menos, encontramos pelo contrário várias formas de explicações intermediárias entre o animismo artificialista dos menores e o mecanismo dos maiores; é o caso particular de um dinamismo bastante sistemático, do qual várias manifestações lembram a física de Aristóteles, e que prolonga a física da criança enquanto prepara as ligações mais racionais (Piaget, 1982, p. 173-174).

Desde o nascimento até a idade adulta, o desenvolvimento mental do indivíduo é um processo contínuo de construção de estruturas variáveis, que, ao lado de características que são constantes e comuns a todas as idades, refletem o seu grau de desenvolvimento intelectual. Para Piaget (1967), estruturas variáveis são maneiras de organização das atividades mentais, que englobam os aspectos motor ou intelectual e afetivo, tanto na dimensão individual como na social; já as características "invariáveis" são as funções de interesse, explicação, entre outras, que não variam com o nível mental do indivíduo.

Assim, a cada explicação particular para um certo interesse, há uma integração com a estrutura existente, que, em um primeiro momento, é reconstruída e, em seguida, ultrapassada para uma dimensão mais ampla, acarretando o desenvolvimento

mental. Então, a partir da integração de sucessivas estruturas, na perspectiva de que cada uma conduz à construção da seguinte, Piaget dividiu esse desenvolvimento em grandes estádios ou períodos que obedecem basicamente a três critérios, que são descritos abaixo:

1. A ordem de sucessão é constante, embora as idades médias que as caracterizam possam variar de um indivíduo para outro, conforme o grau de inteligência, ou de um meio social a outro (Piaget, Inhelder, 1978, p. 131).

Vê-se, pois, que o desenrolar dos estádios pode ser acelerado ou retardado, dependendo da experiência do indivíduo e que as idades são relativas às populações estudadas, e o mais importante é que a ordem de sucessão permanece inalterada. Isso é comprovado em estudos realizados por psicólogos de vários países que constataram um retardamento de até 4 anos em crianças em idade escolar, como afirma o próprio Piaget (1982).

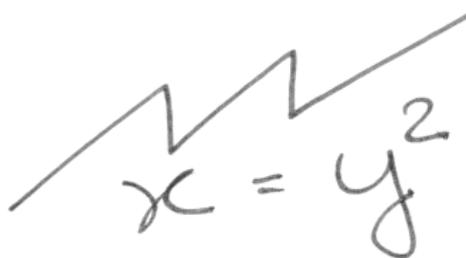
2. Cada estágio é caracterizado por uma estrutura de conjunto em função da qual se explicam as principais reações particulares (Piaget, Inhelder, 1978, p. 131).

Entretanto, esse critério não significa que cada estágio de desenvolvimento seja caracterizado por um conteúdo fixo de pensamento, mas sim, por uma certa atividade potencial que é suscetível de atingir esse ou aquele resultado, dependendo do meio no qual a criança vive (Piaget, 1982).

3. As estruturas de um conjunto são integrativas e não se substituem uma às outras: cada uma resulta da precedente, integrando-a na qualidade de estrutura subordinada e prepara a seguinte, integrando-se a ela mais cedo ou mais tarde (Piaget, Inhelder, 1978, p. 132).

E esse contínuo processo de desenvolvimento se dá através do restabelecimento do equilíbrio entre a estrutura precedente e a ação do meio, sendo que essas estruturas se sucedem de forma que cada uma assegura um equilíbrio mais estável do que o anterior, em direção a uma estrutura mais abrangente.

Os estádios de desenvolvimento dessas estruturas foram descritos de maneira resumida e explicativa por Piaget em algumas de suas obras (e.g. Piaget, 1983, 1967) e podem ser divididos em quatro períodos principais na seguinte seqüência:



ESTÁDIO	FAIXA ETÁRIA APROXIMADA
Inteligência sensório-motora	Até 2 anos de idade
Inteligência simbólica ou pré-operatória	De 2 a 7, 8 anos
Inteligência operatória concreta	De 7, 8 anos a 11, 12 anos
Inteligência operatória formal	A partir de 12 anos

Cada estágio se caracteriza pelo surgimento de estruturas originais que diferem das estruturas anteriores pela natureza de suas coordenações e pela extensão do campo de aplicação. Essas estruturas correspondem a características momentâneas que são alteradas pelo desenvolvimento subsequente, em função da necessidade de uma melhor organização, ou conforme Piaget (1967, p. 14): "cada estágio (sic.)² constitui então, pelas estruturas que o definem, uma forma particular de equilíbrio, efetuando-se uma evolução mental no sentido de uma equilibração sempre mais completa".

Assim, no estágio sensório-motor ou pré-verbal, a criança procura coordenar e integrar as informações que recebe pelos sentidos e, restringindo-se ao real, elabora o conjunto de subestruturas cognitivas ou esquemas de assimilação, que servirão de base para a construção das futuras estruturas decorrentes do desenvolvimento ulterior. Segundo Piaget e Inhelder (1978), um esquema é uma estrutura, ou a organização de ações, que é generalizável em circunstâncias semelhantes, no momento da ação.

No estágio pré-operatório, surge o que Piaget e Inhelder denominam de função simbólica, que consiste no poder de representação de objetos ou acontecimentos, tornando possível, por exemplo, a aquisição da linguagem ou de símbolos coletivos. A partir daí, há o desenvolvimento de um pensamento simbólico e pré-conceitual e, em seguida, do pensamento intuitivo,

que, em progressivas articulações, conduzem ao limiar das operações. As operações são ações internalizadas, ou seja, uma ação executada em pensamento sobre objetos simbólicos, seja pela representação de seu possível acontecimento e de sua aplicação a objetos reais evocados por imagens mentais, seja por aplicação direta a sistemas simbólicos.

Já no período das operações concretas, as intuições articuladas se transformam em operações – e.g. classificação, ordenamento, correspondência – além de se observar o surgimento das noções de tempo, causalidade, conservação, entre outras. Entretanto, o pensamento ainda conserva seus vínculos com o mundo real, isto é, as operações se prendem às experiências concretas, não envolvendo operações de lógica de proposições – ou, como coloca Piaget (1967, p. 64): "... o pensamento concreto é a representação de uma ação possível..."

Finalmente, na adolescência, é alcançada a independência do real, surgindo o período das operações formais. Seu caráter geral é o modo de raciocínio, que não se baseia apenas em objetos ou realidades observáveis, mas também em hipóteses, permitindo, dessa forma, a construção de reflexões e teorias. O pensamento torna-se então hipotético-dedutivo e, conforme Piaget (1967, p. 64), ocorre "a libertação do pensamento", quando a realidade torna-se secundária diante da possibilidade. Nesse período, além da lógica de proposições, são desenvolvidas,

² Embora os tradutores usem o termo *estágio*, a palavra *estádio* é mais apropriada na língua portuguesa.

entre outras, operações combinatórias e de correlação.

Uma vez descritas as etapas desse desenvolvimento, pode-se questionar sobre quais os fatores que o influenciam, e Piaget responde:

Para mim, existem 4 fatores principais: em primeiro lugar, *maturação*, uma vez que esse desenvolvimento é uma continuação da embriogênese; segundo, o papel da *experiência* adquirida no meio físico sobre as estruturas da inteligência; terceiro, *transmissão social* num sentido amplo (transmissão lingüística, educação, etc.); e quarto, um fator que frequentemente é negligenciado, mas que, para mim, parece fundamental e mesmo o principal fator. Eu denomino esse fator de *equilíbrio* ou, se vocês preferem, auto-regulação (Piaget, 1964, p. 178).

Vê-se que a maturação é uma condição necessária, na perspectiva de ser uma continuação do processo de formação do indivíduo, mas que não explica todo o desenvolvimento, desempenhando o limitado papel de abrir possibilidades para novas condutas que precisam ser atualizadas, o que automaticamente leva à consideração de outras condições, das quais a mais imediata é a experiência.

Quanto à experiência, Piaget estabelece dois tipos distintos: a *experiência física*, que está relacionada com conteúdos assimilados, consiste em agir sobre os objetos para abstrair suas propriedades, partindo dos próprios objetos; e a *experiência lógico-matemática*, que revela um aspecto construtivo da própria estrutura, também consiste em agir sobre os objetos para abstrair suas propriedades, mas não dos próprios objetos, e sim a partir das ações do indivíduo sobre esses objetos. Assim, a *experiência física não é um simples registro de dados, mas uma estruturação ativa e assimiladora a quadros matemáticos internos* (Piaget, Inhelder, 1978).

A transmissão social – pela linguagem, contatos educacionais ou sociais – é um fator necessário, uma vez que a criança pode receber uma grande quantidade de informações. Entretanto, não é suficiente, pois ela só assimilará as informações que estiverem de acordo com o conjunto de estruturas relativas ao seu nível de pensamento. Um dos principais equívocos da escola tradicional, afirma Piaget (1982), é

imaginar que a criança tenha apenas de incorporar as informações já "digeridas", como se a transmissão não exigisse uma atividade interna de assimilação-acomodação do indivíduo, no sentido de haver uma reestruturação e daí uma correta compreensão do que foi transmitido.

O quarto fator – a *equilíbrio* – considerado por Piaget como fundamental, é o que completa e evidencia o caráter não-apriorístico do desenvolvimento das estruturas mentais do indivíduo. A evolução ocorre sempre na direção de um equilíbrio, mas sem um plano preestabelecido, assim "como a marcha para o equilíbrio da entropia em termodinâmica" (Piaget, Inhelder, 1978, p. 134), isto é, como o equilíbrio depende da ação do sujeito ativo sobre os distúrbios externos e, ao mesmo tempo, da ação desses sobre aquele. O que se pode observar é *um* ponto de equilíbrio e não o ponto de equilíbrio.

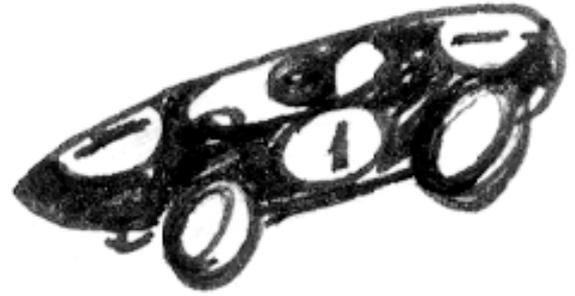
Por outro lado, o processo de *equilíbrio* difere do sentido que a física lhe dá, sendo entendido como um "processo ativo" de auto-regulação semelhante a um processo cibernético, onde há uma

seqüência de compensações ativas do sujeito em resposta às perturbações exteriores e de regulagens ao mesmo tempo retroativas (sistemas de anéis ou *feedbacks*) e antecipadoras, que constitui um sistema permanente de tais compensações (Piaget, Inhelder, 1978, p. 134).

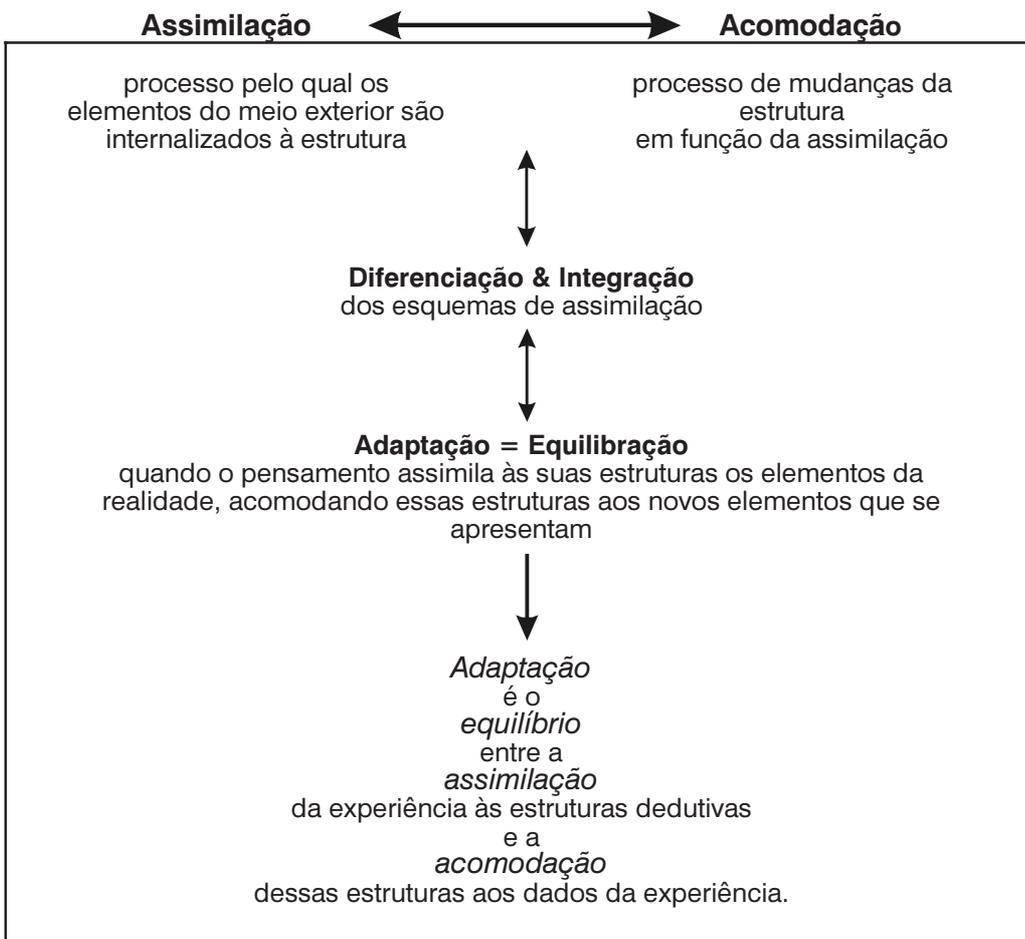
Dessa forma, o desenvolvimento se dá por uma constante busca de equilíbrio, que significa a adaptação dos esquemas existentes ao mundo exterior.

A adaptação, entendida como processo, é um ponto de equilíbrio entre dois mecanismos indissociáveis: a *assimilação* e a *acomodação*. A *assimilação* diz respeito ao processo pelo qual os elementos do meio exterior são internalizados à estrutura, enquanto que a *acomodação* se refere ao processo de mudanças da estrutura, em função dessa realização, quando há a *diferenciação* e *integração* dos esquemas de *assimilação*. Assim, pode-se dizer que o pensamento é adaptado a uma realidade, quando ele consegue, ao mesmo tempo, assimilar às suas estruturas os elementos dessa realidade, acomodando essas estruturas aos novos elementos que se apresentam, ou, nas palavras de Piaget (1982, p. 157): "a adaptação é o equilíbrio entre a *assimilação* da experiência às estruturas

dedutivas e a acomodação dessas estruturas aos dados da experiência". Um resumo esquemático desse processo de desenvolvimento descrito acima é apresentado a seguir.



Resumo esquemático do processo de desenvolvimento intelectual



É importante acrescentar que a linearidade deste resumo não reflete de modo algum o processo de construção do conhecimento pelo sujeito epistêmico. A partir da realidade biológica, o sujeito, como um organismo, procura adaptar-se continuamente ao mundo, construído e reconstruído o conhecimento num processo dialético semelhante a uma espiral crescente, tanto na vertical quanto na horizontal, como apresentado apresentado no esquema. Nas palavras de Piaget (1973, p. 375):

Sendo assim, é evidente que os diversos escalões hierárquicos que conduzem da organização genética, depois embriológica, depois fisiológica ou funcional ao comportamento e às formas elementares, hereditárias ou adquiridas, às formas superiores do conhecimento, não podem ser distribuídos em séries lineares simples, mas constituem, de maneira muito geral, em séries mais ou menos complexas de "reconstruções convergentes com excessos", e com avanços de variadas amplitudes.

Observa-se, então, que, para Piaget (1964), *o sujeito é um organismo que possui estruturas e que, ao receber os estímulos do meio, dá uma resposta em função dessas estruturas*. Ele chega a dizer que "a resposta já existia", no sentido de que o estímulo só será estímulo, se for significativo e será significativo somente se existir uma estrutura que permita sua assimilação, uma estrutura que possa integrar esses estímulos mas que ao mesmo tempo apresente uma resposta.

Assim, Piaget, procurando entender como essa estrutura age sobre o estímulo para fornecer a resposta, baseia sua explicação justamente no processo de equilíbrio por auto-regulação, que é, em sua opinião, o principal fator do desenvolvimento intelectual.

Aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento

Piaget se propõe a estudar *a gênese do conhecimento centrado na ação do sujeito*, ou de como se dá o desenvolvimento de sua inteligência, essa última entendida não como a faculdade de saber, mas como um conjunto de estruturas mentais momentaneamente adaptadas – "toda inteligência é uma adaptação" (Piaget, 1982, p. 162). Em função disso, surge o questionamento sobre o que é a aprendizagem para a psicologia genética. Essa pergunta é respondida por ele, quando diferencia *desenvolvimento e aprendizagem*:

Primeiro, eu gostaria de esclarecer a diferença entre dois problemas: o problema do desenvolvimento e o da aprendizagem. (...) desenvolvimento é um processo que diz respeito à totalidade das estruturas de conhecimento. Aprendizagem apresenta o caso oposto. Em geral, a aprendizagem é provocada por situações – provocada por psicólogos experimentais; ou por professores em relação a um tópico específico; ou por uma situação externa. Em geral, é provocada e não espontânea. Além disso, é um processo limitado – limitado a um problema único ou a uma estrutura única. Assim, eu penso que desenvolvimento explica aprendizagem, e essa opinião é contrária à opinião amplamente difundida de que o desenvolvimento é uma soma de experiências discretas de aprendizagem (Piaget, 1964, p. 176).

Dessa forma, Piaget entende que o desenvolvimento é o processo essencial que dá suporte para cada nova experiência de aprendizagem, isto é, cada aprendizagem ocorre como função do desenvolvimento total e não como um fator que o explica. Ele restringe a noção de aprendizagem à aquisição de um conhecimento novo e específico derivado do meio, diferenciando-a do desenvolvimento da inteligência, que corresponderia à totalidade das estruturas de conhecimento construídas.

No entanto, como, para ele, o sujeito possui uma estrutura mental, essa visão de aprendizagem difere da idéia associacionista, baseada no esquema estímulo-resposta. Para Piaget, o indivíduo assimila o estímulo e, após uma interação ativa, emite uma resposta, ou seja, o conhecimento adquirido não é devido a uma ação unilateral do meio (estímulo) sobre o sujeito passivo, mas sim a uma interação nos dois sentidos: do estímulo sobre o sujeito e ao mesmo tempo do sujeito sobre o estímulo. Vê-se, também, que o conceito piagetiano de aprendizagem é diferente da maneira como o termo é utilizado no cotidiano escolar.

Em sua obra *Aprendizagem e conhecimento* (Piaget, 1974), ele delinea de modo mais claro esses conceitos, classificando e discutindo os diferentes modos de aquisição do conhecimento – percepção, compreensão imediata, aprendizagem no sentido restrito (*s. str.*), indução, coerência pré-operatória ou equilíbrio e dedução – sob o ponto de vista genético. Desses, a aprendizagem no sentido restrito (*s. str.*) é a única forma de aquisição de conhecimento que se constitui forma de aprendizagem. A partir daí, chega aos conceitos de *aprendizagem no sentido restrito (s. str.)*, *aprendizagem no sentido amplo (s. lat.)* e *desenvolvimento*.

A *aprendizagem s. str.*, que corresponderia à maneira como a aprendizagem é entendida no senso comum, é definida por Piaget (1974, p. 52) como aquela cujo "resultado (conhecimento ou desempenho) é adquirido em função da experiência (...) do tipo físico, do tipo lógico-matemático ou dos dois". Entretanto, nem todo resultado adquirido pela experiência se constitui aprendizagem, pois, como ele diz na seqüência, é necessário "reservar o termo aprendizagem *s. str.* a uma aquisição em função da experiência, mas se desenvolvendo

no tempo, quer dizer, *mediata* e *não imediata* como a percepção ou a compreensão instantânea" (Piaget, 1974, p. 53). Isto é, trata-se de uma aquisição que evolui no tempo, no sentido de que o sujeito pode chegar a compreender um evento, inferir sua lei de formação através de assimilações e acomodações, construindo novos esquemas, mas que não são generalizáveis a qualquer situação nova.

Já a *aprendizagem s. lat.* é definida como "a união das aprendizagens s. str. e desses processos de equilíbrio" (Piaget, 1974, p. 54). Assim, a *aprendizagem s. lat.* ocorre quando há uma aquisição de conhecimento em função da experiência de forma mediata, havendo, ao mesmo tempo, o processo de auto-regulação, onde o sujeito procura ter sucesso na sua ação ou operação. Como, pelo processo de equilíbrio, o sujeito procura adaptar a sua estrutura cognitiva à realidade que o cerca – o que, em essência, significa o desenvolvimento mental – quando ocorre a *aprendizagem s. lat.*, ela tende a se confundir com o próprio desenvolvimento.

Essas idéias são resumidas por Piaget (1974, p. 85-86), quando afirma:

Encontramos assim (...) a distinção necessária entre a aprendizagem no sentido amplo e a aprendizagem no sentido restrito. O que é aprendido s. str. nada mais é do que o conjunto das diferenciações devidas à acomodação, fonte de novos esquemas em função da diversidade crescente dos conteúdos. Em compensação, o que não é aprendido s. str. é o funcionamento assimilador com suas exigências de equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, fonte de coerência gradual dos esquemas e sua organização em formas de equilíbrio nas quais já discernimos o esboço das classes com suas inclusões, suas intersecções e seus agrupamentos como sistemas de conjunto. Mas devido a essas interações entre assimilação e a acomodação, a aprendizagem s. str. e a equilíbrio constituem esse processo funcional de conjunto que podemos chamar de *aprendizagem s. lat.* e que tende a se confundir com o desenvolvimento.

Vê-se, pois, que, para Piaget, o conceito de aprendizagem é muito mais abrangente do que o significado com que é normalmente utilizado no contexto escolar. Ela não se esgota no sentido restrito da

experiência mediata, mas, juntamente com o processo de equilíbrio, assume a dimensão do próprio desenvolvimento da estrutura cognitiva, que significa o crescimento biológico e intelectual do indivíduo.

Concepções do senso comum e evolução conceitual em ciências

A partir da conceituação piagetiana sobre a aprendizagem, será feita uma análise de alguns resultados de uma pesquisa em ensino de ciências sobre concepções do senso comum em termodinâmica básica (Ferracioli, 1986) visando à busca de possíveis contribuições da Epistemologia Genética para a questão da aprendizagem, desenvolvimento, conhecimento e evolução conceitual no ensino de conceitos científicos.

O estudo desenvolvido enquadra-se na linha de pesquisa da área de ensino de ciências, caracterizada pela investigação sobre como os estudantes explicam o mundo físico que os rodeiam, com enfoque no entendimento desses estudantes sobre conceitos científicos (e. g. Montanero et al., 1993; Driver et al., 1994). Estes estudos têm revelado que quando os estudantes chegam à idade escolar já desenvolveram seu próprio conhecimento o qual, muitas vezes, revela-se bastante diferente do conhecimento científico ensinado nas escolas. Essa maneira própria de o aluno entender os conceitos científicos tem sido denominada de *concepções do senso comum* (Ferracioli, 1986, 1994, 1995) e a articulação destas concepções constituiria o que é denominado de *conhecimento baseado no senso comum* ou simplesmente *senso comum* (Ferracioli, 1994). Dois importantes resultados dessas investigações são que concepções sobre determinado conceito científico são compartilhadas por um grande número de alunos e que têm se mostrado resistente à instrução formal. Dessa forma, estes resultados constituem a base de dados para a investigação sobre o processo de ensino-aprendizagem que objetive a promoção da *evolução conceitual* pelo aluno, do conhecimento do senso comum para o conhecimento científico (Ferracioli, 1995).

A pesquisa foi desenvolvida com 16 alunos do curso de Física e Química, matriculados em uma disciplina de Física Básica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A instrução foi



do tipo tradicional com aulas expositivas e exercícios, e os alunos foram entrevistados antes e depois da instrução. As entrevistas foram baseadas no procedimento piagetiano e versaram sobre situações-problema relacionadas com os conceitos de *temperatura*, *calor* e *energia interna* e foram gravadas em fitas cassetes.

Os dados obtidos com a primeira entrevista foram analisados qualitativamente e foi possível o estabelecimento de categorias que traduzissem concepções do senso comum dos alunos. Essas concepções foram representadas pelas categorias:

Temperatura é a sensação térmica/clima;
Temperatura é confundida com quantidade de calor;
Temperatura é a medida de calor dos corpos;
Temperatura é a medida da agitação das moléculas.

Essas categorias traduzem uma certa hierarquização no sentido de que a primeira reflete uma concepção primitiva baseada na experiência cotidiana, e a última traduz uma visão mais elaborada dentro da evolução do conhecimento científico.

O mesmo procedimento foi adotado com os dados da segunda entrevista, e chegou-se a resultados semelhantes, que foram as concepções representadas pelas categorias:

Temperatura é confundida com calor;
Temperatura avalia o calor do corpo;
Temperatura é a medida da agitação das moléculas.

A semelhança dos resultados das entrevistas antes e depois da instrução evidenciou que, conforme relatado pela literatura, as concepções do senso comum se mostraram resistentes a alterações ante a instrução recebida. Este fato revela um forte indicativo de que a evolução conceitual em uma disciplina, ao longo do processo de ensino-aprendizagem, é um longo e progressivo co-processo que vai além da instrução tradicional.

A partir deste quadro, adotou-se o procedimento de discutir alguns resultados a que se chegou com a segunda entrevista, relacionando-os com os obtidos a partir da primeira entrevista.

A discussão pode ser iniciada pela retomada de um aspecto fundamental do pensamento piagetiano: o indivíduo, diante de uma realidade que provoca um desequilíbrio em sua estrutura cognitiva, sempre procura a coerência no sentido de assimilá-la e acomodá-la, na busca de sucessivas formas de equilíbrio, pelo processo de equilibração. Essas formas de equilíbrio são atingidas somente em caráter provisório, não representando um estado definitivo e são estabelecidas de acordo com o nível de desenvolvimento intelectual do indivíduo.

Assim, pode-se observar, por exemplo, os casos de dois alunos, que inicialmente apresentaram concepções relacionadas com "Temperatura é a medida de calor dos corpos" e, a partir de suas respostas à segunda entrevista, apresentaram concepções relacionadas com a "Temperatura é confundida com calor". Vê-se, pois, que, após a instrução, houve uma certa regressão em suas concepções, uma vez que, se inicialmente possuíam uma concepção clara sobre temperatura, ainda que diferente da conceitualização científica, após a instrução passaram a confundi-la com calor.

Esse fato pode ser um indicativo de que, para esses alunos, a instrução tenha desempenhado o papel de um elemento desequilibrador de esquemas não-adaptados, sem que tenha conseguido levá-los, por meio de seus processos de equilibração, a uma nova forma de equilíbrio. Nessa nova forma de equilíbrio, a concepção de temperatura seria formulada de maneira diferenciada de sua concepção de calor e teria atributos próprios. O que houve, talvez, foi o restabelecimento de um equilíbrio que evidencia a tomada de consciência, por parte dos alunos, de suas confusões entre esses conceitos. Nesse sentido, Piaget (1977a) afirma que a passagem do *porquê* ou das razões funcionais para o *como* ou do mecanismo efetivo que torna consciente os elementos que permaneciam até aquele momento inconsciente, não é um processo que se reduz a uma simples eliminação que os torna perceptíveis, sem com isso modificá-los, mas consiste numa conceitualização propriamente dita, ou seja, em uma passagem da assimilação prática ou assimilação do objeto a um



esquema para uma assimilação por meio de conceitos, quando o sujeito construiria os conceitos de temperatura e calor separadamente.

Análise semelhante talvez possa ser feita para mais três alunos, em relação ao conceito de temperatura, e para outros três, em relação ao entendimento do ato de chacoalhar a garrafa térmica.³

No caso dos três primeiros, se na primeira entrevista eles evidenciaram concepções bem definidas sobre temperatura relacionadas com a medição da agitação das moléculas, na segunda, após a instrução, eles foram analisados em separado, por não apresentarem de forma consistente atributos que pudessem delinear alguma concepção do senso comum específica.

Para os três últimos, observa-se uma regressão no entendimento do chacoalhar: se na primeira entrevista eles evidenciaram um entendimento de que o ato de chacoalhar a garrafa térmica representava uma ação de um agente externo que fornece energia que causa a modificação da temperatura, na segunda entrevista, após a instrução, eles afirmam que o ato de chacoalhar é o próprio causador da modificação da temperatura do sistema.

As causas dessas constatações podem ser as mais diversas. Para Piaget, os resultados da aprendizagem, seja no sentido restrito ou amplo, são função do nível inicial do desenvolvimento do sujeito, isto é, os resultados estão ligados diretamente aos esquemas de assimilação já construídos. Assim, esse fato ocorrido com esses alunos poderia estar ligado aos seus níveis iniciais de desenvolvimento, evidenciando uma possível ausência de esquemas de assimilação compatíveis com a instrução. Uma outra explicação estaria relacionada com resultados encontrados por Inhelder et al. (1977), que relatam a regressão ocorrida em um processo de aprendizagem com crianças que apresentam uma conduta intermediária entre o julgamento de não-conservação e de conservação, em experimentos piagetianos.

Em relação ao fato de o aluno não apresentar esquemas de assimilação adequados no nível de instrução, há vários estudos que, utilizando tarefas piagetianas, mostraram que grande parte dos estudantes, ao ingressarem na universidade, ainda não atingiu um nível de raciocínio formal ou hipotético-dedutivo previsto por Piaget. Isso quer dizer que o aluno, ao iniciar o curso

universitário, ainda tem a necessidade da realidade observável ou de objetos para construir suas reflexões ou teorias, não conseguindo raciocinar em termos de hipóteses e deduções, tão importantes nas disciplinas universitárias. Pode-se citar, por exemplo, os estudos de Renner e Lawson (1973), nos Estados Unidos; Braga (1983), no Chile; e Ure (1982), no Brasil.

Outro resultado que se pode discutir é o obtido através das respostas de um aluno em relação à tarefa da seringa.⁴ Esse aluno, que na primeira entrevista demonstrou entender que o ato de comprimir o êmbolo significa o fornecimento de energia, na segunda, não mostrou entendimento da situação contrária, quando o êmbolo era puxado. Isso mostra que o aluno consegue entender os mecanismos de um caso específico que ele estudou anteriormente a esta pesquisa, evidenciando talvez uma aprendizagem s. str., no sentido de que ele construiu novos esquemas de assimilação com os quais consegue diferenciar situações. Entretanto, a instrução que ele recebeu durante a realização deste estudo parece não lhe ter oferecido possibilidade de agir e combinar os esquemas existentes de modo a evidenciar uma aprendizagem s. lat. Essa aprendizagem teria permitido a sua construção de um sistema de esquemas com o qual conseguiria ter claro o esboço de classes de fenômenos com suas operações de inclusão e interseção, que permitiriam a generalização do conteúdo aprendido a qualquer caso específico.

Análise semelhante pode ser feita com outro aluno que na primeira entrevista, ao ser questionado sobre o conceito de energia interna, relacionou-a com a energia cinética das moléculas, sem evidenciar uma concepção propriamente dita sobre aquele conceito. Na entrevista após a instrução, ele não consegue analisar a tarefa da seringa, e na tarefa da garrafa térmica, aplica a Primeira Lei da Termodinâmica⁵ de maneira a evidenciar um certo entendimento do conceito de energia interna. Em seguida, ao ser questionado sobre a relação entre energia interna e temperatura, retoma então a tarefa da seringa, conseguindo analisá-la através da Primeira Lei. Esse resultado talvez traduza o fato de a instrução recebida pelo aluno ter-lhe proporcionado condições para uma aprendizagem s. str., através da qual

³ As entrevistas antes e depois da instrução incluíam uma situação em que o aluno era questionado sobre o que poderia ocorrer com a temperatura de uma quantidade de água colocada em uma garrafa térmica, após esta ter sido chacoalhada fortemente por um longo período de tempo.

⁴ A entrevista antes da instrução incluíam a situação em que o aluno era questionado sobre o que ocorreria com a temperatura do ar no interior de uma seringa ao se *comprimir* rapidamente o êmbolo. Na entrevista, depois da instrução, o aluno era questionado sobre o que ocorreria com a temperatura do ar no interior de uma seringa ao se *descomprimir* rapidamente o êmbolo.

⁵ A Primeira Lei da Termodinâmica pode ser expressa de maneira simplificada por $dU = dQ - dW$, onde U é a energia interna, Q é o calor e W o trabalho, sendo que a letra d representa variações infinitesimais das grandezas. A Primeira Lei traduz o Princípio da Conservação de Energia na Termodinâmica.

conseguiu construir esquemas de assimilação que não só lhe permitiram compreender o mecanismo de uma situação específica – garrafa térmica –, mas que também lhe abriram a possibilidade para alguma generalização, possibilitando-o a resolver uma nova situação específica – seringas.

Processo de ensino-aprendizagem, evolução conceitual e epistemologia genética

A análise de resultados da pesquisa, na área de ensino de ciências, baseada no referencial piagetiano, procurou mostrar evidências empíricas de que a Epistemologia Genética pode estabelecer diretrizes para a pesquisa do processo de ensino-aprendizagem em ciências visando à busca de formas de promoção de evolução conceitual pelo aluno em direção ao conhecimento ensinado no contexto escolar.

Neste contexto, a evolução conceitual é entendida como um possível co-processo de reconstrução do conhecimento pelo sujeito epistêmico que envolveria a articulação de aspectos já discutidos neste texto.

Assim, o primeiro a ser considerado é o *desenvolvimento intelectual* do sujeito, no sentido de este apresentar esquemas de assimilação adequados no nível de instrução a ser ministrada ou de se adaptar à instrução no seu nível de desenvolvimento intelectual.

O segundo aspecto é a *tomada de consciência*, entendida como processo de conceitualização que reconstrói e depois ultrapassa, no plano da semiotização e da representação, o que era adquirido no plano dos esquemas de ação (Piaget, 1977b). Assim, a tomada de consciência seria a passagem do *porque* para o *como*, análoga à transição da física aristotélica para a física galileana (Baptista, Ferracioli, 1999), quando haveria a passagem da assimilação do objeto a um esquema para a assimilação por meio de conceitos, e o sujeito construiria os conceitos abordados na instrução.

O próximo aspecto a ser considerado é a noção piagetiana de *aprendizagem* ligada à aquisição de um conhecimento

novo e específico derivado do meio, além de ser um processo limitado a um problema único ou a uma estrutura única, diferenciando do desenvolvimento da inteligência, que corresponderia à totalidade das estruturas de conhecimento construídas.

Nesse sentido, a instrução deveria não só objetivar a promoção da aprendizagem s. str. como também da aprendizagem s. lat. A primeira corresponderia a uma aquisição em função da experiência, de forma *mediata*, no sentido de que o sujeito pode chegar a compreender um evento, inferir sua lei de formação através de assimilações e acomodações, construindo novos esquemas, mas que não são generalizáveis a qualquer situação nova. Já a aprendizagem s. lat. definida como a união das aprendizagens s. str. e do processo de equilíbrio constituiria um processo funcional de conjunto, quando haveria uma aquisição de conhecimento em função da experiência de forma mediata, havendo, ao mesmo tempo, o processo de autorregulação, onde o sujeito procura ter sucesso na sua ação ou operação. Como, pelo processo de equilíbrio, o sujeito procura adaptar a sua estrutura cognitiva à realidade que o cerca – o que, em essência, significa o desenvolvimento mental –, quando ocorre a aprendizagem s. lat., ela tende a se confundir com o próprio desenvolvimento o que, em última instância, corresponderia à evolução das *estruturas de conhecimento*. Esta evolução poderia significar a reconstrução do conhecimento pelo sujeito e que poderia ser entendida, no contexto educacional, como a própria evolução conceitual em uma área de conhecimento específico.

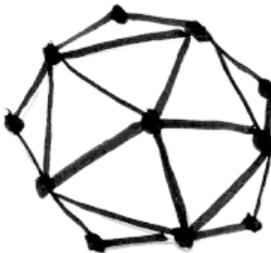
Assim sendo, a articulação dos aspectos piagetianos relacionados com a aprendizagem, tomada de consciência, desenvolvimento e conhecimento pode significar o estabelecimento de diretrizes básicas para um programa de pesquisa sobre o processo de ensino-aprendizagem cujo foco principal seria a evolução conceitual em ciências.

Considerações finais

Este texto procurou mostrar que através da pesquisa no campo da Epistemologia Genética, Piaget aprofunda a questão sobre o que é desenvolvimento, como se dá a construção do conhecimento pelo

sujeito e do significado de aprendizagem, além de mostrar que a articulação destes aspectos pode estabelecer diretrizes para a investigação do processo de ensino-aprendizagem baseada no referencial piagetiano. Os resultados dessa investigação podem contribuir para a ampliação do debate sobre os objetivos do processo de ensino-aprendizagem, bem como sobre sua fundamentação teórica, para subsidiar o estabelecimento de diretrizes educacionais.

Esses aspectos são de interesse de professores envolvidos na prática pedagógica diária, além de professores que estejam também envolvidos na sistematização dos resultados dessa prática através da pesquisa educacional e, em particular, da pesquisa em ensino de ciências relacionada à investigação sobre evolução conceitual em ciências entendida como processo de reconstrução do conhecimento no contexto escolar.



Referências bibliográficas

- BAPTISTA, J. P., FERRACIOLI, L. A evolução do pensamento sobre o conceito de movimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 187-194, 1999.
- BRAGA, L. Desarrollo de los niveles superiores de razonamiento para proseguir estudios en las carreras universitarias del Área de Ciencias Físicas y Matemáticas. In: REUNIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN EN LA FÍSICA, 3., Villa Giardino, 1983. *Memorias...* Córdoba, Argentina, 1983. p. 61-70.
- DRIVER, R. et al. *Making sense of science*. London : Routledge, 1994.
- FERRACIOLI, L. Aspectos relacionados ao raciocínio baseado no senso comum sobre reversibilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1., Águas de Lindóia, SP, 1997. *Atas...* Águas de Lindóia, SP, 27-29 de novembro de 1997.
- FERRACIOLI, L. *Common sense reasoning about processes : a study of ideas about reversibility*. London, 1994. Dissertação (Doctor of Philosophy) – Institute of Education, University of London.



_____. *Concepções espontâneas em termodinâmica* : um estudo em um curso universitário, utilizando entrevistas clínicas. Porto Alegre, 1986. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

_____. Concepções do senso comum em termodinâmica e mudança conceitual. In: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 9., Caxambu, MG, 1995. *Resumos...* Caxambu, MG, 23-26 de maio de 1995.

INHELDER, B., BOVET, M., SICLAIR, H. *Aprendizagem e estruturas do conhecimento*. São Paulo : Saraiva, 1977. Título original: *Apprentissage et structures de la connaissance*, 1974.

MONTANGERO, J. et al. *Conceptions of change over time*. Genève : Fondation Archives Jean Piaget, 1993.

PIAGET, J. *Aprendizagem e conhecimento*. In: PIAGET, J., GRÉCO, P. *Aprendizagem e conhecimento*. Rio de Janeiro : Freitas Bastos, 1974. Título original: *Apprentissage et connaissance*, 1959.

_____. *Biologia e conhecimento*. Petrópolis : Vozes, 1973. Título original: *Biologie et connaissance*, 1959.

_____. *O desenvolvimento do pensamento* : equilíbrio das estruturas cognitivas. Lisboa : Dom Quixote, 1977a. Título original: *L'équilibration des structures cognitives*, 1977.

_____. Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 2, n. 3, p. 176-186, 1964.

_____. *Epistemologia genética*. Petrópolis : Vozes; 1971. Título original: *L'epistémologie génétique*, 1970.

_____. *Epistemologia genética*. 2. ed. São Paulo : Abril Cultural, 1978. (Coleção Os Pensadores). Título original: *L'epistémologie génétique*, 1970.

_____. *A linguagem e o pensamento na criança*. Rio de Janeiro : Fundo de Cultura, 1959. Título original: *Le langage et la pensée chez l'enfant*, 1924.

_____. *Psicologia da inteligência*. Rio de Janeiro : Zahar, 1983. Título original: *La Psychologie de l'intelligence*, 1956.

_____. *Psicologia e Pedagogia*. Rio de Janeiro : Forense Universitária, 1982. Título original: *Psychologie et pédagogie*, 1969.

_____. *A representação do mundo na criança*. Rio de Janeiro : Fundo de Cultura, [s.d.]. Título original: *La représentation du monde chez l'enfant*, 1926.

_____. *Seis estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro : Forense, 1967. Título original: *Six études de psychologie*, 1964.

_____. *A tomada de consciência*. São Paulo : Edusp/Melhoramentos, 1977b. Título original: *La prise de conscience*, 1974.

PIAGET, J., INHELDER, B. *A psicologia da criança*. Rio de Janeiro : Difel, 1978. Título original: *La psychologie de l'enfant*, 1966.

RENNER, J., LAWSON, A. Promoting intellectual development through science teaching. *The Physics Teacher*, New York, n. 11, p. 273-276, 1973.

URE, M. C. D. Estudo preliminar do nível operatório de estudantes universitários. *Revista Brasileira de Física*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 363-374, 1982.



Recebido em 30 de março de 1999.

Laércio Ferracioli, doutor em Educação em Ciências pelo Instituto de Educação da Universidade de Londres, é professor adjunto do Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) e coordenador da área de concentração Ensino de Física, do Programa de Pós-Graduação em Física dessa universidade.

Abstract

Initially, this paper presents an overview approach on Jean Piaget's ideas, followed by a description of issues related to knowledge construction based on stages and related factors. Secondly, a discussion on definition and differentiation among the concepts of learning, development and knowledge in Piaget's work is presented. Finally, the presentation and analysis on some research results on science teaching, focusing on the conceptual changing in sciences.

Key-words: genetic epistemology; science education; conceptual change.
