

ABSTRAÇÃO: ENTRE A LÓGICA PROPOSICIONAL E OS MODELOS MENTAIS¹

*Dominique Colinvaux-De-Dominguez**
*Creso Franco**
*Sonia Krapas Teixeira**
*Glória Queiroz**

Resumo Estuda-se as diversas formulações do conceito de *abstração* elaboradas por Jean Piaget, sublinhando-se a influência inicial da lógica na década de 20 e o trabalho de refinamento conceitual e experimental realizado durante a década de 70. Relaciona-se o desenvolvimento do conceito de abstração com o projeto de formulação de uma epistemologia baseada em instrumentos que se caracterizam por sua invariabilidade relativamente a contextos e conteúdos. Discute-se as potencialidades e limitações deste tipo de epistemologia, concluindo-se que o conceito piagetiano de abstração pode se beneficiar de perspectivas que busquem dar maior especificidade ao modo pelo qual as abstrações são efetivadas em contextos particulares. Neste sentido, investiga-se o papel das *técnicas de abstração* propostas por Nancy Nersessian, tais como a imagem mental e o raciocínio por caso limite, na construção do conhecimento científico.

Palavras-chave: Abstração; Técnicas de abstração; Modelos mentais; Epistemologia genética.

Abstract This study focuses the concept of *abstraction* as it was developed by Jean Piaget, underlining how it was initially influenced by logic in the 20s as well as some further theoretical and experimental refinements in the 70s. The development of the concept is related to an epistemological project based on instruments that are context and content-independent. The potentialities and limitations of such an epistemological project are discussed, showing that the Piagetian concept of abstraction may benefit from perspectives that attempt to specify the ways in which abstractions operate in particular contexts. In this sense, the role of *abstracting techniques*, such as imagistic reasoning and limiting case analysis which are proposed by Nancy Nersessian, as for the construction of scientific knowledge, are investigated.

Descriptors: Abstraction; Abstracting Techniques; Mental Models; Genetic Epistemology.

Introdução

Duas temáticas tem presença constante na Psicologia. A primeira, relativa à explicação do processo de aquisição de conhecimento, evidencia posições teóricas divergentes: há, de um lado, aquelas que afirmam o caráter universal das competências cognitivas e, do outro, aquelas que sustentam a dependência de tais competências relativamente ao contexto em que se desenvolvem e ao conteúdo a que se aplicam. Neste debate, interno ao movimento construtivista, a obra de Jean Piaget é a concretização de um projeto que apontou para o papel central de

características universais, de domínio geral, na formação do conhecimento. Adotam posições divergentes pesquisadores como Susan Carey (1985), que mostra o desenvolvimento diferenciado de conhecimentos de acordo com cada domínio específico, e Pozo (1988), que discute a relativa dependência das operações formais face ao conteúdo dos problemas enfrentados pelos indivíduos.

* Professor da Faculdade de Educação da UFF

* Professor do Departamento de Educação da PUC-Rio e Pesquisador do MAST/CNPq

* Professora do Instituto de Física da UFF

* Professora do Espaço-UFF de Ciências

A segunda temática relaciona-se com o embate acerca do caráter inato do conhecimento, posição antagonizada pelas teorias psicológicas e epistemológicas construtivistas. A esse respeito, a posição interacionista de Piaget enfatizou a importância dos processos de construção de conhecimento a partir de um núcleo inato mínimo.

O conceito piagetiano de *abstração*, elaborado como um instrumento geral dos processos de formação do conhecimento, sintetiza a posição de Piaget acerca destas duas polêmicas. Independentemente das limitações científicas e dos problemas ideológicos que vislumbramos em diversas teorias que se contrapõem ao posicionamento de Piaget acerca dos temas levantados acima - tais como o comportamentalismo de Skinner e o inatismo modular de Fodor - faz-se necessário reconhecer que, à luz do conhecimento disponível atualmente, a posição defendida pelos piagetianos acerca dos temas acima mencionados é insustentável. Para contornar o impasse, precisamos estar preparados para flexibilizar a posição defendida por Piaget ao ponto de admitir um núcleo de conhecimento inato inicial muito maior que aquele postulado por Piaget, e elaborar modelos para a arquitetura da mente humana que integrem características de domínio geral e de domínio específico na formação do conhecimento. Em outras palavras, tal qual colocado por uma antiga colaboradora de Piaget (Karmiloff-Smith 1991, p. 192):

a visão de Piaget do estado inicial do recém-nascido é errônea. É claro que aspectos da mente humana têm especificação inata, frequentemente em detalhes. O conhecimento é inicialmente de domínio específico, e este conhecimento inicial é condição de contorno para aprendizagens

subseqüentes através de complexas interações com o meio [...]. O desenvolvimento subseqüente pode ser visto a partir de um referencial construtivista.

O presente trabalho tem por objetivo contribuir para a flexibilização da teoria piagetiana, tratando aqui da primeira polêmica (a construção do conhecimento se baseia em processos universais?) e deixando para outro momento a segunda polêmica (qual a dimensão e organização do núcleo inato?)². Mais precisamente, discutimos a conveniência de investigarmos como o conceito piagetiano de abstração pode ser aprimorado a partir da análise do modo pelo qual a abstração se realiza em contextos determinados.

Neste trabalho, fazemos uma breve revisão do conceito piagetiano de abstração e contrastamos a posição de Piaget (1927, 1950, 1977) com a de Nancy Nersessian (1992). Em seguida, apresentamos a hipótese que nos orienta no seguimento desta pesquisa, relativa à frutibilidade do aprimoramento do tratamento piagetiano da abstração a partir da utilização das *técnicas de abstração* propostas por Nersessian, e desenvolvemos argumentos favoráveis à plausibilidade de nossa hipótese de trabalho. Finalmente, examinamos as implicações do trabalho para a pesquisa em ensino-aprendizagem de ciências.

O Conceito de Abstração em Piaget

O conceito de abstração é introduzido na obra de Piaget já na década de 20, no contexto da discussão sobre as relações entre *legalidade* (i. é., o estabelecimento de leis empíricas - indutivas - tanto na psicogênese como na História da Ciência) e

explicação (i. é., a capacidade de deduzir o fenômeno a partir de uma idéia mais geral). A distinção entre legalidade e explicação é tomada de Emile Meyerson. A noção de “abstração” é então apresentada por Piaget (1927):

Mas como esta dedução [i. e. a explicação] ocorre? Por meio de uma operação que os lógicos chamam de “abstração”. Em outras palavras, para além de todas as relações já observadas, a criança formula uma noção ou idéia nova que serve para endossar a dedução. Portanto, a explicação é formulada a partir da própria lei (p. 159).

A dedução torna-se uma construção lógica, mas uma construção operada pela “multiplicação de relações” ou, como dizem os lógicos, por “abstração”. (p. 160)³

Nas passagens acima, além da explícita referência ao campo da lógica, sobressai a preocupação de Piaget em integrar os pares de conceitos legalidade/indução e explicação/dedução. O confuso texto da citação da página 159, apresentado acima, indica que Piaget estava ainda distante de uma solução satisfatória para a relação entre indução e dedução, porque a passagem de indução para dedução se resolve com uma palavra: *abstração*, sem nenhuma referência sobre como “a explicação [dedução] é formulada a partir da própria lei” estabelecida empiricamente. Vale notar que este tema iria ocupar, nas décadas que se seguiram, os mais importantes filósofos, psicólogos e historiadores das ciências, além do próprio Piaget.

Em 1950, Piaget (1950, vol. II, p. 186) volta ao tema da relação entre indução e dedução:

Por um lado, a indução não é composta de sistemas de conjunto fechados e completamente operatórios, comparáveis àqueles que permitem

o exercício da dedução. Por outro lado, a indução somente é possível quando tais modelos dedutivos já existem e podem servir de guia para a pesquisa. Indução, então, é o conjunto de processos mentais que tendem a organizar os fatos da observação ou experiência, isto é, a classificá-los em forma de conceitos capazes de inclusão hierárquica e a inclui-los em relações lógicas ou matemáticas capazes de constituir sistemas que são inteiramente componíveis. Assim, a indução pode ser bem sucedida nestas tentativas e levar à dedução ou então, ela pode falhar por causa de uma inabilidade para dissociar o invariante do fortuito e ela permanece em sistemas quasi-dedutivos mas incompletos por causa de composições incompletas. (grifo nosso)

Em 1950, portanto, os conceitos são utilizados de modo sensivelmente diferente daquele da década de 20 uma vez que, como mostra o texto grifado na citação, a relação suposta entre indução e dedução se encontra agora invertida quando comparada com o texto de 1927 (p. 159). Na mesma obra, a proposta de relacionar indução e dedução leva Piaget a caminhar no sentido da diferenciação do conceito de abstração, surgindo o par *abstração empírica* e *abstração reflexiva*⁴. Esta diferenciação é clara na citação abaixo (Piaget 1950, vol. I, p. 253), onde a primeira é a abstração empírica e a segunda a abstração reflexiva:

Há, em primeiro lugar, a abstração a partir do objeto, a qual consiste em extrair deste os caracteres mais ou menos gerais (a cor, etc), fornecendo a matéria deste conhecimento sumário e esquemático que se deve à acomodação mais ou menos desenvolvida dos esquemas de assimilação. Mas há, em segundo lugar, uma abstração a partir da atividade do sujeito: este segundo tipo de abstração consiste em dissociar, dos aspectos particulares da ação considerada, certos mecanismos coordenadores gerais (por exemplo, reunir duas ações em uma única [ação], inverter as ações, etc) e em construir novos esquemas por meio dos elementos assim extraídos (isto é, diferenciados) das ações como tais.

O programa de pesquisa delineado nesta obra ocupou Piaget durante as décadas de 50 e 60. O conceito de abstração marcou presença em muitas das obras deste período, tendo sido particularmente importante em *Épistémologie Mathématique et Psychologie: essai sur les relations entre la logique formelle et la pensée réelle* (Piaget & Beth 1961).

Novas questões teóricas acerca do conceito de abstração só voltaram a ser debatidas extensa e sistematicamente por Piaget na década de 70, em particular em *Pesquisas sobre a Abstração Reflexiva* (Piaget 1977). Neste estudo, a abstração reflexiva é objeto de uma diferenciação e refinamento progressivos, ao mesmo tempo que se mantêm as definições básicas propostas em 1950, relativas às abstrações empírica e reflexiva. Com isso, a abstração reflexiva - através das idéias de *reflexamento* e *reflexão*⁵ - passa a desempenhar um papel fundamental na explicação da passagem de um estágio de conhecimento para outro superior e, em última análise, da criação de novidades, que constitui-se em questão central para o construtivismo. Como diz o próprio Piaget (1977, p. 303):

... a abstração reflexiva comporta sempre dois aspectos inseparáveis: por um lado, "reflexamento", quer dizer, a projeção (como por um espelho), sobre um patamar superior daquilo que foi retirado do patamar inferior (por exemplo, da ação à representação) e, por outro lado, uma "reflexão" enquanto ato mental de reconstrução e reorganização no patamar superior daquilo que é assim transferido do inferior.

Além disso vale acrescentar que, quando Piaget tratava da abstração em 1950, ele já estabelecia uma relação entre esta e a generalização - e veremos adiante que, para

Nersessian, as técnicas de abstração comportam, elas também, generalizações. Para Piaget, ao par de abstrações (empírica e reflexiva) corresponde um par de generalizações: *generalização simples* e *generalização construtiva*. Ele escreve (1950, vol I, p. 72-3):

A abstração a partir da ação é necessariamente construtiva porque reflexiva. Ela não conduz a uma generalização simples como a abstração das qualidades físicas [...]: ela é construtiva na medida em que ela é ligada à elaboração de uma ação nova de tipo superior àquela [ação] cuja característica considerada foi abstraída. Ela então é essencialmente diferenciação e leva a uma generalização que é uma composição nova ...

Esta articulação entre abstração e generalização - onde a abstração conduz a, ou se completa com, uma generalização - é reafirmada por Piaget na própria introdução de *Recherches sur la Généralisation* (1978) e, ainda, em *Psicogênese e História de la ciência* (1982). Nesta última obra, Piaget categoriza abstração e generalização enquanto *instrumentos* comuns ao desenvolvimento histórico e psicogenético que, ao lado dos *processos e mecanismos de conjunto*, constituem para ele as três categorias de análise do desenvolvimento.

Cabe finalmente explicitar que o conceito de abstração, tal como apresentado por Piaget é, em todos os seus aspectos, um instrumento universal, no sentido que é independente do contexto e conteúdo considerados. Isto ocorre, em nosso entender, devido à primazia que Piaget atribui ao papel do sujeito no processo de formação de conhecimento. Perspectivas que se propõem a entender o papel do objeto neste processo terão que se valer de conceitos diferenciados, de modo a lidar com a especificidade e resistência dos objetos à apreensão que deles faz o sujeito.

O Conceito de Técnicas de Abstração em Nersessian

A noção de abstração tem sido utilizada também em estudos não-piagetianos sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. É neste contexto que Nersessian (1992) propõe uma análise cognitivo-histórica e, com o mesmo objetivo que Piaget, busca articular os planos histórico e individual. Da mesma forma que Piaget, Nersessian (1992, p. 13) pretende entender como estruturas conceituais existentes participam da construção de estruturas novas e algumas vezes radicalmente diferentes.

A esse respeito, a autora se opõe à interpretação de que o processo de construção de novas representações se dá através de *flashes* e *insights de gênios* e de descobertas instantâneas do tipo "*gestalt switch*". Afirma ainda que não há nenhum conflito inerente entre a visão de que os processos de descoberta são criativos e a visão de que são racionais.

Para explicar a criação de novidades, Nersessian (1992, p. 12 e seguintes) propõe um conjunto de *técnicas de abstração*, correspondendo a heurísticas de resolução de problemas tratados no contexto científico. Tais técnicas, que configurariam práticas e atividades de elaboração de modelos (*modelling activities*), incluem o *raciocínio analógico*, o *raciocínio imagístico*, o *experimento de pensamento* e a *análise por caso-limite*, sendo que as duas primeiras, bem como as duas últimas, são frequentemente usadas em conjunção. Estas técnicas são utilizadas na análise cognitivo-histórica que Nersessian realiza acerca da representação do conceito de campo em Faraday e Maxwell, da matematização do movimento da queda dos corpos em Galileu e da relatividade em Einstein.

Fica clara então a centralidade do papel dos modelos mentais na construção de interpretações científicas. Assim explica-se que Nersessian adote, como base teórica, os estudos de Johnson-Laird sobre *modelos mentais*. De acordo com Johnson-Laird (1983, 1985), compreendemos o mundo através da construção de *modelos mentais*, uma forma de representar o mundo e sua dinâmica, que se baseiam simultaneamente em *imagens* e *proposições*. Enquanto as primeiras representam objetos e situações de modo analógico, as segundas configuram séries de símbolos que podem se organizar em um conjunto lógico ou sob forma de rede semântica e que, ademais, são verdadeiras ou falsas com relação àquilo que representam (Johnson-Laird, 1985, p. 86).

Fica claro - e é este o ponto que nos interessa aqui - que tanto a perspectiva teórica de Johnson-Laird, como a própria noção de *técnicas de abstração* proposta por Nersessian, incluem uma dimensão simbólica (ou "figurativa", na terminologia piagetiana) que lhes é propriamente constitutiva. Além disso as técnicas de abstração, tal como ilustradas com os exemplos históricos acima citados, estão vinculadas a situações e problemas específicos e, portanto, são claramente dependentes dos conteúdos e contextos em que são desenvolvidas.

Conclusões

Nossa pesquisa sobre o conceito de abstração em Piaget explora atualmente a hipótese relativa à necessidade de incorporar aos instrumentos de construção do conhecimento preconizados por Piaget as *técnicas de abstração* utilizadas por Nersessian. Esta perspectiva está relacionada com a necessidade de que a

teoria piagetiana possa dar conta do modo específico pelo qual as abstrações operam em cada situação, respondendo assim tanto às demandas por melhor tratamento dos mecanismos cognitivos dependentes do conteúdo e do contexto (Carey, 1985), quanto às críticas associadas à excessiva generalidade do modelo piagetiano para a relação entre psicogênese e história da ciência (Franco, 1993).

Mas nossa hipótese de trabalho - que propõe a possibilidade de uma articulação entre o conceito piagetiano de abstração e uma dimensão imagística ou simbólica - pode incorrer em dificuldades uma vez que implica em uma revisão das idéias piagetianas sobre a função semiótica.

Tendo estudado este tema em *A Formação do Símbolo na Criança* (Piaget, 1945), em *A Imagem Mental na Criança* (Piaget 1966) e, mais lateralmente, em *Memória e Inteligência* (1968), Piaget sugere que, para obtermos um quadro completo do desenvolvimento mental, devemos considerar dois aspectos das funções cognitivas: o operativo e o figurativo. O aspecto operativo está relacionado com as ações do sujeito que tentam transformar a realidade. O aspecto figurativo é concernente às atividades que tentam representar a realidade, sem transformá-la.

A principal conclusão de Piaget é que o aspecto figurativo do pensamento (e, portanto, imagens e linguagem) está subordinado ao aspecto operativo (lógico-matemático). Observe-se ainda que Piaget não se contentou em defender a predominância das operações em relação à função semiótica. Ele procurou mostrar que, em todos os estágios, a função semiótica está subordinada às operações lógico-

matemáticas. Compreende-se, então, as razões que levaram Piaget a não enfatizar a dimensão figurativa na construção do conhecimento.

Trata-se então de discutir a plausibilidade de nossa proposta de incorporar ao conceito piagetiano de abstração uma dimensão simbólica. A esse respeito, argumentamos que os problemas enfrentados pela posição de Piaget quanto à função semiótica tende a sustentar nossa hipótese de trabalho. Com efeito, surgiram fortes questionamentos acerca da posição piagetiana quanto à função semiótica no contexto das discussões sobre o inatismo e, em particular, no conhecido debate Piaget/Chomsky. Recentemente, em um precioso artigo de revisão acerca do estado atual das questões que orientaram este debate, Piatteli-Palmarini (1994) menciona pesquisas sobre o desenvolvimento da linguagem que parecem cada vez mais apontar para seu caráter inato e portanto autônomo, concluindo que a posição defendida por Piaget encontra-se enfraquecida - senão insustentável. Sem que isso signifique uma adesão incondicional à perspectiva inatista, parece assim que se justifica a proposta de modificação da teoria piagetiana do conhecimento, através da incorporação de conceitos que tratem da relação entre o raciocínio lógico-matemático e a função semiótica, problematizando, portanto, a subordinação hierárquica característica da formulação de Piaget.

A posição avançada no presente artigo traz consequências para a pesquisa em ensino de ciências. No cenário internacional, a tradição de pesquisa piagetiana passou a ser contestada pelo *Movimento das Concepções Alternativas* e pelos aportes baseados na psicologia

cognitiva⁶. Essas duas correntes vêm convergindo para o campo da exploração das potencialidades dos modelos mentais no ensino de ciências (Ogborn, 1987; McCloskey & Kargon, 1988; Gilbert, 1995). A perspectiva de compatibilizar a Epistemologia Genética com os modelos mentais abre novas oportunidades para o diálogo entre pesquisadores que se situam em tradições de pesquisa distintas.

Notas

1. Os autores deste trabalho desenvolvem um projeto integrado sobre "Os desenvolvimentos teóricos recentes da teoria piagetiana em diálogo com a filosofia da ciência e a psicologia cognitiva", financiado pelo CNPq. Todos contribuíram igualmente para a elaboração deste artigo, que é um dos frutos do projeto acima.
2. Ao leitor interessado em revisões detalhadas dos limites da obra de Piaget, ao lidar com resultados de pesquisas recentes que enfatizam a existência de um núcleo inicial de conhecimentos inatos muito maior que o admitido por Piaget, indicamos os livros de Carey & Gelman (1991) e de Karmiloff-Smith (1992), bem como o artigo de revisão de Piatelli-Palmarini (1994).
3. A expressão 'multiplicação de relações' será posteriormente utilizada no estudo sobre *O desenvolvimento das quantidades físicas* (Piaget & Inhelder, 1941), com o sentido de articulação entre dimensões ou variáveis: por exemplo, a altura da bolinha de massa compensa o comprimento da salsicha. Cabe ressaltar que o conceito de multiplicação de relações já era utilizado em 1927, mas com um sentido bem mais geral do que aquele aparecendo em 1941.
4. A expressão "abstração reflexiva", tradução de *abstraction réfléchissante*, é tomada da versão espanhola de *Psicogénesis e História de la ciencia* (Piaget & Garcia, 1982).
5. As expressões "reflexão", para *réflexion*, e "reflexionamento", para *réflexissement*, também são tomadas de Piaget & Garcia (1982).
6. No Brasil, o Movimento das Concepções Alternativas foi absorvido de modo a se integrar com a teoria piagetiana. Este tipo de solução não é representativo do que ocorreu no cenário internacional (Novak, 1978; Gilbert & Swift, 1985; Millar & Driver, 1987).

Referências Bibliográficas

- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge (Mass): The MIT Press.
- Carey, S. & Gelman, S. (1991). *The epigenesis of Mind: Essays in Biology and Cognition*. Hillsdale (New Jersey): Lawrence Erlbaum.
- Franco, C. (1993). Individual and Historical Development in Science. PhD Thesis. University of Reading, Reading.
- Gilbert, J. K. & Swift, D. J. (1985). Towards a Lakatosian Analysis of the Piagetian and Alternative Conceptions Movement. *Science Education*, 69, 681-696.
- Gilbert, J. K. (1995). *Models in Science and Technology: A Research Group in Education*. Reading: University of Reading.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N. Mental models. In A. M. & J. M. Slack, Aitkenhead (Eds) (1985). *Issues in Cognitive Modelling*. London/New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond Modularity*. Cambridge (Mass): The MIT Press.
- McCloskey, N. & Kargon, R. (1988). The meaning and Use of Historical Models in the Study of Intuitive Physics. In S. Strauss, (Ed), *Ontogeny, phylogeny and historical development*. Norwood: Ablex.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. In R. N. Giere, (Ed), *Cognitive Models in Science* (Vol. XV: Minnesota Studies in the Philosophy of Science). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Novak, J. D. (1978). An Alternative to Piaget for Science and Mathematics Education. *Studies in Science Education*, 78, 5, 1-30.
- Ogborn, J. (1987). Prolog and Models of Reasoning in Science. *Physics Education*, 22, 225-229.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: Alcan.
- Piaget, J. (1945). *La formation du Symbole chez l'Enfant*. Neuchatel: Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. (1950). *Introduction à l'épistemologie génétique*. (Vols I & II) Paris: PUF.
- Piaget, J. (1977). *Recherches sur l'Abstraction Réfléchissante* (EEG XXXIV & XXXV). Paris: PUF.
- Piaget, J. (1978). *Recherches sur la Généralisation* (EEG XXXVI). Paris: PUF.

- Piaget, J. & Beth, E. W. (1961). *Epistémologie Mathématique et Psychologie: Essai sur les Relations entre la Logique Formelle et la Pensée Naturelle* (EEG XIV). Paris: PUF.
- Piaget, J. & Garcia, R. (1982). *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Mexico: Siglo Veintiuno.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1941). *Le développement des Quantités Physiques*. Paris: PUF.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1966). *L'image Mentale chez l'Enfant*. Paris: PUF.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1968). *Mémoire et Intelligence*. Paris: PUF.
- Piatelli-Palmarini, M. (1994). Ever since Language and Thought: Afterthoughts on the Piaget-Chomsky Debate. *Cognition*, 50, 315-246.
- Pozo, J. I. (1988). De las Tormentosas Relaciones entre Forma y Contenido en el Pensamiento: Crónica de un Romance Anunciado. *Estudios de Psicología*, 35, 117-135.