



DOSSIÊ – História das Ciências e seu papel na educação básica
brasileira

Auto-organização na aprendizagem de conceito científico em
espaço organizado na perspectiva da História da Ciência¹

Marly Iyo Kamioji
Doutoranda em História Social - USP - FFLCH
marlykamioji@usp.br

Recebido em 02/04/2017. Aprovado em 29/06/2017.

Como citar este artigo: Kamioji, M. I.; “Auto-organização na aprendizagem de conceito científico em espaço organizado na perspectiva da História da Ciência” . *Khronos, Revista de História da Ciência*, nº4, p. 1-13. 2017. Disponível em <<http://revistas.usp.br/khronos>>. Acesso em dd/mm/aaaa.

Resumo: Definimos e realizamos *entrevistas pedagógicas* com alunos da 7ª e 8ª série do ensino fundamental de escolas da rede pública que acabavam de visitar uma exposição científica onde eram expostos às teorias clássicas da física. Analisamos, através de registro em vídeo, a dinâmica das interações desenvolvidas durante a entrevista, aluno-aluno, aluno-grupo, aluno-entrevistador, aluno-exposição, em termos das expressões de linguagem e das correlações estabelecidas na direção de configurações científicas de significado. Chamamos *dialógicas potenciais*, de forma genérica, às interações em que há *regulação* da postura dos alunos na direção da aprendizagem, e de *dialógicas efetivas* às interações em que são desenvolvidas *correlações* que levam, através da permanência de significado, a configurações de aprendizado. Essa distinção surgiu na análise de duas situações que revelaram processos reguladores na interação, mas não com resultado final semelhantes: na primeira emergiu situação de aprendizagem enquanto que na outra não foi obtida nenhuma organização científica de significado. Os dados são analisados em termos de processos de auto-organização de sistemas dinâmicos aplicados à aprendizagem. A interação dialógica efetiva onde se desenvolveu a configuração de aprendizado do conceito científico de energia ocorreu num espaço de exposição científica organizado com coerência cognitiva onde a perspectiva histórica da construção dos conceitos científicos foi levada em conta. Concluímos que esse tipo de entrevista pode se constituir em instrumento eficiente para propostas e avaliação de metodologias, em sala de aula e em exposições científicas, que visem a aprendizagem conceitual.

Palavras-chave: interação dialógica, aprendizagem, história da ciência, auto-organização, exposição de ciências.

¹ Este trabalho contou com a inestimável colaboração de Amélia Império Hamburger (1932-2011), do Instituto de Física da USP, a quem a autora deixa seu agradecimento e dedica o artigo, assumindo a responsabilidade por eventuais erros e omissões.

*Self-organization in the learning of scientific concept in space organized
from the perspective of the History of Science*

Abstract: We defined and conducted pedagogical interviews with Elementary II school-age children (6th to 9th grades) of public schools from the city of São Paulo who had just visited a scientific exhibition where they were exposed to the classical theories of physics. We analyzed, through video recording, the dynamics of the (student-student, student-group, student-interviewer, student-exhibition) interactions developed during the interview, in terms of language expressions and correlations established in the direction of scientific configurations of meaning. We name as *potential dialogical*, the interactions in which there is regulation of students' posture in the direction of learning, and *effective dialogical* the interactions in which correlations that lead, through the permanence of meaning, to learning configurations are developed. This distinction arose in the analysis of two situations that revealed regulatory processes in the interaction, but not with similar results: in the first one, a learning situation emerged while in the other one no scientific organization of meaning was obtained. The data are analyzed in terms of processes of self-organization of dynamic systems applied to learning. The effective dialogic interaction where the learning configuration of the scientific concept of energy was developed took place in a scientific exhibition space organized with cognitive coherence where the historical perspective of the construction of the scientific concepts was considered. We conclude that this type of interview can be an efficient tool for proposals and evaluation of methodologies, in the classroom and in scientific exhibitions, aimed at conceptual learning.

Keywords: dialogical interaction, learning, energy concept, science exhibition, self-organization.

I- Introdução

Este artigo apresenta uma experiência exploratória de métodos alternativos de observação da construção de conceitos científicos no ensino fundamental. Buscam-se indícios sobre os processos de aquisição da linguagem científica, em termos cognitivos e também epistemológicos².

O interesse da pesquisa é seguir as correlações estabelecidas em situação complexa de interação do aluno com o conteúdo científico, através de variedade de situações sociais e poder inferir sobre intervenções favoráveis às compreensões alcançadas. Tentamos ativar potencialidades através de: 1. Libertação de formas espontâneas de relacionamento com o conteúdo – interação aluno consigo mesmo, mediatizada pelo mundo exterior; 2. Favorecimento de diálogos aluno-aluno, aluno-grupo, aluno-entrevistador – momentos em que a espontaneidade é organizada coletivamente, ao mesmo tempo limitada e valorizada, pelo compartilhamento de significados. As interações com a exposição podem ser fundamentais para tornarem possíveis patamares mais complexos do que o senso comum – pelo substrato conceitual, epistemológico e estético.

²Compreensão, tanto da palavra com sua correspondência com os fenômenos a que diz respeito através de teoria, dos processos através dos quais a relação teoria-experiência se configura).

Contorna-se assim a demasiada preocupação com a revelação da lógica das incertezas e inseguranças das crianças, muitas vezes expressas aleatoriamente a partir de perguntas pré-fixadas e situações que tentam manter uma neutralidade fictícia. Desejamos desenvolver técnicas de interações dialógicas³ efetivas sem procurar resultados para discriminação e sim atuar junto aos estudantes para ação pedagógica. Visamos pesquisar as condições de intensificação das interações sociais significativas para a aprendizagem, com enfoque nos processos, individuais e coletivos, de realização das potencialidades, sem ênfase na classificação de níveis de capacidade de aprendizagem.

Os casos observados levam a resultados incipientes, mas que se mostram fecundos de ideias para outras pesquisas. É observada grande variedade de interações, valorizadas pela implementação de posturas dialógicas.

Exercitamos nesses primeiros estudos, princípios de organização⁴ em interações sociais deduzidos, em trabalho na área de psicologia do desenvolvimento, de análise de situações de auto-organização de crianças que brincavam livremente.

Essas pesquisas também têm tido interesse metodológico como exercício da lógica da constituição simultânea de significados⁵ como dinâmica de pensamento para o esclarecimento sobre o conteúdo da linguagem científica, isto é, a compreensão e os limites das teorias e seus fenômenos.

II. Entrevistas pedagógicas

Definimos *entrevistas pedagógicas*⁶ como a promoção, pelo entrevistador, de interações dialógicas com grupos de alunos, com o objetivo de seguir a construção conceitual em física.

Temos dois objetivos com essas entrevistas: inicialmente observar os processos coletivos de atribuição e persistência de significados⁷ em relação a conceitos científicos⁸. Por outro lado, dá instrumentos para uma avaliação qualitativa de situações de ensino-aprendizagem experimentadas pelos alunos.

Apresentaremos duas entrevistas⁹ realizadas com alunos do ensino fundamental de escolas da rede pública após sua visita a uma exposição científica¹⁰ onde foram expostos às

³ KAMIOJI, M.I., IMPÉRIO-HAMBURGER, A. Interações dialógicas e aprendizagem (painel). V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Ciências, Águas de Lindóia, 1996.

⁴ CARVALHO, A.M.A., IMPÉRIO-HAMBURGER, A., PEDROSA, M.I. Interaction, regulation and correlation: Conceptual discussion and empirical examples in the context of human development. In: M.C.D.P. Lyra & Jan Vaalsiner (eds.) *Construction of psychological processes in interpersonal communication*. Stanford, CO: Ablex, 1998.

⁵ IMPÉRIO-HAMBURGER, A. Epistemological and Historical Studies of Physics Concepts for Science Teaching.: in Herget, D.H. (ed.) *More History of Science in Science Teaching* Florida State University, 1990, p. 79-83.

⁶ KAMIOJI, M.I. *Ser Sendo: A energia que se conserva ao se transformar*. A emergência do conceito de energia na história, na aprendizagem em entrevistas e exposição científica. Dissertação de mestrado, IFUSP-FEUSP, São Paulo, 1995. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-27052014-145024/>>

⁷ PEDROSA, M.I., CARVALHO, A.M.A., IMPÉRIO-HAMURGER, A. From disordered to ordered movement: attractor configuration and development. In: A. Fogel, M. Lyra & J. VALSINER (eds.) *Dynamics and indeterminism in developmental and social processes*. N.J.: Lawrence Erlbaum, 1997.

⁸ KAMIOJI, M.I., IMPÉRIO-HAMBURGER, A., 1996, op.cit.

⁹ Uma com 4 entrevistados e outra com 5 de 13 a 14 anos de idade.

¹⁰ A exposição “Do caleidoscópio ao carrossel” anteriormente nomeada de “Ondas, Campos e Partículas” e depois de “Energia e suas transformações”, realizava-se, em 1991, em espaço cedido pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, ao Programa “Educação-Ciência” do Instituto de Física, uma extensão do Laboratório de Demonstrações dessa unidade da USP, que existia desde os

teorias clássicas da física. Pretendíamos com a Entrevista Pedagógica estabelecer *interações dialógicas* nas quais o entrevistador e os entrevistados fazem um exercício de compartilhamento da linguagem, buscando alçar além do significado cotidiano, familiar e de identificação trivial de fusão pensamento-observação, à atribuição do significado científico, distanciada pela construção teórica, racional.

Desenvolvemos e definimos a entrevista pedagógica para interferir e informar e não apenas diagnosticar um estado em que um aluno se encontra. A própria medida do nível de aprendizado é uma interação que pode afetar o estado da coisa medida. Propomos a entrevista para já se constituir uma situação de ensino-aprendizagem, como uma interação desejável, dialógica. Para isso usamos a moldura de Vygotsky, cuja ZDP, zona de desenvolvimento proximal¹¹, tomada como a capacidade do aluno “vir a saber”¹², é estimulada em interações sociais.

A análise das entrevistas foi feita tomando-as como sistemas dinâmicos que se auto organizam¹³. Esse método de análise tem sido aplicado em psicologia, economia, ciência de sistemas cognitivos artificiais¹⁴ e outras ciências humanas, não só como teoria matemática, mas também de forma heurística e metodológica¹⁵. Foram aplicados conceitos desenvolvidos em observação e análise de brincadeiras de crianças¹⁶ que apresentavam transformações de estados, de desordem a estados de quase-equilíbrio, os atratores¹⁷, que se referiam a configurações espaciais e também a configurações simbólicas.

Esses estados, nos casos presentes, foram atribuídos a significados construídos pelos alunos que se relacionavam com os significados científicos. As intervenções do entrevistador encaminhavam para eles dentro do que se organizava como um espaço de significação compartilhado.

As duas entrevistas mostraram processos reguladores nas interações, mas com resultados diferentes. Na primeira emergiu situação de aprendizagem enquanto que na outra não foi obtida nenhuma organização científica de significado.

A entrevista que levou à configuração de aprendizado nos chamou a atenção, pois uma criança de 14 anos expressou a construção do conceito de energia em física. Denominamos a entrevista de pedagógica pelo fato de detectarmos aprendizagem do conceito de energia¹⁸ durante a entrevista. Acreditamos que houve uma auto-organização dos alunos que colaboraram entre si em direção à compreensão epistemológica do conceito científico de energia.

II. 1. Dados da interação dialógica efetiva

Nas duas entrevistas dialógicas analisadas há *regulação* da postura dos alunos em direção da aprendizagem. Porém numa houve configuração de aprendizado do conceito de energia e na

anos 1970, implantado pelo Prof. E.W. Hamburger.

¹¹ VYGOTSKY, L.S. *A formação social da mente*. 3ª edição. São Paulo, Martins Fontes.

¹² O' LOGHLIN, M. Rethinking Science Education: Beyond Piagetian Constructivism. Toward a Sociocultural Model of Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(8), 791-820, 1992.

¹³ Auto-organização expressa a possibilidade de comportamento organizado complexo mesmo na ausência de projeto pré-determinado. SERRA, R., ZANARINI, G. *Complex Systems and Cognitive Processes*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1952.

¹⁴ SERRA, R., ZANARINI, G. 1952, op.cit.

¹⁵ FOGEL, A., THELEN, E. Developing of early expressive and communicative actions: Reinterpreting the evidence from a dynamical systems perspective. *Developmental Psychology*, 23(6):747-761, 1987.

¹⁶ PEDROSA, M.I., CARVALHO, A.M.A. e IMPÉRIO-HAMURGER, A. 1997, op. cit.

¹⁷ Um *atrator* é um estado em direção a qual o sistema pode evoluir a partir de certas condições iniciais (SERRA e ZANARINI 1952, op.cit.)

¹⁸ Excluindo sua formulação matemática.

outra não. Chamamos *dialógicas potenciais*, de forma genérica, às interações em que há *regulação* da postura dos alunos na direção da aprendizagem, e de *dialógicas efetivas* às interações em que são desenvolvidas *correlações* que levam, através da permanência de significado, a configurações de aprendizado.

II.1.A. Características da entrevista dialógica efetiva analisada

II.1.A.a. Implantando¹⁹ uma entrevista mediatizada por visita a exposição científica

As Crianças vão se sentando para serem entrevistadas. A agitação é grande: risadas, gritinhos, brincadeiras e movimentos. A entrevistadora²⁰ espera um primeiro assentar de ânimos. O nível de agitação diminui permitindo a primeira pergunta “*Que tipo de coisa vocês viram aqui na exposição?*”.

Essa pergunta, ainda que bem geral, já vai delimitando um contexto. Vai fornecendo uma objetividade, uma mediação que deverá orientar possíveis *atribuições compartilhadas de significado*²¹. O aluno (A4) responde então “*Sobre as estrelas*” e os outros começam a se organizar em torno dessa resposta. Outro aluno (A1) responde logo em seguida “*nós vimos sobre a formação do universo*”. (A4) fala ainda em “*planetas*” e “*formação do universo*”.

II.1.A.b. Livre expressão

Os alunos manifestam a *orientação da atenção*, e a condição para o diálogo no reconhecimento de si e do outro²². Por exemplo, ao requerer do conjunto a *livre expressão* da menina do grupo:

(A1) diz “*ó, deixa a Cíntia falar um pouco*”

E quando a entrevistadora (E) observa que a aluna (A2) falou que “*viu energia*” na exposição, o aluno (A1) diz “*não, quem falou foi eu*”. E a entrevistadora intervém: E: *Ela já tinha falado*

(A1): “*Ab, você já tinha falado, olha Cíntia “ehm” você vé*”

II.1.A.c. Momentos de correlação

Destacamos, a seguir as falas que mais claramente apresentam *correlações de significado* que vão construindo o *conceito de energia*, escolhido no momento em que foi enunciado por Cíntia. Consideramos um conceito difícil de ser enunciado, pois sua definição vem do reconhecimento de ações físicas dos corpos, uns sobre os outros, e das transformações que fazem a “*energia*” ser definida sob as várias formas com que se manifesta no mundo físico. A pergunta da entrevistadora “*então vocês que falaram de energia, o que que é energia para vocês aqui nessa exposição?*” delimita mais as possibilidades de respostas, e visa orientar a organização de conhecimento:

¹⁹ O uso do gerúndio visa enfatizar o processo

²⁰ A entrevistadora participou da elaboração dos painéis de termodinâmica expostos na exposição e na implantação do programa de pesquisa em ensino de ciências utilizando a história das ciências no Instituto de Física da USP

²¹ “*A atribuição compartilhada de significados a comportamentos expressivos, afetivos, simbólicos etc. é o processo de constituição de um atrator. Potencializa as correlações que organizam as ações numa direção de um novo significado.*” (PEDROSA, M.I., CARVALHO, A.M.A. & IMPÉRIO-HAMURGER, A. 1997, op.cit.)

²² Na interação afetiva como exercício da individualidade se reconhece o outro. (WALLON, H. *De L'Acte à la Pensée*. Paris: Flammarion, 1942)

(A1): *“Acho que nós vimos foi energia elétrica, né?”*

(A4): *“energia elétrica”*

(A2): *“magnética”*

A²³: *efeito-vapor*

A1 *magnética, campo magnético*

A linguagem expressa a aproximação do conceito de energia, através da nomeação dos fenômenos observados na exposição e da forma com que as respostas formam um conjunto de significados. As falas vão ficando complexas, indicando uma transformação de compreensão.

(A3): *“Energia, são coisas normais, coisas que você vê, são tão normais que você nunca imaginaria às vezes que formaria energia.”*

II.1.A.d. Atribuições compartilhadas de significado

A configuração do significado científico vai se delineando:

(A3): *“Energia, são coisas normais”* (fazendo pausa como que procurando palavras para explicitar o que se delineava em sua linguagem), *“coisas que você vê”* (fazendo gestos),

(A1): *“juntando esses”* (voz ansiosa)

(A4): *“componentes”* (falando rapidamente em tom de “eureca” estalando os dedos)

(A2): *“atração da matéria”*

A agitação que no início da entrevista predominava estava sendo movimento de levantado para sentando, risadinhas, gestos desordenados, vai passando a se manifestar nas falas: ficam falando sobre o assunto. Mas ainda fazendo muito gestos.

A pergunta da entrevistadora *“então energia para você está ligada a quê?”* estimula o aluno a organizar o seu pensamento e a experiência vivida na exposição, sendo importante o momento de intervenção para ativar significados que podem emergir:

(A3): *“está ligada a coisas materiais sabe, coisas materiais, assim terra, por exemplo, coisas que quem estuda que passa uma relação com outro, vai, junta as coisas, junta uma coisa com a outra e vê que forma energia, energia”.*

II.1.A.e. Persistência de significado

A entrevistadora percebe que os alunos estão compreendendo *energia* pela montagem das experiências como um princípio ativo, também nas contingências de *transformação*:

E: *E o que é energia, para vocês que falaram, que é energia como conceito?*

A3 e A1 respondendo quase juntos

A1: *Energia como conceito...* (pensando um pouco)

A3: *Acho que é tipo uma...*

A1: *Uma base para outras coisas.*

A3: *É tipo uma eletricidade, alguma coisa que, de que está assim*

A1: *Está ligado a nossas coisas, uma fonte que "está ligado no ambiente, onde está, você não sabe, mas depois que você junta uma coisa com outra, você vê que forma energia"*

E a emergência da palavra “ação”:

²³ “A” se refere a todos os alunos quando falam juntos, ou quando houve uma dificuldade em identificar qual deles se manifestou

A1: *"depois que junta essas componentes, aí dá para ver que forma a energia, dá para ver a ação dela"*

A entrevistadora novamente intervém:

E: *"E essa ação tem que forma, que vocês viram aqui na exposição?"*. Os alunos que já tinham citado algumas formas de energia completam com luz, calor, movimento etc.

II.1.A.f. Dialogicidade efetiva

Nessa entrevista a regulação lógica cognitiva conceitual se dá através de correlações sucessivas num processo coletivo. A entrevistadora continua: *"Quando se junta com a outra, esse juntar é natural ou é feito?"*

(A3) *"a física pega o natural e transforma"* (voz) *"para algo que é de uso"*.

A entrevistadora finaliza para destacar a ciência como capacidade humana: *"não é bem a física, mas são as pessoas que desenvolvem a física."*

II.2. Uma outra entrevista²⁴: dialógica potencial

Essa outra entrevista foi realizada pela mesma entrevistadora (E) com formação científica em física. Ocorreu num mesmo Espaço de significação onde foi permitido a livre expressão e a regulação de comportamentos entre os entrevistados, porém não houve convergência a uma configuração de aprendizado. A primeira pergunta visa ligação afetiva, individual:

(E): *"Vocês gostaram da exposição?"*

(B): *"Gostamos."*

(B4): *"Achamos interessante."*

(E): *"O que vocês mais gostaram da exposição? Das coisas que vocês viram nela o que vocês mais gostaram?"*

(B1): *"Da exposição eu gostei mais daquele que o cabelo levanta."*

(E): *"E o que você achou que era aquilo?"*

(B1): *"Uma máquina...é uma...uma peça com ponta. Segura na peça positiva, não sei direito..."*

(B3): *"O que eu mais gostei foi aquela... a luz lá"* (faísca) *"...subindo."*

(B2): *"Foi a hora que tem uma fivelinha que coloca no nitrogênio e congelava, e pega, tem uma chave ... e ela vai subindo."*

(B4): *"O que eu mais gostei foi da bolinha lá que a gente solta... Conforme a gente põe a mão na"* (bloqueando a) *"luz ela caía."*

(E): *"Pondo a mão na luz o que acontece?"*

(B4): *"Daí ela desce... o eletromagnetismo corta."*

(E): *"E ela ficava parada por que?"*

(B4): *"Quando está no meio ela fica...girando."*

(B5): *"Eu gostei daquele objeto ali do canto. Você vai girando ele vai"* (mostrando) *"um monte de coisas"*

A exposição e a escola

(B4): *"O ensino é bem diferente da escola."*

(B3): *"É isso: é bem diferente da escola."*

²⁴ Com cinco alunos de escola fundamental pública.

- (E): *“Que tipo de ensino, de Ciências?”*
(B3): *“É ciência. Eletromagnetismo, né?”*
(B1): *“Algumas coisas: sobre estrelas.”*
(B): *“É sobre estrela.”*
(B4): *“Slides.”*
(B1): *“Sobre física.”*
(E): *“Antes de virem aqui que vocês pensavam o que é a Física?”*
(B): *“Antes era coisa diferente, não sabia quase nada ...”*
(B2): *“É diferente ainda pelo menos agora a gente temos alguma base do que é para ...”*
(B3): *“Eu não tinha a menor ideia, o que eu pensava era bem diferente.”*
(E): *“O que você pensava?”*
(B3): *“Que a física fosse, como é que vou te explicar, não tinha nada a ver com esse negócio aí de eletricidade e eletromagnetismo, não tinha nada a ver com o que eu pensava.”*
(E): *“Então relacionando o que vocês veem aqui com o que vocês com a sua compreensão na escola, que ideias que você pode dizer que aproveitou?”*
(B4): *“Sobre eletricidade, eletromagnetismo.”*
(E): *“Vocês conheciam a bússola?”*
(B): *“Já.”*
(B1): *“Não tinha bem conhecimento.”*
(E): *“Vocês aprenderam: a experiência que está ligada com corrente magnetismo não está ligada às correntes. E as correntes vocês já pensavam que estão ligadas à eletricidade. Então você pode pensar que o eletromagnetismo liga a eletricidade com ímã. Então isso é que é o eletromagnetismo: associa os fenômenos elétricos e magnéticos.”*

Palavras relacionadas à exposição que persistiram e que os alunos conseguem enunciar:

- (E): *“Algumas palavras que vocês aprenderem, vocês podem dizer?”*
(B): *“Estrela explode. Nem passava pela minha cabeça que estrela explodia.”*
(B3): *“Nem passava pela minha cabeça que estrela podia explodir. Aí depois ele veio com supernova. Super diferente também.”*
(E): *“Que mais? Outra palavra. Eletromagnetismo você já falou.”*
(B4): *“A do cabelo?”*

III. A exposição científica e a História da Ciência

As entrevistas apresentadas acima foram planejadas para avaliar, através de interações dialógicas, processos cognitivos provocados por visita a exposição científica. A Exposição “Do Caleidoscópio ao Carrossel” no prédio da Escola Politécnica da USP²⁵ mediatiza os diálogos ocorridos após os alunos entrevistados ver as demonstrações das bancadas e ouvir as explicações do monitor. Essa montagem²⁶ teve uma feliz convergência de esforços de exibição, pois contou com a contribuição de pesquisadores, garantindo a coerência de conteúdos e das formas de divulgação das ideias científicas, que trabalharam em conjunto com arquitetos e designers, especialistas em comunicação visual.

Embora nem sempre os monitores se referiam diretamente ao conceito de energia, a exposição continha fenômenos ligados ao conceito. Painéis e bancadas de termodinâmica eram dispostos na exposição destacando a evolução histórica da construção dos conceitos de energia e entropia.

²⁵ Que mais tarde foi transferida para a Estação Ciências na rua Guaicurus, São Paulo.

²⁶ HAMBURGER, E.W. et al. *Exposição de Divulgação Científica “Física – do Caleidoscópio ao Carrossel”* (Catálogo sobre as experiências). HAMBURGER, E.W. (coord.), São Paulo, Programa Ciência Educação - Departamento de Física Experimental do IFUSP, 1994.

O conceito de energia, que surgiu da aliança entre técnica e ciência no século XIX através dos estudos de muitos engenheiros preocupados com a questão do calor e trabalho, acabou sendo o principal objeto da ciência energética, e culminou como objeto da Termodinâmica, juntamente com seu complemento – a entropia. Hoje em dia, esses dois conceitos continuam próximos dos engenheiros, que os manipulam em suas aplicações, mostrando a importância tecnológica do desenvolvimento da Termodinâmica. Os conceitos de energia e entropia, também devido à tecnologia, estão presentes no cotidiano dos alunos, tendo tomado significados diversos do da física.

IV. Teorias e metodologias de aprendizagem e sua análise

Nessas entrevistas o pensamento de Vygotsky de que a aprendizagem deve vir antes do desenvolvimento e não ficar a reboque deste foi considerado. Outro conceito desse autor, o de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é muito relevante, pois coloca em evidência que a educação, o professor ou mesmo a colaboração de um colega faz diferença na aprendizagem. Como exemplo, pensemos em duas crianças com 9 anos de idade cronológica em relação ao nascimento. Enquanto que uma delas durante uma interação dialógica pode reagir como uma criança com 10 anos de idade intelectual²⁷, outra pode demonstrar uma inteligência de uma criança de 11 anos de idade intelectual.

Complementamos a metodologia de Vygotsky que enfatizava a influência do adulto na aprendizagem com a metodologia de análise de interações sociais que evidenciam a forte influência de uma criança sobre a outra nas suas brincadeiras livres²⁸. O número de participantes da entrevista é da mesma ordem de grandeza que o número de crianças que se envolvem em configurações²⁹ estáveis.

A aplicação dessa metodologia de análise de interações sociais pode se constituir um campo fértil de montagens experimentais para avaliações qualitativas, o caso de ensino-aprendizagem. A nosso ver é um resgate de práticas pedagógicas bem conhecidas, que, com novas bases teóricas e outros dados experimentais, podem ser realçados certos aspectos preferenciais para a eficiência do processo.

A visão teórica, que pode ser montada em analogia às interações entre moléculas³⁰, traz, entretanto, substrato não mecanicista, pois a lógica fundamental é a relação indissociável entre o indivíduo e o todo social, em situação de constituição recíproca.

A participação do entrevistador como integrante ativo da construção de significado³¹ requisita a imaginação interveniente do professor, monitor, ou outra modalidade de instrutor. Tornam-se de várias formas, indivíduos participantes do processo coletivo de construção de significado, tanto em situações simétricas em relação aos alunos, como em situações de assimetria em que dá direções e compartilha de atribuições de significados. Todos são sujeitos das interações coletivas que se estabelecem, no processo de criação do espaço comum de significação. Pode-se então destacar elementos formativos do professor, que favoreçam o desenvolvimento dessas capacidades por exemplo, a evolução do pensamento científico na história, a relação teoria-experiência na física e as implicações fenomenológicas e da expressão

²⁷ Idade com referência a uma medida de quociente intelectual.

²⁸ PEDROSA, M.I. *Interação criança-criança: um lugar de construção do sujeito*. (289pp.) Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia da USP, São Paulo, 1989.

²⁹ Analisadas como processos de auto-organização em configurações de atratores físicos e simbólicos.

³⁰ PERRIN, M. Mouvement brownien et réalité moléculaire. *Annales de Chimie et de Physique*, 18: 1-14, 1909.

³¹ KAMIOJI, M.I., op. cit., 1995.

matemática³².

Nesse sentido destacamos o estudo e pesquisa em história das ciências na formação do educador e seu uso já desde o ensino fundamental como um recurso favorável à aprendizagem de conceitos científicos, desde que o aspecto histórico não se limite a poucos nomes e datas fora de contexto. A abordagem da história da ciência com seus conflitos³³ e controvérsias promove o desenvolvimento nos estudantes de uma postura mais crítica uma vez que mostra a relação entre a mudança do pensamento científico através do tempo e seu uso nos contextos sociais, morais e culturais em que estão inseridos. Isso ajuda a derrubar o mito da ciência empírica. A história da ciência revelou que “nunca houve adequação perfeita entre as teorias e os fatos”³⁴ observados e submetidos à investigação experimental.

O conhecimento e seus métodos de aquisição são inerentes aos seres vivos³⁵ em sua condição de discernir, na realidade em que vivem, possibilidades de ação a fim de existir, de sobreviver e de se reproduzir, no plano individual (ontogênico) e no plano histórico (filogenético). O conhecimento científico³⁶ é, então, uma forma particular de discernimento, desenvolvida em certas condições históricas, por indivíduos em interações sociais bem características.

Para que haja disseminação social desse conhecimento são também necessárias condições exteriores favoráveis à possibilidade individual de discernimento. Estarão em jogo formas especiais de organização das informações perceptivas e observacionais (que incluem o nível de desenvolvimento tecnológico da sociedade), isto é, dependem de certas correlações, de compartilhamentos específicos de significados.

Na psicologia do desenvolvimento humano (e na etologia³⁷, onde se estudam o desenvolvimento comparado dos vários animais), chama-se de *regulação* a esse processo de atingir estados de equilíbrio, individuais e coletivos, que se manifestam como característicos da espécie, de suas leis de organização e reprodução.

V. História da Ciência: Conhecimento e realidade

O conhecimento humano, a partir de exercícios da razão e de experiências e percepções desenvolvidas ao longo da história, se evidencia num espaço de significação que compreende tanto o mundo exterior como o mundo interior. Esse é um pensamento de Bakhtin³⁸ que, vislumbrado uma vez como verdadeiro parece se integrar a todos os posteriores raciocínios sobre o conhecimento. Mundo exterior seria a chamada realidade exterior – natural e social – que engloba a objetividade das transformações da sociedade, materiais, organizacionais, e da própria existência do conhecimento. O mundo interior compõe a realidade individual, as formas próprias de percepção e organização do ser humano, e de um ser em particular.

As artes e as ciências, analisados com esse enfoque, são conhecimentos que se alçam a

³² Idem

³³ MAGALHÃES, G.S. *Ciência e conflito*: Ensaios sobre história e epistemologia de ciências e técnica, São Paulo, Book Express editora, 2015.

³⁴ THUILLIER, Pierre. *De Arquimedes a Einstein*: A face oculta da invenção científica. Tradução Maria Inês Duque-Estrada. Rio de Janeiro. Jorge Zahar Editor. P 8.

³⁵ MATURANA, H.R. *Biology of cognition* (B.C. Rep. No.9). Urbana: University of Illinois, 1970.

³⁶ Gera situações complexas que requerem outras percepções, principalmente depois da bomba atômica, foram levantadas dúvidas se o conhecimento científico é um progresso no sentido da sobrevivência humana.

³⁷ CARCALHO, A.M.A. Etologia e comportamento social. *Psicologia e Sociedade*, 5(8):145-163,1989.

³⁸ BAKHTIN, M. *Marxismo e filosofia da linguagem*, São Paulo, Editora Hucitec, 1995.

planos mais complexos de organização que o do conhecimento cotidiano. A percepção espontânea de um indivíduo apresenta características dos estados de fusão social com o senso comum das várias possibilidades de ligação com o mundo exterior desenvolvidas historicamente, a definir um espaço cultural de atribuição de significados compartilhados na vida cotidiana.

As teorias científicas e seus fenômenos, entretanto, delimitam claramente esses espaços de significação. Distinguem-se da observação desavisada, não preparada teórica e tecnicamente para a objetivação de certas características da realidade exterior, que se manifestam dentro de confluências bem determinadas de atos da razão e da experiência. Nessas confluências, e na física é mesmo de forma constitutiva, se inclui a matemática (ou as várias teorias matemáticas), como *medida* tanto dos objetos da razão como das experiências.

Ao senso comum muitas vezes a conceituação científica lembra a percepção de que “toda espécie de coisas é dotada de uma *qualidade oculta* específica pela qual age e produz efeitos manifestos”³⁹, que para Newton, descrevendo o pensamento de Aristóteles não dizia absolutamente nada em termos de conhecimento. Por outro lado, Newton, aproximando-se, por assim dizer, pelo avesso dessa significação, elaborou com muita eficiência um novo modo de se aproximar da natureza. Propunha, e no caso da dinâmica realizou a proposta, transformar em *princípios manifestos* que regem “as propriedades e ações das coisas corpóreas”, que devem ser derivados dos fenômenos. Esses princípios seriam pesquisados com metodologia específica, e considerava-os “não como qualidades ocultas, mas como leis gerais da natureza, pelas quais as coisas mesmas são formadas, sua verdade aparece para nós através dos fenômenos, embora suas causas não estejam ainda descobertas”⁴⁰.

Está definido o recorte limitado da realidade e essa limitação é a força dessa nova percepção⁴¹: a objetividade dos fenômenos compreendidos em linguagem teórica vai mediatizar novas relações com a natureza, novas formas de organização sociais.

Essas questões têm sido aprofundadas nos estudos da psicologia da linguagem por pesquisadores que as enfrentaram de um ponto de vista filosófico pelo qual, as contradições não se excluem, mas se complementam, sendo mesmo necessário tomá-las em ação de constituição recíproca, tanto no mundo físico (natural, biológico e social) como na compreensão dele.

Estudos fundadores desenvolvidos antes da segunda grande guerra do século XX, de, por exemplo, Henri Wallon⁴², L.S. Vygotsky⁴³, M. Bakhtin⁴⁴, e Agnes Heller⁴⁵, estão entre nós, abrindo novos caminhos para a dinâmica do raciocínio ensinando a trabalhar com uma lógica que não exclui as ligações com a realidade a que a linguagem se refere.

Vão a fundo nas questões do ser, do dizer, da emergência da consciência do eu e do outro, de estados simultâneos de fusão afetiva ao mundo exterior e de diferenciação que

³⁹ NEWTON, I. *Opticks*, Dover, 1954. Trad. Port. EDUSP, 1996 p. 290.

⁴⁰ Idem.

⁴¹ Essa transformação da percepção traz à tona a lógica da evolução, para a qual, no momento em que uma parte da realidade é compreendida através de interações sociais muito bem definidas entre os seres humanos, ela ultrapassa essa parte compreendida. A compreensão se incorpora e a transforma, no momento mesmo em que passa a fazer parte dela. A percepção segue a mesma lógica do próprio conhecimento na visão de Newton, pois as teorias científicas não explicam, para ele, as causas de suas leis, “que serão objeto de investigações posteriores”. NEWTON, I. op. cit.

⁴² WALLON, H. op. cit.

⁴³ VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e linguagem*, São Paulo, Martins Fontes, 1989.

⁴⁴ BAKHTIN, M. op. cit.

⁴⁵ HELLER, A. *O cotidiano e a história*, Rio de Janeiro, Paz e terra, 1970.

objetiva e individualiza⁴⁶.

Trabalham com uma causalidade complexa que muitas vezes inverte as relações espontâneas, ou ingênuas, ou simplesmente mecanicistas, de causa-efeito.

VI. Comparação entre a 1ª e a 2ª entrevistas

O que acontece durante uma entrevista depende de muitos fatores constitutivos do espaço de informação – escola, exposição (em seus vários elementos: concepção, montagem, monitoria, etc.), número e história dos componentes da entrevista, e, de forma determinante, os momentos (indeterminados) da própria entrevista.

1a: dialógica efetiva

A primeira entrevista apresenta interação muito frequente entre os estudantes. É mais marcante, nas falas, a presença dos fatos da exposição. A intervenção da entrevistadora é mais efetiva.

É atingido certo grau de consciência da conceituação científica de “energia”. É ainda desenvolvida, inesperadamente, uma visão crítica (epistemológica) do conhecimento em física: o que é a física em função de sua construção conceitual e experimental.

2a: dialógico potencial

Na segunda entrevista, as respostas das crianças denotam interesse na exposição. Os entrevistados dão ênfase nas palavras: eletromagnetismo, estrela explode, supernova.

Aparecem correlações a nível descritivo das palavras, relativas a fenômenos desconhecidos, mas não chega a entrar na natureza dos fenômenos.

Ao distinguir qualitativamente as duas entrevistas, percebemos diferenças de significado dos processos reguladores ativados nas interações: chamamos, para o primeiro caso, *regulação lógico-cognitiva-conceitual* – característica de *dialógica efetiva* – em termos de ter alcançado, no processo coletivo, uma compreensão no plano científico de ideias, através de correlações sucessivas.

São *dialógicas efetivas*, as interações em que são identificadas *correlações* que levam, através da permanência de significado, a configurações de aprendizado. Chamamos de *dialógicas potenciais*, de forma genérica, as interações em que concluímos que *há regulação da postura dos alunos* na direção da aprendizagem, mas não foi obtida organização científica de significado conceitual.

Na primeira entrevista emergiu situação de aprendizagem de conceito, no sentido da coerência enunciada nas leis físicas, enquanto que na outra isso não aconteceu, embora tenha havido desenvolvimento de linguagem científica, no sentido de conhecimento de novos fenômenos, nomeados na linguagem cotidiana.

VII. Resultados, Conclusões e Implicações

⁴⁶ Portanto dá autonomia ao sujeito.

Um dos resultados paralelos deste trabalho foi integrar a metodologia de sistemas dinâmicos aplicada a problemas da psicologia do desenvolvimento a questões de ensino-aprendizagem, tais como avaliação de vários fatores envolvidos em determinada situação particular (desenvolvimento de entrevista pedagógica, visita a exposição científica).

Como subproduto gostaríamos de sugerir que, através das entrevistas, delineou-se fenomenologicamente, o significado para a Zona de desenvolvimento próximo, proximal, potencial de Vygotsky, como zona de desenvolvimento provável. E ainda uma renovada compreensão do significado de probabilidades como ajustes de disposições tanto internas como externas aos indivíduos participantes (sejam seres humanos ou qualquer outra coisa).

Propomos integrar sistemas dinâmicos e psicologia do desenvolvimento humano. O conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky deverá ser considerado nas interações. O potencial de desenvolvimento deve ser considerado, não pensando apenas no que já foi desenvolvido, mas também que numa interação social existe a probabilidade das disposições externas influenciarem as disposições internas

Como conclusão são apresentadas duas propostas complementares: Proposta I: *Entrevistas pedagógicas* sejam aplicadas como *metodologia construtiva* de pesquisa em aprendizagem. Proposta II: A partir do desenvolvimento desse tipo de entrevistas, em decodificações “desconstrutivas” sejam investigadas e determinadas características favoráveis ao processo de organização de significados de conceitos científicos: número ótimo de pessoas, formação do professor-entrevistador, *schemata* para mediação (laboratórios, demonstrações, leituras, histórias, exposições, etc.)