

*Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador
em Ensino de Ciências*

Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo



Marco A. Moreira

*Porto Alegre, Brasil
2009, 2016*

Ficha de apresentação

Tipo de publicação: coletânea de breves monografias sobre teorias de aprendizagem como subsídio para o professor pesquisador, particularmente da área de ciências.

Autor: Marco Antonio Moreira

Data e local: 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada), Porto Alegre, Brasil

Outras publicações da mesma série

- **Subsídios Teóricos:** *A Teoria da Aprendizagem Significativa.*
- **Subsídios Epistemológicos:** *Epistemologias do Século XX.*
- **Subsídios Metodológicos:** *Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos.*
- **Subsídios Metodológicos:** *Pesquisa em Ensino: Métodos qualitativos e quantitativos.*
- **Subsídios Didáticos:** *Mapas conceituais, Diagramas V, Organizadores Prévios e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.*

Sumário

Introdução: a pesquisa em ensino.....	4
O comportamentalismo.....	7
O construtivismo de Piaget.....	13
O construtivismo de Vygotsky.....	19
A teoria de ensino de Bruner.....	25
O construtivismo de Ausubel.....	31
O construtivismo de Vergnaud.....	37
O construtivismo de Johnson-Laird	43
A mudança conceitual.....	49
O humanismo	55
Conclusão: a pesquisa em ensino de ciências.....	61

Introdução: a pesquisa em ensino

Pesquisar é produzir conhecimento através da busca de respostas a perguntas-chave sobre determinado fenômeno de interesse, dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico consistente e coerente.

Quer dizer, quem pesquisa tem uma ou mais perguntas sobre certo fenômeno de interesse. Para responder tais perguntas, estuda objetos ou eventos que faz acontecer ou que acontecem naturalmente. Mas para estudá-los é preciso fazer registros (observações de campo, medidas, gravações, entrevistas, *clicks* em detectores, resultados de provas, questionários, etc.). Não se faz pesquisa sem registros, sejam quais forem, dos eventos e/ou objetos de estudo. Prosseguindo, é preciso analisar, criar categorias, indexar numericamente, interpretar, enfim, transformar qualitativamente e/ou quantitativamente esses registros até chegar a possíveis, e provisórias, respostas às perguntas-chave. Isso significa que, obviamente, a pesquisa tem sempre um *marco*, ou *domínio*, *metodológico*, ou seja, *um fazer*.

Por outro lado, as perguntas não são feitas ao acaso, não surgem do nada. Elas vêm de *um pensar* que normalmente envolve teorias, princípios, modelos, tomados como referencial teórico ou que, em uma abordagem qualitativa, são construídos ao longo da pesquisa, à medida que a realidade vai sendo construída. A verdadeira pesquisa, aquela que produz conhecimentos, tem sempre um *marco*, ou *domínio*, *teórico*, quer dizer, *um pensar*.

A pesquisa, a produção de conhecimentos, envolve, então, a permanente interação entre pensar e fazer, ou entre um domínio teórico e um domínio metodológico.

Não tão clara é a necessidade de um marco epistemológico. Há pouco falou-se de uma realidade construída. O leitor mais atento pode ter estranhado e perguntado o que significa isso. A realidade, afinal, não é a realidade que aí está para ser estudada, entendida, explicada? Não necessariamente. Depende da concepção de realidade que se tem. No âmbito da pesquisa educacional, há muitos que defendem a posição epistemológica de que a realidade educativa é sempre socialmente construída. No que se refere às ciências exatas e da natureza, há posições filosóficas empiristas-indutivistas, racionalistas, realistas, idealistas, anarquistas, evolucionistas, enfim, toda uma gama de concepções sobre a produção do conhecimento científico, ou seja, concepções epistemológicas, explícitas ou implícitas. Isso significa que a pesquisa tem também um *marco*, ou *domínio*, *epistemológico*.

Em resumo, a pesquisa, no sentido de produção de conhecimentos, implica a utilização de referenciais teóricos, metodológicos e epistemológicos.

Professores podem, e devem, sem dúvida, ser pesquisadores, mas para isso devem apropriar-se de teorias (de aprendizagem, no caso), de metodologias de pesquisa em educação e de referentes epistemológicos. O termo professor-pesquisador é muito frequente na literatura educacional, mas o significado parece ser o de professor-reflexivo. É claro que todo professor deve refletir sobre sua prática, mudá-la, aprimorá-la, mas para que isso possa gerar conhecimento é preciso embasamento teórico, metodológico e epistemológico.

Este texto pretende subsidiar professores, particularmente da área de ciências, no que tange a bases teóricas para a pesquisa em ensino. São abordados, muito sucintamente, o comportamentalismo (Watson, Guthrie, Thorndike e Skinner), o cognitivismo/construtivismo (Piaget, Vygotsky, Ausubel, Vergnaud e Johnson-Laird) e o humanismo (Rogers, Novak, Gowin e Freire). Além disso, é também enfocado o problema da mudança conceitual por ser um tema de muito interesse para a pesquisa em ensino de ciências. É claramente uma primeira aproximação a tais teorias; subsídios teóricos iniciais, poder-se-ia dizer.

Para concluir esta introdução, apresenta-se na Figura 1 um diagrama adaptado de outro conhecido como Vê epistemológico de Gowin (1981; 2005) ou simplesmente diagrama V (Moreira, 2006), onde aparecem os elementos que estruturam o processo de produção do conhecimento, ou seja, a pesquisa.

Marco Antonio Moreira

Referências

Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 210p.

Gowin, D.B. and Alvarez, M. (2005). *The art of educating with V diagrams*. New York: Cambridge University Press. 231p.

Moreira, M.A. (2006). *Mapas conceituais & diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor. 103p.

Domínio teórico e epistemológico (o pensar)

Domínio metodológico (o fazer)

Concepções epistemológicas (sobre a produção de conhecimento).

Perguntas (sobre o fenômeno de interesse) **de pesquisa**

Respostas (possíveis e provisórias às perguntas de pesquisa (resultados, conhecimentos produzidos))

Teorias e modelos (a fundamentação teórica, existente ou construída).

↔
interação

Transformações metodológicas dos registros (a fim de chegar a respostas às perguntas de pesquisa):
atribuição de índices numéricos, criação de categorias, análise estatística, análise interpretativa, ...

Hipóteses (quando se deseja fazer antecipações).

Princípios (proposições tomadas como pontos de partida).

Registros (dos eventos e/ou objetos de estudo).

Conceitos (básicos da pesquisa).

Objetos e/ou eventos (que se faz acontecer ou que acontecem naturalmente) **de estudo**

Figura 1 – Um diagrama V esquematizando o processo de produção de conhecimentos (adaptado de Gowin, 1981).

O Comportamentalismo

O comportamentalismo é uma postura filosófica que se ocupa de comportamentos observáveis e mensuráveis do sujeito, ou seja, de respostas que dá a estímulos externos. Contrapõe-se ao mentalismo, ao estudo do que as pessoas pensam e sentem: ocupa-se do que as pessoas fazem. Supõe que o comportamento inclui respostas que podem ser observadas e relacionadas com eventos que as precedem (estímulos) e as sucedem (consequências). Busca estabelecer relações funcionais, ou leis, entre estímulos e consequências (boas ou más).

Primeiras abordagens

John B. Watson (1878-1958) é considerado o pai do comportamentalismo, ou behaviorismo. Seu comportamentalismo, bastante influenciado pelo condicionamento clássico de Ivan Pavlov (1849-1936), focalizava muito mais os estímulos do que as consequências. Ele procurava explicar toda aprendizagem (associação estímulo-resposta) em termos de condicionamento clássico, não se interessando pelo reforço ou pela punição (consequências) como causas da aprendizagem. Em suas explicações, usava dois princípios: o da *frequência* e o da *recentidade*. O da frequência diz que quanto mais frequentemente uma dada resposta é associada a um certo estímulo maior a probabilidade de que essa associação ocorra outra vez. O da recentidade diz que quanto mais recentemente uma certa resposta é associada a um dado estímulo mais provavelmente será associada outra vez.

Edwin Guthrie (1886-1959) é outro norte-americano que se destacou nas origens do comportamentalismo. Embora influenciado por Watson e pelo condicionamento clássico, sua abordagem não implicava que a resposta tivesse sido eliciada durante um procedimento dessa natureza. Para ele, se uma combinação de estímulos que havia acompanhado uma resposta ocorresse outra vez, tenderia a ser seguida por essa resposta. Ou seja, se alguma coisa fosse feita em uma dada situação, provavelmente seria feita outra vez frente à mesma situação. E mais, a intensidade total de uma associação estímulo-resposta, que ele chamava de "*hábito*", teria sido atingida na ocasião do primeiro pareamento e não seria reforçada pela prática. O importante era a *contiguidade*. Ocupou-se, então, da quebra de hábitos e propôs três métodos para isso: 1) o da *fadiga*: repetir o estímulo até que eventualmente uma nova resposta seja dada e fique associada a esse estímulo por ser a mais recente (quer dizer, ele não aceitava o princípio da frequência de Watson, mas sim o da recentidade); 2) o do *limiar*: introduzir o estímulo com uma intensidade tão fraca que não provoque a resposta indesejada, mas elicie alguma outra que ficará, então, associada ao estímulo; 3) o da *incompatibilidade*: apresentar o estímulo quando a resposta não pode ocorrer, de modo que alguma outra resposta possível fique a ele associada.

Edward L. Thorndike (1874-1949) é um terceiro norte-americano de grande influência nas origens do behaviorismo. Sua grande contribuição está na chamada *Lei do Efeito* ou, mais especificamente, na ênfase que pôs nas consequências do comportamento como determinantes das conexões E-R ou, na visão comportamentalista, do que é aprendido. Para ele, as conexões estímulo-resposta eram de natureza fisiológica, fortalecidas pelo uso e ela natureza satisfatória das consequências e enfraquecidas quando tais consequências fossem desconfortáveis. Sua concepção de aprendizagem (conexões E-R) estava sujeita a três leis principais: 1) *Lei do Efeito*: quando uma conexão é seguida de uma consequência satisfatória ela é fortalecida e, reciprocamente,

enfraquecida quando a consequência é irritante; conforme o caso, há um aumento ou uma diminuição na frequência da resposta; 2) *Lei do Exercício*: o fortalecimento das conexões se dá com a prática (lei do uso) e o enfraquecimento ou esquecimento com a falta de prática (lei do desuso); 3) *Lei da Prontidão*: quando há uma preparação para a ação, a concretização da ação é satisfatória e a não concretização é irritante. Além destas, Thorndike propôs várias outras leis subsidiárias ou subordinadas.

Estas são as primeiras teorias comportamentalistas, todas ocupando-se de conexões estímulo-resposta sem levar em consideração o que se passa na mente do indivíduo quando ocorre tal associação. Ocupavam-se, como já foi dito, apenas de comportamentos observáveis e mensuráveis. Era como se a mente fosse uma caixa preta. Não que nada nela ocorresse, mas que simplesmente não interessava.

Tais teorias foram sucedidas por outra que teve enorme influência no ensino e nos materiais usados em sala de aula, principalmente nas décadas de sessenta e setenta, mas que de certa forma ainda está muito presente na escola de hoje: a teoria de Skinner.

O comportamentalismo de Skinner

B.F. Skinner (1904-1990), também norte-americano, ocupou-se particularmente do que ocorre após a resposta, ou seja, da consequência que pode ser reforçadora ou não. Para ele, são três as principais variáveis de "entrada": o *estímulo*, o *reforço positivo* e as *contingências de reforço*. A primeira é o evento que afeta os sentidos do sujeito, a segunda é aquilo que resulta no aumento da frequência da resposta e as contingências de reforço se referem ao momento e à quantidade de reforço, ao arranjo de situações reforçadoras.

As variáveis de "saída" são as respostas do sujeito, as quais podem ser *respondentes* ou *operantes*. As respondentes são aquelas eliciadas involuntariamente por determinados estímulos; são os chamados "reflexos", como, por exemplo, o de contrair a pupila frente a uma luminosidade intensa. As operantes são aquelas nas quais o sujeito faz algo que tem um efeito no mundo exterior, que opera nele. *A maior parte do comportamento humano é operante*. Diferentemente das respostas respondentes que são provocadas automaticamente frente a certos estímulos, as operantes podem ou não ser exibidas em presença de determinados estímulos. Não se sabe *a priori* qual estímulo provocará a emissão de uma certa resposta.

A cada tipo de comportamento, respondente ou operante, corresponde a um tipo de *condicionamento*, ou seja, um procedimento de, em um caso, emparelhar um estímulo que seguramente provoca uma resposta com um estímulo neutro até que este passe também a eliciar essa resposta e, no outro, de introduzir um *reforçador positivo* imediatamente após uma resposta, resultando em um aumento de frequência dessa resposta. Diz-se *condicionada* uma resposta cuja frequência foi aumentada desta maneira.

Reforçador positivo é aquilo que acontece após a emissão de uma resposta e aumenta sua frequência. *Reforçador negativo* é o que a enfraquece, ou seja, diminui a frequência da resposta que o produz ou fortalece a resposta que o remove.

Para Skinner, a conexão importante era entre resposta e reforço, não entre estímulo e resposta como propunham os primeiros behavioristas.

A idéia básica do enfoque skinneriano é a de que o comportamento é controlado pelas consequências.

Condicionamento operante é o processo no qual um reforçador vem imediatamente após uma resposta e aumenta a frequência dessa resposta. *Condicionamento respondente* é aquele no qual um estímulo *reforçador* inicialmente neutro passa, seguramente, a eliciar uma certa resposta, mas não necessariamente aumenta a frequência dessa resposta.

No condicionamento operante, a consequência, quer dizer, o reforçador positivo, funciona como estímulo para que a resposta seja dada novamente. Nesse processo *é muito mais importante o reforço do que o estímulo inicial.*

Outros termos importantes da *teoria do reforço positivo* são os seguintes:

Extinção: procedimento que consiste na suspensão do reforço positivo de uma resposta condicionada, com o objetivo de redução gradual da frequência dessa resposta até que volte a ocorrer tão frequentemente como ocorria antes do condicionamento.

Esquecimento: diminuição na probabilidade de que uma resposta ocorra como consequência de não ter sido emitida durante muito tempo.

Reforçamento diferencial: reforçar somente uma resposta de uma classe de respostas e ignorar todas as demais.

Diferenciação de respostas: fortalecimento de uma resposta de uma classe de respostas devido ao reforçamento diferencial.

Modelagem: reforçamento positivo, gradual, de respostas que no princípio se assemelham só muito ligeiramente ao comportamento final desejado, até que este seja exibido.

Resposta ou comportamento inicial: resposta inicial escolhida para reforçamento por estar relacionada de alguma maneira à resposta final desejada; deve ser apresentada pelo sujeito no início da modelagem.

Resposta ou comportamento terminal: comportamento que se deseja condicionar no sujeito; não apresentado correntemente.

Respostas ou comportamentos intermediários: são aqueles que devem ser condicionados no sujeito para que, através de aproximações sucessivas (modelagem), chegue a exibir o comportamento final desejado.

Discriminação: procedimentos de condicionar uma resposta na presença de um estímulo e extingui-la na presença de outros.

Esmaecimento: técnica de mudança gradual semelhante à modelagem, porém o que muda gradualmente são os estímulos a serem discriminados, não a resposta como ocorre na modelagem; dois estímulos diferentes são apresentados diferindo ao longo de duas dimensões, uma das quais é

gradualmente modificada até que não haja mais diferença nessa dimensão de modo que a discriminação seja feita somente em relação à dimensão que não variou.

Comportamento conceitual: responder do mesmo modo a todos os estímulos de uma classe de estímulos, mas não responder desse modo a estímulos fora da classe; generalizar dentro de uma classe de estímulos e discriminar entre classes.

Reforçador condicionado (ou secundário): evento ou objeto que passa a ser reforçador pela associação a reforçadores incondicionados (que não requerem associação a outros eventos ou objetos para funcionarem como reforçadores)

Reforço social: reforço condicionado consistindo de tipos de atenção dada por outros membros de uma comunidade.

Cadeia-estímulo resposta: sequência de estímulos e respostas na qual cada resposta funciona como estímulo para a próxima.

Ensino e aprendizagem

O enfoque skinneriano aplicado ao processo instrucional leva de imediato à ideia de objetivos operacionais, ou seja, comportamentos que o aprendiz deve apresentar, ou respostas que deve dar, ao longo do processo (comportamentos intermediários) e ao final dele (comportamentos terminais). É preciso definir tais objetivos de maneira muito clara, precisa, para que se possa observar, e medir, sua consecução pelo aluno. Além disso, é preciso reforçar positivamente a emissão de tal comportamento, por exemplo, através da "nota" ou de um comentário ou elogio. É necessário também programar o esquema de reforçamento (como dar o reforço positivo, quando dá-lo e em que quantidade), até que, eventualmente, a aprendizagem (a resposta "certa") funcione como estímulo reforçador.

Um objetivo para ser comportamental deve satisfazer as seguintes condições (Baquero, 1983): 1) especificar a ação do aluno, não do professor; 2) especificar o comportamento a ser emitido pelo aluno; 3) especificar o tópico da matéria de ensino em relação ao qual o comportamento do aluno deve ser apresentado; 4) representar o produto de uma experiência de aprendizagem, não a experiência propriamente dita. Assim, objetivos do tipo "O estudante ouvirá partituras de Chopin" ou "O estudante será exposto às obras de Érico Veríssimo" não satisfazem tais condições. Já um objetivo do tipo "O estudante deve ser capaz de *listar* os pressupostos básicos para a aplicação de técnicas estatísticas paramétricas" as satisfaz.

O ensino deve ser organizado para evitar o erro, pois é o acerto que leva ao reforço positivo. Frequentemente, então, recorre-se à ideia de "pequenas etapas". Tais etapas obedecem uma sequência de pré-requisitos; cada uma é condição para a próxima, mas são programadas de modo que o aprendiz as supere sem grandes dificuldades. Idealmente, o sujeito pode progredir ao longo das etapas instrucionais com ritmo próprio.

Os recursos didáticos, as aulas, os materiais programados funcionam como estímulos para as respostas desejadas, isto é, aquilo que está, explícita e precisamente, definido nos objetivos de ensino. A instrução é "programada tecnologicamente". O professor atua tecnicamente, procurando

modificar ou implantar comportamentos através de condicionamentos, procedimentos de extinção, modelagens, reforçamentos diferenciais, ainda que implicitamente ou inconscientemente.

No "Método Keller" (Moreira, 1983, 1985), por exemplo, o conteúdo de uma disciplina é dividido em um número relativamente grande de unidades de estudo; para cada uma delas é elaborado um roteiro de estudo contendo objetivos claramente definidos e instruções bem detalhadas sobre o que e como estudar; em princípio, não há aulas, o aluno prepara a unidade a partir desse roteiro (que funciona como estímulo), com ritmo próprio e quando sente-se preparado apresenta-se para a avaliação da unidade, a qual é uma prova versando muito precisamente sobre os objetivos pré-definidos; esta prova é corrigida imediatamente pelo professor ou por monitores; se o aluno mostra ter atingido todos os objetivos (i.e., dado todas as respostas esperadas) recebe o roteiro da próxima unidade (que funciona como reforço positivo e estímulo para seguir adiante); caso não atinja todos os objetivos, o aluno pode repetir a avaliação da unidade até ser aprovado e poder passar à unidade seguinte; o professor e os monitores estão sempre à disposição dos alunos para tirar dúvidas e avaliar; quando o aluno completa todas as unidades é considerado aprovado na disciplina. A idéia é usar os princípios das *pequenas etapas, resposta ativa, verificação imediata e ritmo próprio* que são os mesmos da *instrução programada*.

Aparentemente, não há nada de errado no enfoque comportamentalista, pois definir objetivos, organizar o ensino, ensinar e avaliar o alcance dos objetivos parecer ser o cotidiano da escola. No entanto, na prática, o enfoque comportamentalista acaba promovendo o treinamento ao invés da educação, a aprendizagem mecânica ao invés da aprendizagem significativa (a abordagem estímulo-resposta-reforço não entra na questão do significado). Talvez por isso seja, atualmente, tão rejeitado por educadores e pesquisadores em educação (embora ainda muito presente na sala de aula).

Como síntese desta breve introdução ao comportamentalismo, é apresentado, na Figura 1, um mapa conceitual para esse enfoque. Mapa conceitual (Moreira, 2006) é um diagrama destacando, hierarquicamente, os principais conceitos de um certo conteúdo e suas relações. Nesta figura, o conceito considerado como mais importante está no centro e os demais conceitos-chave estão em negrito. Além disso, o mapa inclui também leis e princípios das primeiras teorias comportamentalistas.

Bibliografia

- Baquero, R.V.A. (1983). *Definição de objetivos*. In Moreira, M.A. *Ação Docente na Universidade*. Porto Alegre: Editora da Universidade. pp. 39-52.
- Moreira, M.A. (1983). *O Sistema de Instrução Personalizada*. In Moreira, M.A. *Ação Docente na Universidade*. Porto Alegre: Editora da Universidade. pp. 116-135.
- Moreira, M. A. (1985). *Atividade docente na universidade*. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Ed. & Ed. da FURG. 135p.
- Moreira, M.A. (2006). *Mapas conceituais & diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor. 103p.
- Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora. 109p
- Moreira, M.A. (2011). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. Caps. 1 e 3. 2ª ed. ampl. 242p.
- Moreira, M.A. & Veit, E.A. (2010). *Ensino Superior: bases teóricas e metodológicas*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 223p.

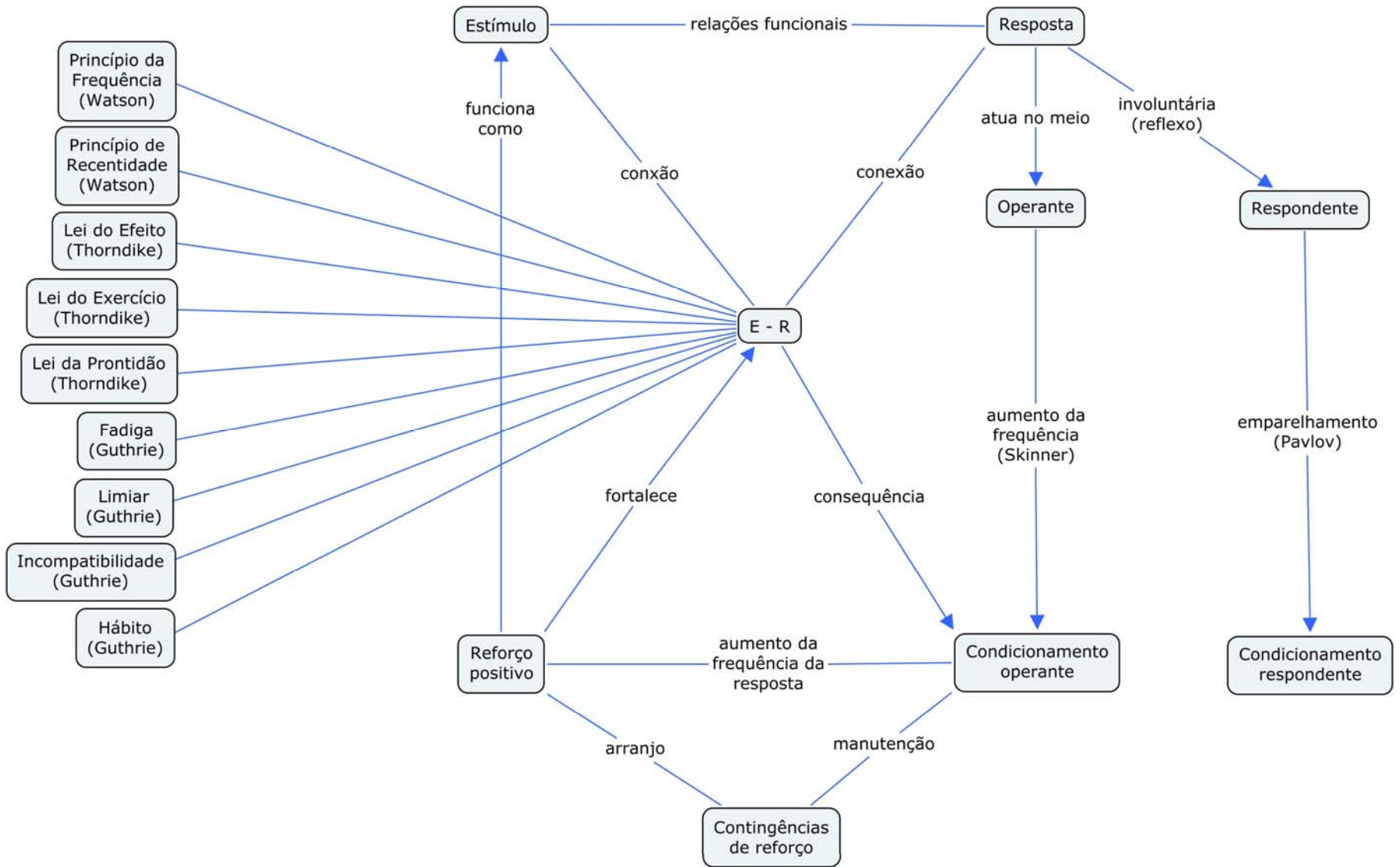


Figura 1: Um mapa conceitual para o comportamentalismo

O Construtivismo de Piaget

Jean Piaget (1896 - 1980) é o pioneiro e mais conhecido autor construtivista do século XX. Sua teoria é de desenvolvimento cognitivo; seu sujeito é epistêmico e científico – constrói seu conhecimento e conhece o mundo cientificamente. Este sujeito possui uma arquitetura cognitiva variável (que aprende) e se desenvolve através de funções gerais invariantes – *adaptação e organização*. Na interação com o mundo, o sujeito tende a integrar suas estruturas psicológicas em sistemas coerentes. Essa tendência de integrar estruturas em sistemas ou estruturas mais ordenadas é o que Piaget chama de *organização*. A mente é uma estrutura (cognitiva) que tende a funcionar em equilíbrio, aumentando, permanentemente, seu grau de organização e de adaptação ao meio. Quando este equilíbrio é rompido por experiências não assimiláveis, a mente tende a se reestruturar através da construção de novos *esquemas de assimilação* e atingir novo estado de equilíbrio. Esta reestruturação corresponde ao que Piaget chama de *acomodação*. A assimilação e a acomodação são processos complementares que levam à *adaptação*, ou seja, à tendência de o organismo (i.e., a mente) se adaptar ao meio interagindo com ele. Adaptação e organização são processos complementares inseparáveis. São duas faces de um mesmo processo que se manifesta internamente na organização cognitiva e externamente na adaptação ao meio.

Piaget argumenta que a assimilação e a acomodação são mecanismos que operam juntos de modo que o meio é sempre interpretado à luz de estruturas cognitivas existentes (assimilação), porém estas estruturas são modificadas pelas estruturas do meio (acomodação). São mecanismos lentos e contínuos através dos quais o novo é assimilado pelo conhecido, mas a estrutura do conhecido não permanece intacta em seu encontro com o novo (Mc Shane, 1991, p.25).

Equilíbrio majorante

Este processo equilibrador que Piaget chama de *equilíbrio majorante* é o responsável pela evolução cognitiva, pelo desenvolvimento mental e pela aprendizagem (aumento de conhecimento, na óptica de Piaget) do sujeito. É através da *equilíbrio majorante* que o conhecimento humano é totalmente construído em interação com o meio físico e sócio-cultural. A teoria de Piaget é interacionista; o desenvolvimento cognitivo resulta da interação entre fatores internos e externos.

A *equilíbrio majorante* é, então, o processo auto-regulador que leva a sucessivas melhoras no equilíbrio cognitivo. Cada novo equilíbrio torna o sujeito mais poderoso na habilidade de compreender as características físicas e as relações dos eventos e objetos do meio e também de atribuir propriedades causais, lógicas e matemáticas a eles (Ginsburg e Oppen, 1988, p. 223).

Adaptação, organização, assimilação, acomodação e equilíbrio majorante são conceitos-chave da teoria piagetiana. Eles se referem aos processos envolvidos no desenvolvimento cognitivo. Contudo, embora os processos sejam sempre estes, há diferenças qualitativas em relação a como eles ocorrem, por exemplo, na mente de uma criança, de um adolescente e de um adulto. Piaget identificou quatro períodos gerais de desenvolvimento cognitivo: *sensorio-motor, pré-operacional, operacional concreto e operacional formal*. Cada um deles, por sua vez, subdividido em estágios ou níveis.

Períodos de desenvolvimento mental

1. *Sensório-motor*: desde o nascimento até aproximadamente dois anos de idade; caracteriza-se por ações não coordenadas; cada ação é ainda isolada e a única referência comum e constante é o próprio corpo da criança; ela não diferencia o seu eu do meio que a rodeia; tudo parece ser uma extensão de seu próprio corpo, mas ela não se percebe como possuidora de desejos e vontades que seriam as causas de suas ações.

2. *Pré-operatório*: vai de dois a sete anos de idade, aproximadamente; desenvolve-se a linguagem; as ações são mais coordenadas e menos centradas no sujeito; objetos e eventos são representados mentalmente, têm realidade cognitiva além da realidade física; no entanto, o pensamento ainda não é reversível; a criança nesse período não tem ainda compreensão da transitividade, nem da conservação do todo; sua atenção volta-se para os aspectos mais atraentes, perceptualmente, de objetos e eventos podendo facilmente cair em contradição.

3. *Operatório-concreto*: vai de 7/8 anos até 11/12 anos, aproximadamente; caracteriza-se por uma descentração progressiva em relação à perspectiva egocêntrica; o pensamento já tem características de uma lógica de operações reversíveis; apesar disso, a criança não é ainda capaz de operar com hipóteses que podem ser falsas ou verdadeiras; para antecipar o ausente ela tem que partir do concreto, contrariamente ao período seguinte no qual o real é percebido como um caso particular do possível.

4. *Operatório formal*: dos 11/12 anos em diante; caracteriza-se principalmente pela crescente capacidade de raciocinar com hipóteses verbais, não só com objetos concretos; é o pensamento proposicional, através do qual, ao raciocinar, o adolescente manipula proposições mentalmente; torna-se capaz de fazer raciocínios hipotético - dedutivos; tem capacidade para operar com construtos mentais; pode trabalhar com operações lógico-matemáticas.

A sequência destes quatro períodos é invariante e cada um deles prepara o caminho para o outro. Contudo, as idades em que ocorrem podem variar consideravelmente dentro de uma mesma cultura e entre culturas diferentes.

A causalidade piagetiana

Segundo Silvie Parrat-Dayana (apud Monserrat Moreno et al., 1998, p. 21), o tema da causalidade foi o que permitiu a Piaget explicar com maior clareza sua concepção interacionista (entre sujeito e objeto) e construtivista do conhecimento.

Para essa autora, a noção de causa utilizada por Piaget é a de "uma relação que a razão estabelece entre as coisas ou entre as coisas e o sujeito e resulta de nossa capacidade de dedução" (ibid.). Considerando-se que a pergunta básica, epistemológica, de Piaget sempre se referiu à relação entre o pensamento e as coisas, ou entre o organismo e o meio, entende-se porque esta noção de causa e o tema da causalidade lhe tenham sido tão úteis.

Por exemplo (op. cit., p. 22-25):

A evolução da causalidade tem lugar em três níveis distintos. Em um primeiro momento, as explicações causais tendem a ser fenomenistas, finalistas e mágicas. Em

um segundo momento, são artificialistas, animistas e dinâmicas. Somente no terceiro período, depois dos 7 ou 8 anos, as explicações causais se tornam mais racionais. Piaget descreve esta evolução através de três processos: desubjetivação da causalidade, formação de séries sequenciais no tempo e reversibilidade progressiva de sistemas de causa e efeito... As operações formais abrirão ao sujeito novas possibilidades de aprender a causalidade.

Estas considerações refletem o que Parrat-Dayan chama de a primeira teoria de Piaget sobre a causalidade e aparece em seu livros da década de vinte. A segunda, de fins dos anos sessenta, é a teoria da atribuição (op.cit., pp. 25-27):

Qualquer explicação causal, da mais simples a mais complexa, consiste em atribuir ao universo o nível de operatividade cognitiva do sujeito. A interpretação proposta por Piaget é que a explicação causal consiste na utilização de operações pelo sujeito, permitindo-lhe a criação de modelos que poderá atribuir às relações observadas entre os sujeitos... O específico da causalidade é que a operação não só se aplica aos objetos mas também que é atribuída a eles. Isso quer dizer que se considera que os objetos atuam por si mesmos, uns sobre os outros, de uma maneira análoga às operações... Dizer que a causalidade é um processo de atribuição das operações do sujeito ao objeto significa que a explicação de um fenômeno consiste em transportar o sistema de operações que supõem a ação do sujeito sobre o objeto ao nível das interações entre os objetos.

Portanto, o sujeito atribui às relações entre os objetos ligações causais segundo o modelo de suas próprias operações. Por exemplo, se o sujeito domina a transitividade lógica ($A = C$ se $A = B$ e $B = C$) ele deve ser capaz de explicar a transmissão do movimento entre objetos.

Parrat-Dayan (op. cit., p. 26) chama atenção que, para Piaget, a causalidade é explicativa, não legal, isto é, para ele a causalidade é a explicação, causal não a lei. Uma lei expressa uma regularidade enquanto a causalidade pressupõe um modelo explicativo. A inferência de relações causais supõe a atribuição, à realidade, de operações do sujeito e isso é possível graças à construção de um sistema explicativo.

Essa autora também esclarece que, para Piaget, em toda explicação causal se utiliza uma estrutura lógico-matemática, sem que isso signifique que a causalidade se reduza ao conjunto de operações lógico-matemáticas, pois não se trata apenas de aplicar tais operações ao objeto mas também de atribuí-las ao objeto. Isso significa que o sujeito supõe que o objeto é ativo e implica que a causalidade supõe um sistema de inferências e de construções lógico-matemáticas que vai além do observável (ibid.).

Portanto, existe uma estreita relação entre o sujeito e o objeto. No processo de atribuição das operações lógicas à realidade intervêm as propriedades dessa própria realidade. Ao descobrir certas características dos objetos, o sujeito modifica seus modelos interpretativos e em virtude dessa modificação pode explicar a realidade física de maneira mais rica (op. cit., p. 28):

Por conseguinte, o desenvolvimento não pode, então, ser compreendido como o que se dará 'mais cedo ou mais tarde', como às vezes escreve o próprio Piaget. É a concepção piagetiana a que nos permite afirmar que o desenvolvimento não se produz no vazio, mas sim que se dá a partir de situações problemáticas

complexas. Os processos do pensamento necessitam conteúdos onde possam desenvolver-se, aplicar-se, generalizar-se e também modificar-se. Porém, é evidente que sem processos de pensamento adequados as situações não poderiam ser assimiladas. São os estudos piagetianos da causalidade os que permitem perceber claramente que entre as operações do sujeito e a realidade (situações, objetos, conteúdos) atuam os modelos interpretativos do sujeito, através dos quais se relacionam os aspectos internos e externos do conhecimento.

Em outras palavras, a autora reforça a idéia de que o sujeito constrói modelos interpretativos que lhe permitem apreender a realidade (ibid.):

Desta maneira, dentro da perspectiva construtivista, o conhecimento implica uma inter-relação ativa e produtiva entre os significados que o sujeito tem e os aspectos da realidade externa que vão permitir a construção de novos significados. Estes significados não constituem a lógica do sujeito e sim modelos interpretativos que o sujeito constrói e que lhe permitem apreender a realidade. As características do modelo interpretativo devem ser buscadas na inter-relação de objetos e ações do sujeito... Observe-se, que é graças à idéia de atribuição que o objeto se converte em operador, o que significa que tem um papel ativo. Os objetos podem, ou não, resistir ao tratamento operatório do sujeito. Estas resistências do objeto desempenham um papel importante no processo equilibrador...

Ora, a equilibrção é, por excelência, o mecanismo piagetiano para descrever a melhora ou o aumento de conhecimento ou, em última análise, o próprio desenvolvimento cognitivo do sujeito. Mas a causalidade tem um papel importante na equilibrção, pois é próprio da causalidade provocar desequilíbrio. Ou seja, ao resistirem ao tratamento operatório do sujeito, às inferências do sujeito, os objetos produzem perturbações nos seus esquemas de assimilação que podem levar à construção de novos esquemas de assimilação, resultando em equilibrção majorante e, por conseguinte, em desenvolvimento cognitivo. Por sua vez, a causalidade é explicativa, não legal, pressupondo modelos explicativos que o sujeito constrói.

O conceito de esquema

No parágrafo anterior foi dito que a equilibrção é o principal mecanismo para descrever o desenvolvimento cognitivo do sujeito. Entretanto, o conceito de esquema é também muito importante na teoria piagetiana: o indivíduo constrói *esquemas de assimilação* para abordar a realidade. Quando o organismo (mente) assimila, a realidade é incorporada aos esquemas de ação do sujeito. A mente é, então, um conjunto de esquemas que se aplicam a realidade. A estrutura cognitiva do sujeito seria um complexo organizado de esquemas de assimilação. Quando um esquema se reestrutura para dar conta de uma situação se diz que houve uma acomodação (e reequilibrção majorante).

Ensino e aprendizagem

A implicação mais óbvia da teoria de Piaget para o ensino é a de que se deve respeitar o nível de desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Por exemplo, um aluno que estiver no período operacional concreto não poderá beneficiar-se de um ensino que exija raciocínios formais. Ainda que óbvia, esta implicação geralmente não é levada em conta no ensino de certas disciplinas como,

por exemplo, a Física, cujo ensino é quase sempre conduzido como se os alunos fossem todos operacionais formais.

Outra consequência clara é a do conflito cognitivo. Segundo a teoria piagetiana, o sujeito, interagindo com o mundo, constrói esquemas de assimilação com os quais, então, assimila situações conhecidas. Quando a situação é nova é preciso acomodar, ou seja, reformular um esquema de assimilação, construir um novo esquema, ou abandonar a tarefa. O ensino, em consequência, deve provocar conflitos cognitivos, quer dizer, propor situações para as quais os esquemas dos alunos não funcionem, de modo a provocar a necessidade de construção de novos esquemas. Em termos técnicos, dir-se-ia que o ensino deve conduzir à equilíbrio majorante e, portanto, a aprendizagens. No entanto, se o conflito cognitivo for muito acentuado poderá ocorrer a equilíbrio minorante, isto é, o aprendiz buscará o equilíbrio cognitivo através da "não-aprendizagem", da não-modificação ou não-enriquecimento de seus esquemas de assimilação.

Portanto, a desequilíbrio cognitiva é necessária, mas não pode ser tão grande que não leve à equilíbrio majorante.

A teoria de Piaget tem ainda muitas outras implicações para o ensino decorrentes, por exemplo, da causalidade, da teoria da atribuição, da idéia de ação. Ou, pelo menos, para interpretar o que está acontecendo em termos de aprendizagem cognitiva em decorrência do ensino. As consequências destacadas nos parágrafos anteriores foram apenas as mais imediatas. Há muitas outras, como é o caso dos modelos mentais causais tão necessários para a compreensão de certos sistemas físicos, ou de dispositivos eletro-mecânicos.

O mapa conceitual apresentado na Figura 1 procura esquematizar a breve introdução à teoria de Piaget feita neste texto. Observe-se que nele sugere-se que os conceitos de *organização*, *assimilação*, *acomodação* e *adaptação* constituem o “núcleo firme”, o centro, da teoria. Outros conceitos-chave aparecem também grifados.

Bibliografia

- Ginsburg, H. P. & Opper, S. (1988). *Piaget's theory of intellectual development*. New Jersey: Prentice Hall. 264p.
- MacShane, J. (1991). *Cognitive development: an information processing approach*. Oxford: Basil Blackwell Ltd. 394p.
- Moreira, M.A. (2011). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 2ª ed. ampl. 242p.
- Parrat-Dayán, S. (1998). La teoría de Piaget sobre la causalidad. In Moreno Marimón, M. et al. *Conocimiento y Cambio*. Barcelona: Paidós. pp. 21-30.

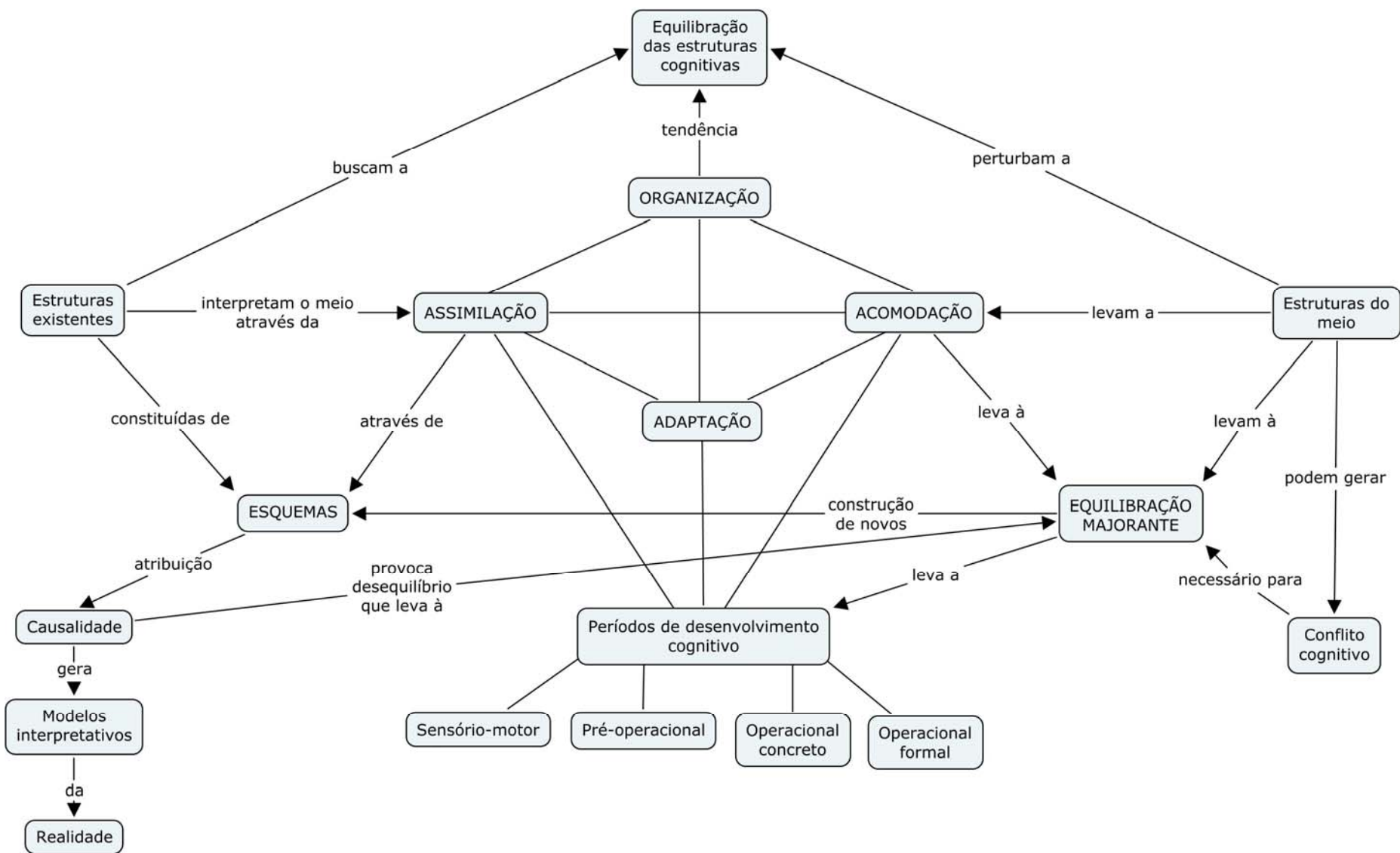


Figura 1: Um mapa conceitual para o construtivismo de Piaget.

O Construtivismo de Vygotsky

Para **Lev Vygotsky** (1896-1934), o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural no qual ocorre. Os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo) do indivíduo têm origem em processos sociais. O desenvolvimento desses processos no ser humano é *mediado* por instrumentos e signos construídos social, histórica e culturalmente no meio social em que ele está situado.

Não se trata, no entanto, de apenas considerar o meio social como uma variável importante no desenvolvimento cognitivo. Na perspectiva de Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais. Não é através do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo torna-se capaz de socializar, é através da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores. (Driscoll, 1995, p. 229).

Mediação

Mas como se convertem, no indivíduo, as relações sociais em funções psicológicas? A resposta está na mediação ou atividade mediada indireta. É através da mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais (Garton, 1992, p. 89). Quer dizer, a conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada e essa mediação inclui o uso de *instrumentos e signos*. Esse processo de interiorização implica uma mediação essencialmente humana e semiótica na qual a linguagem e, em particular, a palavra, é essencial. A palavra é o material privilegiado, é o elemento comum entre locutor e interlocutor, é uma amálgama de pensamento e linguagem, está sempre carregada de conteúdo ou de sentido ideológico, é uma espécie de *molécula do pensamento verbal*, i.e., *da intersecção entre pensamento e fala* (Tunes, 2000, p. 38). *A palavra está presente em todos os atos de compreensão e em todos os atos de interpretação. Todos os signos não verbais, embora não possam ser substituídos por palavras, "banham-se no discurso", apoiam-se nas palavras e são acompanhados por elas... a palavra não é uma coisa que o indivíduo possui, mas é mediação, elemento móvel e mutável na dinâmica das interações verbais* (Smolka, 2000, p. 65).

Instrumentos e signos

Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma coisa. O arado, por exemplo, é um instrumento. Os ícones, usados nos computadores, são signos; as palavras são signos linguísticos. A linguagem é um sistema articulado de signos; a matemática também.

As sociedades constroem instrumentos e sistemas de signos; ambos são construídos ao longo da história dessas sociedades e modificam, influenciam, seu desenvolvimento social e cultural. É através da apropriação (internalização) dessas construções sócio-históricas e culturais, via *interação social*, que o indivíduo se desenvolve cognitivamente. Quanto mais ele vai utilizando signos e sistemas de signos, tanto mais vão se modificando, fundamentalmente, as operações psicológicas que ele é capaz. Da mesma forma, quanto mais instrumentos ele vai aprendendo a usar tanto mais se amplia a gama de atividades nas quais pode aplicar suas novas funções psicológicas. O

desenvolvimento das funções mentais superiores passa, então, necessariamente, por uma fase externa. No desenvolvimento cognitivo de uma criança, toda função aparece duas vezes – primeiro em nível social e, depois, em nível individual – primeiro entre pessoas (interpessoal, interpsicológica) e depois se dá no interior da própria criança (intrapessoal, intrapsicológica). Para Vygotsky, todas as funções mentais superiores se originam como relações entre seres humanos.

Interação social

A interação social é o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído. Essa interação implica um mínimo de duas pessoas intercambiando *significados*; implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes desse intercâmbio, trazendo a ele diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos. Crianças, adolescentes, adultos, moços e velhos, geralmente não vivem isolados; estão permanentemente interagindo socialmente em casa, na rua, na escola, no trabalho. Vygotsky considera esta interação fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo.

Significados

Diretamente relacionada com a interação social está a aquisição de significados. Signo é alguma coisa que significa outra coisa. As palavras, como já foi dito, são signos linguísticos. Gestos também são exemplos de signos. Os significados de palavras e gestos são construídos socialmente e, por isso mesmo, são contextuais. Determinada palavra, em outra língua pode não significar nada ou ter significado distinto. Gestos que têm um significado em uma cultura podem não tê-lo em outra. Todos significados são contextuais.

Por outro lado, dentro de um mesmo contexto, de uma mesma cultura, por exemplo, ou de uma mesma língua, determinados signos não significam nada (a rigor, não são signos) para um indivíduo que jamais teve oportunidade de captar significados para tais signos em interações sociais. A internalização (reconstrução interna) de signos é fundamental para o desenvolvimento humano, mas para isso o ser humano tem que passar a compartilhar significados já aceitos no contexto social em que se encontra, ou já construídos social, histórica e culturalmente. Percebe-se aí a importância crucial da interação social, pois é através dela que a pessoa pode captar significados e certificar-se que os significados que está captando são aqueles compartilhados socialmente para os signos em questão. Em última análise, portanto, a interação social implica, sobretudo, intercâmbio de significados. Para que uma criança, ou um adulto, internalize determinado signo é indispensável que o significado desse signo lhe chegue de alguma maneira (tipicamente através de outra pessoa) e que ela ou ele tenha oportunidade de verificar (tipicamente externalizando para outra pessoa) se o significado que captou (para o signo que está reconstruindo internamente) é socialmente compartilhado.

Para Vygostky, significado não é o mesmo que sentido. Para ele, o *sentido é a soma dos eventos psicológicos que a palavra evoca na consciência. É um todo fluido e dinâmico, com zonas de estabilidade variável, uma das quais, a mais estável e precisa, é o significado que é uma construção social, de origem convencional (ou sócio-histórica) e de natureza relativamente estável* (Pino Sigardo, 2000, p. 45).

A fala

A linguagem é, para Vygotsky, o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo do ser humano porque o libera dos vínculos contextuais imediatos. O desenvolvimento dos processos mentais superiores depende de descontextualização e a linguagem serve muito bem para isso na medida em que o uso de signos linguísticos (palavras, no caso) permite que o indivíduo se afaste cada vez mais de um contexto concreto. O domínio da linguagem abstrata descontextualizada, flexibiliza o pensamento conceitual e proposicional.

Naturalmente, a fala é extremamente importante no desenvolvimento da linguagem. Portanto, na visão de Vygotsky, o desenvolvimento da fala é um marco fundamental no desenvolvimento cognitivo: *O momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, até então duas linhas completamente independentes, convergem* (Vygotsky, 1988, p. 27).

A inteligência prática se refere ao uso de instrumentos e a inteligência abstrata à utilização de signos e sistemas de signos, dos quais a linguagem é o mais importante para o desenvolvimento cognitivo. Embora a inteligência prática e a fala se desenvolvam separadamente nas primeiras fases da vida da criança, elas convergem. A primeira manifestação dessa convergência ocorre quando a criança começa a falar enquanto resolve um problema prático. No entanto, para Vygotsky a fala egocêntrica é o uso da linguagem para controlar e regular o comportamento da criança e não reflete o pensamento egocêntrico (Garton, 1992, p. 93). A fala egocêntrica vem da fala social e representa a utilização da linguagem para mediar ações. Para as crianças, a fala é tão importante quanto a ação para atingir um objetivo. Elas não ficam simplesmente falando o que estão fazendo; sua fala e ação fazem parte de uma mesma função psicológica complexa, dirigida para a solução do problema. As crianças resolvem suas tarefas práticas com a ajuda da fala, assim como dos olhos e das mãos. Quanto mais complexa a ação exigida pela situação e menos direta a solução, maior a importância da fala na operação como um todo (Vygotsky, 1988, p. 28).

O desenvolvimento da linguagem no ser humano vai da fala social (linguagem como comunicação) para a fala egocêntrica (linguagem como mediadora) e desta para a fala interna. Esta, por sua vez, reflete uma independência cada vez maior em relação ao contexto extralinguístico que se manifesta através da abstração que leva à conceitualização de objetos e eventos do mundo real. A internalização da fala leva à independência em relação à realidade concreta e permite o pensamento abstrato flexível, independente do contexto externo (Garton, 1992, pp. 92-93).

Zona de desenvolvimento proximal

A zona de desenvolvimento proximal é definida por Vygotsky como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação de alguém (um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes (Vygotsky, 1988, p. 97). A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre; é dinâmica e está constantemente mudando.

Formação de conceitos

Vygotsky tem uma proposta para o processo inicial de formação de conceitos que começa na fase mais precoce da infância e se caracteriza por três formações intelectuais: 1) *agregação desorganizada ou amontoado* na qual a criança agrupa objetos desiguais de maneira desorganizada, difusa, por tentativa e erro, determinada em grande medida visualmente pela posição espacial de objetos; 2) *pensamento por complexos* na qual os objetos já são agrupados não somente por impressões subjetivas da criança, mas também por relações que de fato existem entre os objetos; é a fase dos pseudoconceitos; 3) *conceitos potenciais* que requerem a abstração de algum traço comum a diferentes objetos, mas esse traço abstrato é instável e facilmente cede lugar a outros traços. A convergência ou fusão desses processos progressivamente gera a formação de conceitos.

Aprendizagem e ensino

Desde o momento em que o desenvolvimento das funções mentais superiores exige a internalização de instrumentos e signos em contextos de interação, a aprendizagem se converte em *condição* para o desenvolvimento dessas funções, desde que se situe precisamente na zona de desenvolvimento potencial do sujeito (Rivière, 1987, p. 96). Em outras perspectivas teóricas, o desenvolvimento cognitivo tem sido interpretado como necessário para a aprendizagem, ou tomado quase como sinônimo. Na de Vygotsky, a aprendizagem é que é necessária para o desenvolvimento.

A interação social que provoca a aprendizagem deve ocorrer dentro da zona de desenvolvimento proximal, mas, ao mesmo tempo, tem um papel importante na determinação dos limites dessa zona. O limite inferior é, por definição, fixado pelo nível real de desenvolvimento do aprendiz. O superior é determinado por processos instrucionais que podem ocorrer no brincar, no ensino formal ou informal, ou no trabalho. Independentemente do contexto, o importante é a interação social (Driscoll, 1995, p. 233).

Para Vygotsky, o único bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e o lidera. Analogamente, a única boa aprendizagem é aquela que está avançada em relação ao desenvolvimento. A aprendizagem orientada para níveis de desenvolvimento já alcançados não é efetiva do ponto de vista do desenvolvimento cognitivo do aprendiz.

Interpretando o papel do professor na perspectiva de Vygotsky, podemos vê-lo como um mediador indispensável. Na interação social que deve caracterizar o ensino, o professor é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo. Em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto da matéria de ensino, para determinado signo -- da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então, de alguma maneira "devolver" ao professor o significado que captou. O professor nesse processo é responsável por verificar se o significado que o aluno captou é aceito, compartilhado socialmente. A responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e que são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. O ensino se consuma quando o professor e aluno compartilham significados.

Esta visão de ensino como uma busca de congruência de significados tem sido defendida em tempos recentes por D.B. Gowin (1981), mas podemos encontrá-la, muito antes, em Vygotsky. Naturalmente, nesse processo o professor pode também aprender, na medida em que clarifica ou incorpora significados à sua organização cognitiva, mas enquanto professor, ele ou ela, está em

posição distinta do aluno no que se refere ao domínio de instrumentos, signos e sistemas de signos contextualmente aceitos que já internalizou e que o aluno deverá ainda internalizar.

Este modelo de intercâmbio de significados pouco ou nada diz sobre como se dá a internalização, mas deixa claro que esse intercâmbio é fundamental para a aprendizagem e, conseqüentemente, na óptica de Vygotsky, para o desenvolvimento cognitivo. Sem *interação social*, ou sem *intercâmbio de significados*, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que *todos* envolvidos no processo ensino-aprendizagem *devam falar e tenham oportunidade de falar*.

A mudança conceitual é claramente interpretável nessa perspectiva: implica internalização (reconstrução interna) de novos significados, delimitação do foco de conveniência de outros, talvez abandono de alguns, possível coexistência de significados incompatíveis. Enfim, um processo complexo, evolutivo, com muitos matizes contextuais que depende vitalmente de interação social e intenso intercâmbio de significados.

O mapa conceitual apresentado na Figura 1 é uma tentativa de diagramar conceitualmente a rápida introdução à teoria de Vygotsky feita neste texto. O mapa tem uma espécie de eixo central destacando a importância, ou necessidade, da *reconstrução interna de instrumentos e signos* que foram construídos socialmente, culturalmente e historicamente. Nesse eixo destacam-se também a mediação da pessoa e da palavra, bem como a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) que é onde deve ocorrer essa mediação.

Bibliografia

- Driscoll, M.P. (1995). *Psychology of learning and instruction*. Boston, MA: Allyn and Bacon. 409p.
- Garton, A.F. (1992). *Social interaction and the development of language and cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 201p.
- Moreira, M.A. (2011). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 2ª ed. ampl. 242p.
- Pino Sigardo, A. (2000). O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. *Cadernos Cedes*, ano XX(24): 38-59.
- Rivière, A. (1987). *El sujeto de la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza.
- Smolka, A.L.B. (2000). Conhecimento e produção de sentidos na escola: a linguagem em foco. *Cadernos Cedes*, ano XX(35):50-61.
- Tunes, E. (2000). Os conceitos científicos e o desenvolvimento do pensamento verbal. *Cadernos Cedes*, ano XX(35): 36-49.
- Vygotsky, L.S. (1988). *A formação social da mente*. 2ª ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes.

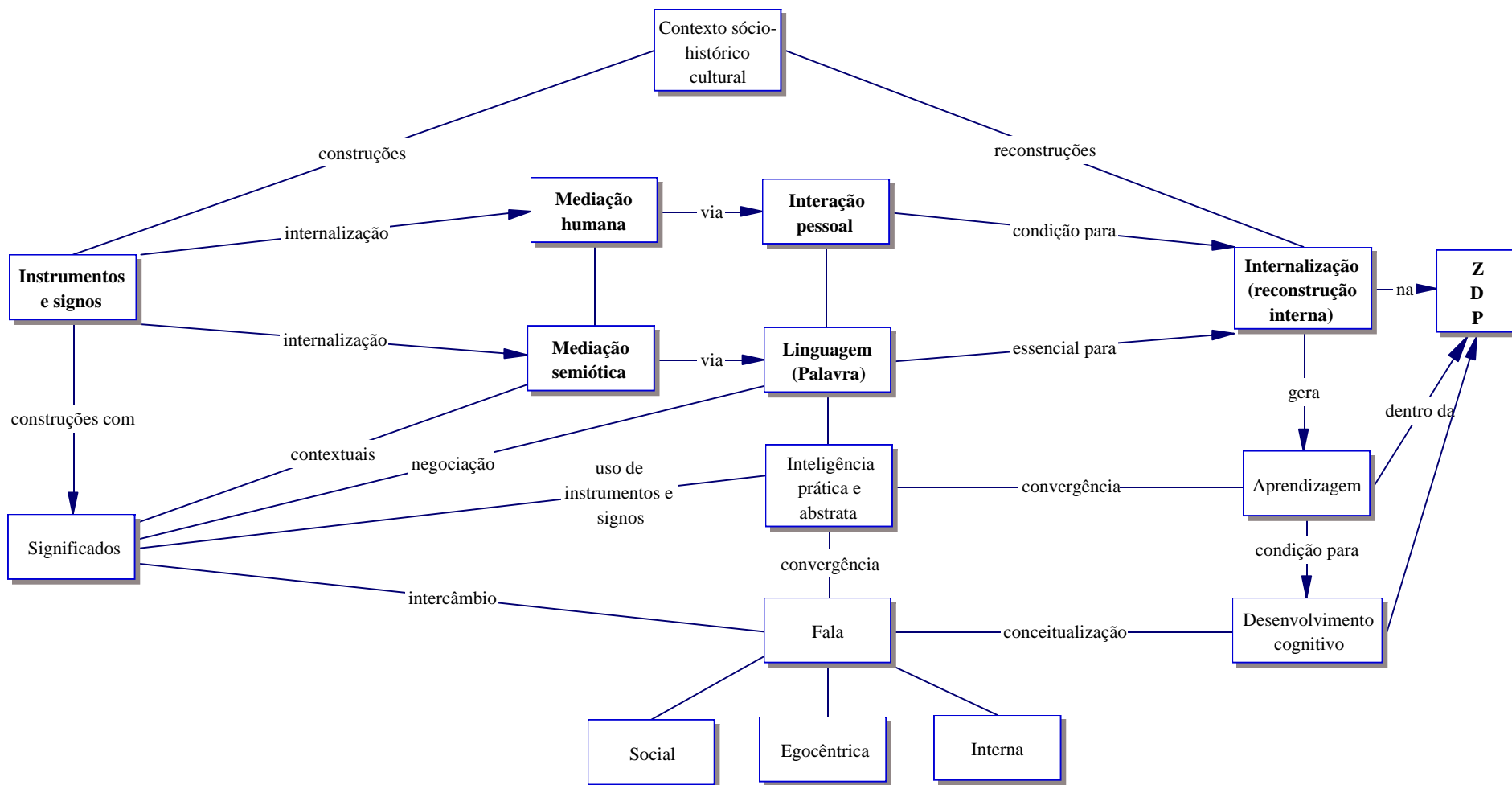


Figura 1: Um mapa conceitual para o construtivismo de Vygotsky.

A Teoria de Ensino de Bruner

Jerome Bruner talvez seja mais conhecido por ter dito que *é possível ensinar qualquer assunto, de maneira honesta, a qualquer criança, em qualquer estágio de seu desenvolvimento* (1969, 1973, 1976) do que por qualquer outro aspecto de sua teoria. Ao dizer isso, no entanto, não quis dizer que esse assunto possa ser ensinado em sua forma final, mas sim que é sempre possível ensiná-lo levando em consideração as diversas etapas de desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Para ele, cada uma dessas etapas se caracteriza por um modo particular de representação que é a forma através da qual o indivíduo percebe o mundo e o explica a si mesmo. Assim, a tarefa de ensinar determinado conteúdo a uma criança, em qualquer idade, é a de representar a estrutura desse conteúdo em termos da percepção que ela tem das coisas.

Para Bruner, o relevante na matéria de ensino é sua estrutura, suas ideias e relações fundamentais. Esta é, aparentemente, a principal proposta de Bruner sobre o que ensinar. A respeito da questão de como ensinar, Bruner destaca o processo de descobrimento, através de exploração de alternativas, e o currículo em espiral. Segundo ele, o ambiente ou os conteúdos de ensino têm que ser percebidos pelo aprendiz em termos de problemas, relações e lacunas que deve preencher a fim de que a aprendizagem seja considerada significativa e relevante. Currículo em espiral, por sua vez, significa que o aprendiz deve ter oportunidade de ver o mesmo tópico mais de uma vez em distintos níveis de profundidade e modos de representação.

Desenvolvimento intelectual

A ideia de desenvolvimento intelectual ocupa um lugar fundamental na teoria de Bruner, pois, para ele "ensinar é, em síntese, um esforço para moldar o desenvolvimento" e "uma teoria de ensino versa, com efeito, sobre as várias maneiras de auxiliar o desenvolvimento" (1969, p.15). Ao se referir à natureza do desenvolvimento intelectual, ele considera, entre outros, os seguintes aspectos (1969, pp. 19-21):

O desenvolvimento intelectual caracteriza-se por independência crescente da resposta em relação à natureza imediata do estímulo... baseia-se em absorver eventos, em um sistema de armazenamento que corresponde ao meio ambiente... é caracterizado por crescente capacidade para lidar com alternativas simultaneamente, atender a várias seqüências ao mesmo tempo, e distribuir tempo e atenção, de maneira apropriada, a todas essas demandas múltiplas.

Do ponto de vista de Bruner, uma questão básica relativa ao desenvolvimento é a da **representação**, ou seja, o indivíduo ao se desenvolver deve adquirir meios de **representar** o que ocorre no seu ambiente. Deve ser capaz de conservar em um modelo a experiência decorrente da estimulação do meio, e também de recuperar a informação através desse mesmo modelo. De maneira um tanto análoga aos períodos do desenvolvimento propostos por Piaget (sensório-motor, pré-

¹ Texto de Apoio preparado para a disciplina de pós-graduação Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior, Instituto de Física, UFRGS, 2008. Adaptado de Moreira, M.A. (1995) Monografia nº 5 da **Série Enfoques Teóricos**. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS. Originalmente divulgada, em 1980, na série "Melhoria do Ensino", do Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino Superior (PADES)/UFRGS, Nº 13. Publicada, em 1985, no livro "Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos", São Paulo, Editora Moraes, pp. 37-47. Revisada em 1995; Carlos Alberto dos Santos, Professor do IFUFRGS, é co-autor da versão original.

operacional, operacional concreto e operacional formal), Bruner distingue três modos de representação do mundo pelos quais passa o indivíduo:

1º - **Representação ativa:** neste estágio o trabalho mental da criança consiste principalmente em estabelecer relações entre a experiência e a ação; seu interesse consiste em manipular o mundo por meio da ação (1973, p. 32). Esta etapa corresponde aproximadamente ao período compreendido entre a aquisição da linguagem e a época em que a criança começa a aprender a manipular símbolos. É, pois, característica da criança em idade pré-escolar. Neste estágio é extremamente difícil ensinar certas ideias físicas, como a conservação da massa, porque falta à criança aquilo que a escola de Genebra denominou de reversibilidade. Assim, a criança não consegue entender que a massa e o peso de um objeto se conservam, mesmo quando se altera a forma deste objeto.

2º - **Representação icônica:** neste estágio, a criança já está na escola; trata-se de um estágio operacional (concreto), contrariamente ao anterior que era meramente ativo (pré-operacional). É operacional no sentido de manipulação direta de objetos, ou interna, como quando se manipula mentalmente símbolos que representam coisas e relações. De um modo geral, uma "operação" é uma maneira de obter, na mente, dados sobre o mundo real de modo que possam ser organizados e utilizados seletivamente da solução de problemas. Uma operação pode, neste estágio, ser uma ação, mas difere da ação típica do estágio anterior porque agora é interiorizada e reversível. Interiorizada, porque a criança já não precisa resolver um problema através de um processo direto de ensaio e erro, mas pode realmente efetuar-lo em sua mente. Reversível, porque uma operação pode ser compensada pela operação inversa. Se dividirmos um conjunto de bolinhas de gude em subconjuntos, a criança pode compreender intuitivamente que o conjunto original pode ser restabelecido juntando os subconjuntos (1973, p. 34).

3º - **Representação simbólica:** corresponde ao período designado como das "operações formais" pela escola de Genebra. No primeiro estágio (ativo), a criança era capaz de resolver seus problemas pela ação pura e simples. Ela possuía um modo de representação ativo. No segundo, ela já era capaz de interiorizar a ação e as tentativas de resolução de um problema podiam ser feitas mentalmente. No entanto, seu poder simbólico era limitado. A criança era capaz de estruturar apenas a realidade imediatamente presente, não estando inteiramente apta a tratar de possibilidades novas. Somente no terceiro estágio que isso se dá.

Depreende-se desses três modos de representação que os indivíduos passam por três estágios de processamento e representação de informações – um caracterizado pelo manuseio e ação, outro pela organização perceptiva e imagens, e o terceiro pela utilização de símbolos. Segundo Bruner, não são exatamente "estágios", mas sim fases internas do desenvolvimento. Embora estas fases se desenvolvam sequencialmente elas não substituem uma a outra. Como adultos, continuamos a representar tanto ativa como icônica e simbolicamente, porém predominantemente nesta última forma.

Características de uma teoria de ensino

Bruner argumenta que as teorias psicológicas de aprendizagem e desenvolvimento são descritivas, enquanto que uma teoria de ensino deve, além de levar em conta tais teorias, ser prescritiva. Deve principalmente concentrar-se em como otimizar a aprendizagem, facilitar a transferência ou a recuperação de informações. Deve também estabelecer regras concernentes à melhor maneira de obter conhecimentos e técnicas. Ele distingue quatro características principais de uma teoria de ensino (1976, p. 48):

Em primeiro lugar, deve apontar as experiências mais efetivas para implantar em um indivíduo a predisposição para a aprendizagem – aprendizagem em geral, ou qualquer caso particular dela... deve, em segundo lugar, especificar como deve ser estruturado um conjunto de conhecimentos, para melhor ser apreendido pelo estudante. A “estrutura ótima” será constituída de uma série de proposições da qual poderá decorrer um conjunto de conhecimentos de maiores dimensões, sendo característica a dependência da sua formulação para com o grau de adiantamento do campo particular do conhecimento... em terceiro lugar, uma teoria de ensino deverá citar qual a sequência mais eficiente para apresentar as matérias a serem estudadas. Se alguém quer ensinar a estrutura da teoria da Física Moderna, como deve fazê-lo?... deve, finalmente, uma teoria da instrução deter-se na natureza e na aplicação dos prêmios e punições, no processo de aprendizagem e ensino. Intuitivamente parece claro que, com o progresso da aprendizagem, chega-se a um ponto em que é melhor abster-se de premiações extrínsecas – como elogios do professor, em favor da recompensa intrínseca, inerente à solução de um problema complexo.

Cada uma destas características será discutida, com algum detalhe, a seguir:

Predisposições

Embora reconheça a grande influência de fatores culturais, motivacionais e pessoais no desejo de aprender e de tentar solucionar problemas, Bruner concentra sua atenção na **predisposição para explorar alternativas**. Partindo da premissa que o estudo e a resolução de problemas baseiam-se na exploração de alternativas, propõe que a instrução deverá facilitar e ordenar tal processo por parte do aluno. Existem três fatores envolvidos no processo de exploração de alternativas: **ativação**, **manutenção** e **direção**. A ativação é aquilo que dá início ao processo, a manutenção o mantém e a direção evita que ele seja caótico.

Bruner, portanto, enfatiza a aprendizagem por descoberta, porém de uma maneira "dirigida" de modo que a exploração de alternativas não seja caótica ou cause confusão e angústia no aluno. Se, por um lado, um guia de laboratório ou um roteiro de estudo, por exemplo, não devem ser do tipo "receita de cozinha", por outro, não devem também ser totalmente desestruturados deixando o aluno "perdido". Deve haver um compromisso entre instruções detalhadas a serem seguidas passo a passo e "instruções" que deixam o aluno sem saber o que fazer. As instruções devem ser dadas de modo a explorar alternativas que levem à solução do problema ou a "descoberta".

Estrutura e forma de conhecimento

A estrutura de uma matéria apresenta, segundo Bruner, três características fundamentais, todas elas ligadas à habilidade do estudante para dominar o assunto: *formas de representação, economia e potência efetiva*.

As *formas de representação* já foram apresentadas no item do desenvolvimento intelectual. Como vimos, existem três tipos de representação: *ativa, icônica e simbólica*. A economia na representação de um domínio de conhecimento está relacionada com a quantidade de informação a ser conservada na mente e a ser processada para se resolver algum problema, ou entender novas proposições. A *potência efetiva* de uma estruturação é caracterizada pela capacidade de um estudante para relacionar assuntos aparentemente distintos.

Sequência e suas aplicações

A questão da sequência na aprendizagem, parece ser intuitiva para grande maioria dos que lidam com o ensino. Parece que a diferença entre Bruner e outros autores, neste particular, refere-se ao fato de que ele formaliza a questão, e a coloca em termos operacionais. Assim, ele identifica: *cabedal de informações, estágio de desenvolvimento, natureza da matéria e diferenças individuais*, como variáveis importantes no estabelecimento da sequência de uma matéria. Outro vínculo importante é a necessidade de se considerar o processo da descoberta, ou seja, “na sequência do material a ser aprendido deve-se deixar a possibilidade de exploração de alternativas”.

Forma e distribuição do reforço

Embora argumente que uma teoria da instrução deva deter-se também na natureza e na aplicação dos prêmios e punições no processo de aprendizagem e ensino, Bruner não encara o reforço da mesma maneira como ele é visto numa abordagem comportamentalista. Do ponto de vista behaviorista, o reforço tem um papel fundamental, pois o comportamento é modificado por consequências recompensadoras ou punitivas. Para Skinner, por exemplo, não é a presença do estímulo ou da resposta que leva à aprendizagem, mas sim a presença das contingências de reforço. Bruner, por sua vez, refere-se ao reforço no sentido de que "a aprendizagem depende do conhecimento de resultados, no momento e no local em que ele pode ser utilizado para correção. A instrução aumenta a oportunidade do conhecimento corretivo. O conhecimento dos resultados terá utilidade ou não, conforme receba o estudante, em tempo e local apropriados, a informação corretiva, explicadas as condições em que poderá usá-la, e da forma em que a recebe" (1969, p. 67). Para ele, "na medida em que a criança se desenvolve e aprende a pensar de maneira simbólica, e assim a representar e transformar o ambiente, aumenta a motivação de competência, que ganha mais controle sobre o comportamento e, assim, reduz os efeitos do reforço secundário ou de gratificação... O processo deve levar o estudante a desenvolver seu autocontrole e se auto-reforçar a fim de que a aprendizagem seja reforço de si própria" (Oliveira, 1973, pp. 35 e 122).

Conclusão

Como foi dito na introdução deste trabalho, Bruner, tanto em "O processo da educação" (1973), como em "Uma nova teoria de aprendizagem" (1969, 1976), destaca o papel da estrutura da matéria de ensino, suas relações e ideias fundamentais. Entretanto, dez anos após a publicação do primeiro desses livros, nos Estados Unidos, ele procura justificar o porquê dessa ênfase no ensino da estrutura do conhecimento, argumentando que essa era a ideia que prevalecia na época (fim dos anos 50 e início dos 60). Isto é, se o indivíduo entendesse a estrutura do conhecimento, esse entendimento permitir-lhe-ia prosseguir por si mesmo; não era necessário encontrar tudo na natureza para conhecê-la, pois a compreensão de alguns princípios mais significativos permitiria a extrapolação para situações particulares. Conhecendo a estrutura de um certo assunto, saber-se-ia muito sobre esse assunto ao mesmo tempo que pouca coisa teria que ficar guardada na mente.

Entretanto, essa idéia supunha, implicitamente, que a motivação dos alunos era natural, i.e., eles estavam naturalmente motivados para aprender, o problema era ensiná-los adequadamente (ênfaticamente a estrutura do conteúdo e aprendizagem por descoberta). Supunha também que todos os alunos submetidos aos novos currículos baseados na estrutura das disciplinas tinham já certas habilidades analíticas trazidas "de casa". Tais suposições, no entanto, eram falsas: os alunos não estavam naturalmente motivados e, dependendo do meio sócio-econômico de origem, não tinham as habilidades esperadas.

Esses e outros argumentos levaram Bruner à conscientizar-se de que a educação não é neutra nem isolada, e sim profundamente política. Por isso, disse ele que, dez anos depois de "O processo da educação", ficaria muito satisfeito em declarar, se não uma moratória, pelo menos algo como uma "desênfase" no ensino da estrutura das disciplinas em favor de ensiná-las no contexto dos problemas com os quais se defronta a sociedade.

Bruner é também um dos autores da chamada "revolução cognitiva", se aceitarmos que a Psicologia Cognitiva "nasceu" em um encontro realizado no M.I.T., em 1956, do qual, além dele, participaram Noam Chomsky, George Miller, Herbert Simon e alguns outros nomes muito conhecidos na área.

Neste texto, o "cognitivismo de Bruner" ficou quase que restrito aos modos de representação pelos quais o sujeito passa ao longo de seu desenvolvimento intelectual – *ativo, icônico e simbólico* – nos quais percebe-se uma clara influência piagetiana. Aliás, na prática, nos meios educacionais, Bruner é conhecido por estes modos representacionais e por termos como *currículo em espiral e aprendizagem por descoberta*.

Contudo, há não muito tempo, Bruner publicou dois livros onde enfoca, sobretudo, a mente humana: *Actual minds, possible worlds*, 1986 e *Acts of meaning*, 1990. Segundo Olson (1992), nesses livros, Bruner defende, e contribui para, uma "ciência da mente" (i.e., uma psicologia) ideal que seria uma ciência de significados e intenções, não de respostas e comportamentos; que estaria ocupada com a estrutura e o crescimento do conhecimento, não com o processamento de informações; que se referiria à mente em um contexto interpessoal, social e cultural, não como processos internos do indivíduo; que se dedicaria à consciência e à subjetividade, não ao que a pessoa disse ou fez, mas àquilo que ela **pensou** que disse ou que fez (op. cit., p. 29).

Ao adotar esta "psicologia ideal", Bruner critica sua própria visão piagetiana anterior, na qual a criança é um construtor "solista" – que constrói em níveis cada vez mais elevados de representação – e, pagando tributo a Lev Vygotsky, reconhece que a criança raramente constrói por si só, mas sim através de uma intencionalidade compartilhada (ibid., p. 31): tudo o que "entra" na consciência é o que foi "acordado" interpessoalmente; somente aquilo que a criança pode assegurar "concordância compartilhada" torna-se parte de sua representação do mundo. Sem dúvida, uma visão vygotskyana.

Estes comentários finais sobre posicionamentos recentes de Bruner foram feitos para dar ao leitor uma noção da amplitude e da evolução da obra de Bruner. Reitera-se, no entanto, que, ao longo de todo este texto, essa obra foi abordada superficialmente e podem ter ocorrido distorções e/ou omissões. Por isso, recomenda-se ao leitor interessado que recorra à bibliografia indicada. A Figura 1 é um mapa conceitual para a teoria de Bruner na perspectiva de suas obras iniciais.

Referências

- Bruner, J. S. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, MA. Harvard University Press. 201p.
- Bruner, J.S. (1973). *O processo da educação*. São Paulo, Nacional. 87p.
- Bruner, J.S. (1969). *Uma nova teoria de aprendizagem*. Rio, Bloch (1ª ed.), 1976 (2ª ed.). 191p.
- Bruner, J.S. (1971). *The process of education revisited*. Phi Delta Kappan, September, 1971. pp.18-21.
- Lefrançois, G. R. (1982). *Psychological theories and human learning*. Monterey, Cal., Brooks/Cole Publishing Co. (2nd ed.). 348p.
- Oliveira, J.B.A. (1973). *Tecnologia educacional*. Rio, Vozes (2ª ed), 1975 (3ª ed). 223p.
- Olson, D. R. (1992). The mind according to Bruner. *Educational Researcher*, 21(4): 29-31.

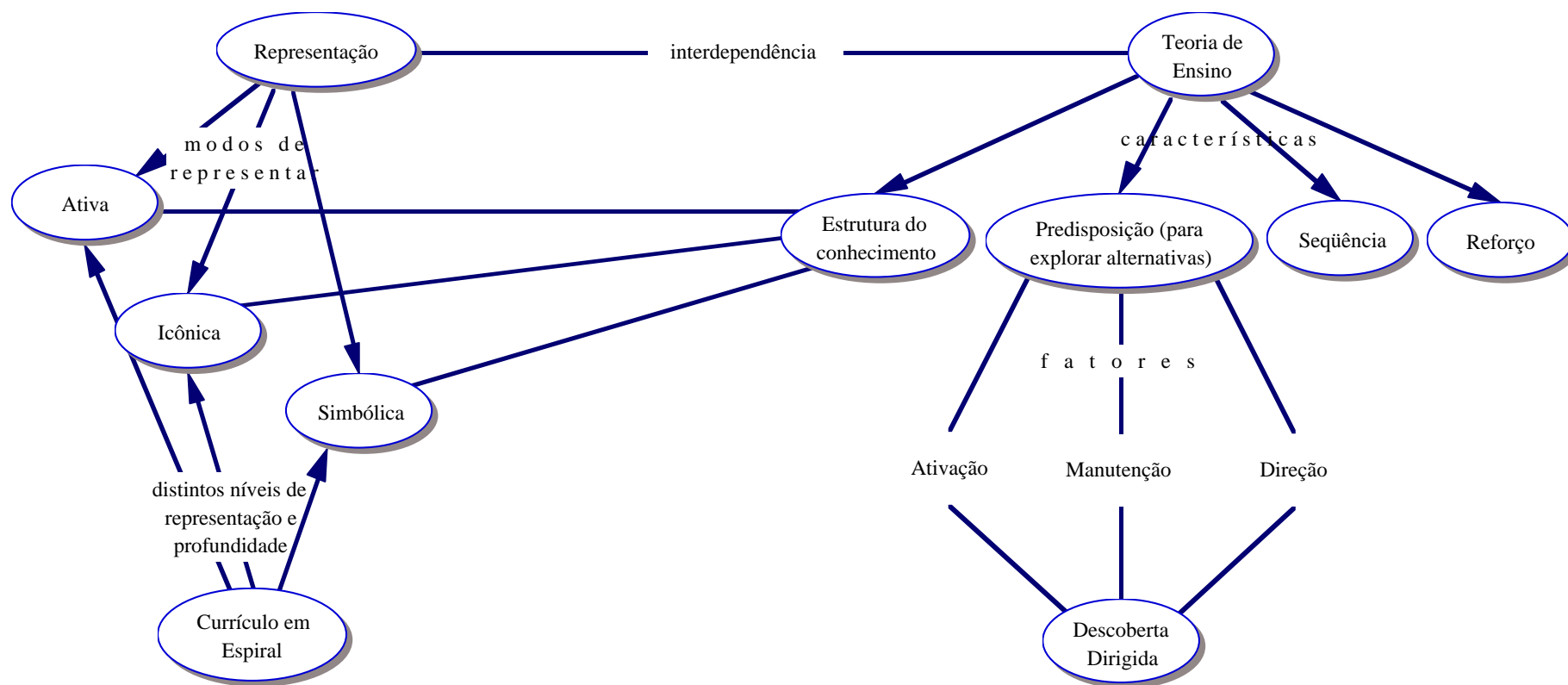


Figura 1 - Um mapa conceitual para a teoria de Bruner, destacando a representação e seus modos, o ensino e suas características, o currículo em espiral e a descoberta dirigida, como conceitos-chave dessa teoria.

O Construtivismo de Ausubel

A *idéia básica* da teoria da aprendizagem significativa de **David Ausubel** (1918-2008) é a de que se fosse possível isolar um único fator como o mais importante para a aprendizagem cognitiva este seria aquilo que o aprendiz já sabe, ou seja, o conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva com clareza, estabilidade e diferenciação; conseqüentemente, o ensino deveria levar em conta tal conhecimento e, para isso, seria necessário averiguá-lo previamente. O *conceito-chave* da teoria é o próprio conceito de *aprendizagem significativa*. Naturalmente, aprendizagem significativa é aprendizagem com significado; no entanto, a proposta original de Ausubel (1963, 1968, 1978) vai muito além desta tautologia.

Aprendizagem significativa

Aprendizagem significativa é aquela em que o significado do novo conhecimento vem da interação com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva¹ do aprendiz com um certo grau de estabilidade e diferenciação. Nesta interação, não só o novo conhecimento adquire significado mas também o conhecimento anterior fica mais rico, mais elaborado, adquire novos significados. *Interação* (entre conhecimentos novos e prévios) é a característica chave da aprendizagem significativa.

Na interação que caracteriza a aprendizagem significativa, o novo conhecimento deve relacionar-se de maneira *não-arbitrária* e *substantiva* (não ao pé da letra) com aquilo que o aprendiz já sabe e este deve apresentar uma *predisposição* para aprender.

A aprendizagem significativa implica a aquisição de novos significados e, reciprocamente, estes são produto da aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa x aprendizagem mecânica

Aprendizagem mecânica é aquela em que o novo conhecimento é armazenado na memória do aprendiz de maneira *literal e arbitrária*. Não há interação entre o novo conhecimento e algum aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva preexistente. O novo conhecimento não se incorpora à estrutura cognitiva nem a modifica. O aprendiz não dá significados ao que aprende, apenas armazena mecanicamente a informação que recebe.

Contudo, a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não é dicotômica. Estes dois tipos de aprendizagem estão em extremos opostos de um mesmo contínuo. Isto significa que não se deve pensar que a aprendizagem é significativa **ou** mecânica. Há casos intermediários. É possível que uma aprendizagem inicialmente mecânica passe, progressivamente, à significativa.

¹ Por estrutura cognitiva entende-se aqui o corpo de conhecimentos claro, estável e organizado que o sujeito já possui em uma certa área. Esta estrutura é, ao mesmo tempo, produto da aprendizagem significativa e a variável que mais influi na aprendizagem significativa.

Aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta

A dimensão significativa x mecânica não deve ser confundida com a dimensão receptiva x descobrimento. São dimensões independentes. Na *aprendizagem receptiva*, o novo conhecimento (i.e., a tarefa de aprendizagem) é simplesmente apresentado ao aprendiz. Seja qual for o meio de apresentação (aula, livro, computador, ...), o sujeito que aprende não precisa descobrir nada, ele ou ela tem apenas que relacionar a nova informação ativa e significativamente a aspectos relevantes de sua estrutura cognitiva e retê-la para recordá-la ou reconhecê-la posteriormente ou como base para a aprendizagem de novo material relacionado (Ausubel et al., 1983, p. 17). Na *aprendizagem por descoberta*, o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto de maneira independente antes que possa ser relacionado à estrutura cognitiva de maneira não-arbitrária e substantiva para que ocorra a aprendizagem significativa. Quer dizer, tanto a aprendizagem receptiva como a aprendizagem por descoberta podem ser significativa ou mecânica. O que determina a significatividade da aprendizagem de um novo conhecimento não é a maneira como o aprendiz tem acesso, por recepção ou descoberta, a tal conhecimento mas o modo como ele é relacionado – literal ou substantivo, arbitrário ou não – à estrutura cognitiva do aprendiz.

Subsunçores

Segundo Ausubel, a essência do processo de aprendizagem significativa reside em que ideias expressas simbolicamente são relacionadas de uma maneira não-arbitrária e não-literal com aquilo que o aprendiz já sabe, ou seja, com algum aspecto existente, e especificamente relevante, de sua estrutura cognitiva preexistente, como uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição (op. cit., p. 48).

Este aspecto já existente na estrutura cognitiva e que pode ser um conceito, uma proposição, uma imagem, um símbolo, enfim um conhecimento específico, com pelo menos alguma clareza, estabilidade e diferenciação é o que se chama de *subsunçor*.

A estrutura cognitiva seria, então, um conjunto de subsunçores e suas inter-relações. A disponibilidade de subsunçores adequados (i.e., especificamente relevantes) é condição necessária para a aprendizagem significativa (mas não suficiente, pois o aprendiz deve apresentar também uma atitude de relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios).

Tipos de aprendizagem significativa

Há duas tipologias, não excludentes, de aprendizagem significativa: a primeira se refere ao que se aprende (representações, conceitos ou proposições) e a segunda a como se aprende (por subordinação, superordenação ou combinação).

Aprendizagem representacional (de representações) é aquela em que símbolos arbitrários passam a representar seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Símbolos isolados (geralmente palavras) passam a significar as mesmas coisas que seus referentes ou a produzir o mesmo conteúdo cognitivo produzido pelos referentes. A *aprendizagem conceitual* (de conceitos) é também uma aprendizagem de representações, pois conceitos também são representados por símbolos isolados (palavras-conceito, nome dos conceitos). Porém, conceitos são genéricos, categoriais, representam regularidades em objetos, eventos, fenômenos que apresentam diversidades ao longo de distintas

dimensões, mas que compartilham certos atributos, certas características. O nome dos conceitos se adquire através da aprendizagem significativa representacional depois que seus significados tenham sido adquiridos. Na *aprendizagem proposicional* (de proposições) o significado da proposição não é simplesmente a soma dos significados das palavras (geralmente representando conceitos) que a constituem. Não se trata de estabelecer equivalências representativas, mas sim de captar o significado de idéias expressas em forma de proposições (op. cit., p. 53).

De outra perspectiva, pode-se dizer que a aprendizagem significativa é subordinada, superordenada ou combinatória. A *aprendizagem é subordinada* quando o novo conhecimento adquire significado por relacionar-se de maneira inclusiva, porém substantiva e não-arbitrária, a conhecimentos superordenados específicos (subsunçores) já existentes na estrutura cognitiva. Se o novo conhecimento é compreendido como exemplificação, corroboração, apoio, da idéia subsunçora, a aprendizagem subordinada é dita *derivativa*; se for uma extensão, elaboração, modificação, delimitação, do subsunçor, é considerada *correlativa*. Na *aprendizagem superordenada*, o novo conhecimento é aprendido significativamente através de uma relação de superordenação, ou seja, *passa a abranger* vários conceitos, proposições, ideias, já existentes na estrutura cognitiva. Finalmente, quando o novo conhecimento não guarda relações de subordinação ou superordenação com conhecimentos específicos existentes na estrutura cognitiva, quando o significado vem da interação com o conhecimento amplo, com o "background" de conhecimentos que o aprendiz tem em uma certa área, a aprendizagem é chamada de *combinatória*.

Assimilação

Para Ausubel (1983, p. 70) o resultado da interação entre o que vai ser aprendido e a estrutura cognitiva existente constitui uma *assimilação* de significados novos e antigos de modo a construir uma estrutura cognitiva mais organizada e diferenciada. A nova informação se vincula a aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva e nesse processo se modificam tanto a informação recém adquirida como a estrutura cognitiva preexistente. No caso da aprendizagem subordinada, a nova informação (novo conhecimento) se "ancora" em alguma ideia já estabelecida (subsunçor), contribuindo para sua estabilidade, elaboração, enriquecimento, modificação. Na aprendizagem superordenada, ideias já estabelecidas são reconhecidas como exemplos mais específicos da nova ideia e ficam subordinadas a ela, enquanto que na aprendizagem combinatória o novo conhecimento se relaciona com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva mas não é tido como mais específico (subordinado) ou mais abrangente (superordenado) do que eles. Em todos estes três casos, Ausubel diz que há uma *assimilação* de significados novos e antigos. Esta é sua teoria da assimilação, a qual ela considera pertencente à família das teorias cognitivistas que rejeitam o dogma comportamentalista de que não se deve especular sobre os mecanismos internos da mente (op. cit., p. 71). Cabe destacar, no entanto, que a assimilação de Ausubel não é a mesma de Piaget (p. 13). Ambos usam a mesma palavra, mas com significados distintos.

Ele acredita que exceto em crianças pequenas, em idade pré-escolar, a aquisição de conceitos é explicada por esta teoria, ou seja, a aprendizagem de conceitos se dá por assimilação. Porém, os primeiros conceitos são adquiridos pela criança através de um processo de descobrimento baseado em experiência empírico-concreta, envolvendo, pelo menos de forma primitiva, indução, análise discriminativa, abstração, diferenciação, geração e comprovação de hipóteses e generalização (ibid., p. 91). Este processo, chamado *formação de conceitos*, explica a origem dos primeiros subsunçores.

Diferenciação progressiva x reconciliação integrativa

À medida que o novo conhecimento adquire significados por interação com o conhecimento prévio este se modifica porque adquire novos significados. A ocorrência deste processo uma ou mais vezes leva à *diferenciação progressiva* do conceito ou proposição que serviu de subsunção (1978, p. 124). Quer dizer, o conhecimento prévio fica mais diferenciado, mais rico. Trata-se de um processo típico da aprendizagem significativa subordinada.

Por outro lado, na aprendizagem superordenada ou na combinatória as idéias estabelecidas na estrutura cognitiva podem ser percebidas como relacionadas e reorganizadas adquirindo assim novos significados. A essa recombinação de elementos já existentes na estrutura cognitiva, Ausubel dá o nome de *reconciliação integrativa*.

Estes são os dois processos básicos da dinâmica da estrutura cognitiva. Eles são simultâneos e relacionados. Toda aprendizagem que resultar em reconciliação integradora resultará também em maior diferenciação progressiva de conceitos ou proposições existentes. A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva que ocorre durante a aprendizagem significativa (op. cit., p. 125). O desenvolvimento desses processos pode, e deve, ser facilitado por um ensino que os tome como referente explícito, ou seja, por estratégias instrucionais que deliberadamente busquem promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Os mapas conceituais (Moreira, 2010), por exemplo, são muito úteis nesse sentido.

Condições para a aprendizagem significativa

Para que ocorra a aprendizagem significativa, o novo conhecimento deve ser relacionável de modo não-arbitrário e substantivo com o conhecimento prévio do aprendiz e este deve adotar uma atitude de aprendizagem para fazer essa relação. Em termos de ensino e aprendizagem, diz-se que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal à estrutura cognitiva do aluno e este deve buscar, deliberadamente, relacionar o novo material com aquilo que já sabe.

A significatividade potencial de um material instrucional depende de sua significatividade lógica (natureza lógica, "aprendibilidade", relacionabilidade a ideias pertinentes) e da disponibilidade de subsunções adequados na estrutura cognitiva do aprendiz.

Aprendizagem e ensino

A teoria de Ausubel é uma "teoria de sala de aula"². Para ele, a aprendizagem que ocorre na sala de aula é tipicamente receptiva³ (o aluno não precisa descobrir para aprender) e pode ser significativa na medida em que os materiais educativos forem potencialmente significativos e o aluno apresentar uma predisposição para aprender, isto é, para relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal tais materiais à sua estrutura cognitiva. O professor tem um papel extremamente

² Atualmente, seria melhor dizer uma "teoria de aquisição de um corpo organizado de conhecimentos em situação formal de ensino", presencial ou a distância.

³ Receptiva não é sinônimo de aula expositiva, pode ser através de livros, vídeos, hipertextos, etc.; desde que o aluno não tenha que descobrir para aprender, a aprendizagem será receptiva.

importante em um enfoque ausubeliano porque cabe a ele "ensinar de acordo", quer dizer, levando em conta o conhecimento prévio do aprendiz, utilizando princípios facilitadores como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa e fazendo uso de organizadores prévios para explicitar a relacionabilidade do novo material com os conceitos subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aluno. Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica estão em um contínuo distinto daquele que existe entre aprendizagem receptiva e aprendizagem por descobrimento. O que leva à aprendizagem significativa é a interação não-arbitrária e substantiva entre o novo conhecimento e aquele especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aluno, mas a ação mediadora do professor é importante para provocar, favorecer, catalisar essa interação.

A aprendizagem significativa é progressiva, ou seja, os novos conhecimentos vão se tornando significativos para o sujeito de modo progressivo. Por isso, a avaliação da aprendizagem significativa deve buscar evidências desse tipo de aprendizagem. Aprendizagem significativa implica compreensão. Portanto, a avaliação da aprendizagem significativa deve buscar evidências de compreensão, não necessariamente "respostas corretas", pois estas, muitas vezes, podem ser resultantes de aprendizagem mecânica

Para promover a diferenciação progressiva, o ensino deve ser organizado de modo que as idéias e conceitos-chave da matéria de ensino sejam introduzidos nas primeiras aulas e progressivamente diferenciados ao longo das demais. Para facilitar a reconciliação integrativa o ensino deve apontar diferenças reais ou aparentes, estabelecer semelhanças e distinções, fazer sempre referências às proposições e conceitos centrais do conteúdo curricular. Deve igualmente insistir na consolidação dos conhecimentos adquiridos, pois a aprendizagem significativa requer também prática, exercício.

Materiais introdutórios que explicitam a relacionabilidade do novo conhecimento com aquele já existente na estrutura cognitiva do aluno são muito úteis para facilitar a aprendizagem significativa. Tais materiais podem ser considerados como *organizadores prévios*.

A Figura 1 é um mapa conceitual que procura sintetizar em um diagrama, com hierarquia vertical, de cima para baixo, os principais conceitos ausubelianos abordados nesta primeira aproximação à teoria da aprendizagem significativa. Nesta hierarquia fica claro que os mapas conceituais são uma estratégia para facilitar essa aprendizagem, não devendo ser confundidos com a própria teoria.

Bibliografia

- Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning: An introduction to school learning*. New York and London: Grune and Stratton. 255p.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 685 p.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston. 733 p.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução da segunda edição de *Educational psychology: A cognitive view*. 625 p.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México, DF: Trillas. Traducción de la segunda edición de *Educational psychology: A cognitive view*.
- Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro. 109p.
- Moreira, M.A. (2011). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física. 179p.

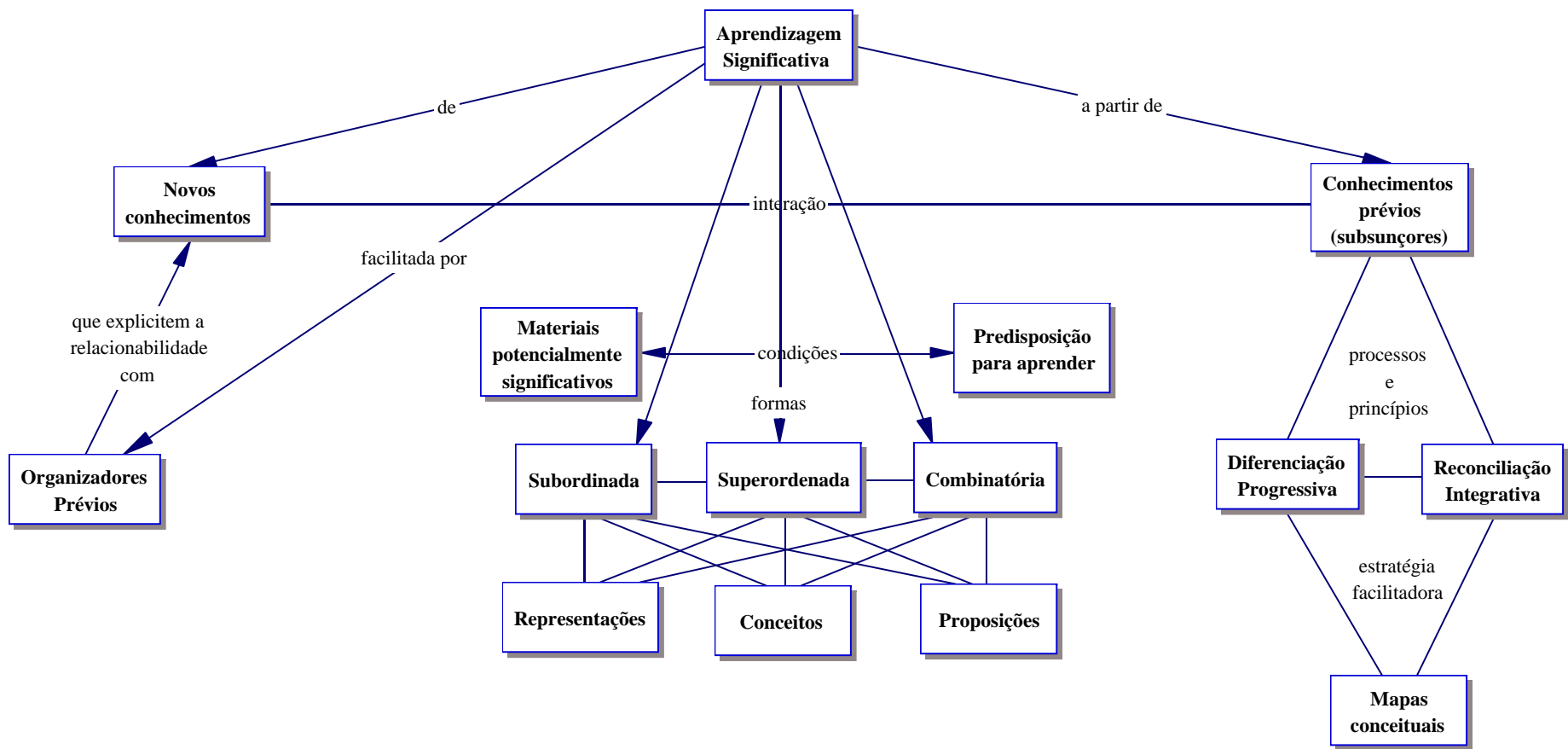


Figura 1: Um mapa conceitual para o construtivismo de Ausubel.

O Construtivismo de Vergnaud

Gérard Vergnaud, [foi diretor de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS) da França], discípulo de Piaget, amplia e redireciona, em sua teoria, o foco piagetiano das operações lógicas gerais, das estruturas gerais do pensamento, para o estudo do funcionamento cognitivo do "sujeito-em-situação". Além disso, diferentemente de Piaget, toma como referência o próprio conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do domínio desse conhecimento (Franchi, 1999, p. 160). Por outro lado, Vergnaud reconhece a importância da teoria de Piaget, destacando as ideias de adaptação, desequilíbrio e reequilíbrio como pedras angulares para a investigação em didática das Ciências e da Matemática. Mas acredita que o grande legado de Piaget é o conceito de *esquema*. Tal conceito, como veremos mais adiante, é fundamental na teoria de Vergnaud. Ele reconhece igualmente que sua teoria dos campos conceituais foi desenvolvida também a partir da contribuição de Vygotsky. Isso se percebe, por exemplo, na importância atribuída à interação social, à linguagem e à simbolização no progressivo domínio de um campo conceitual pelos alunos. Para o professor, a tarefa mais difícil é a de prover oportunidades (situações) aos alunos para que desenvolvam seus esquemas na zona de desenvolvimento proximal.

Campos Conceituais

Vergnaud toma como premissa que o conhecimento está organizado em *campos conceituais* cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem (1982, p. 40). *Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição* (ibid.). O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. De nada serve tentar contornar as dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isso não ocorre de um só golpe (1983, p. 401).

A teoria dos campos conceituais supõe que o âmago do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização. É ela a pedra angular da cognição (1998, p. 173). Logo, deve-se dar toda atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações para as quais os estudantes desenvolvem seus esquemas, na escola ou fora dela.

Não é, no entanto, uma teoria de ensino de conceitos explícitos e formalizados. Trata-se de uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real que permite localizar e estudar continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (1990, p. 133). No estudo desse processo, qualquer reducionismo é perigoso na medida em que a conceitualização do real é específica de conteúdo e não pode ser reduzida nem às operações lógicas gerais, nem às operações puramente linguísticas, nem à reprodução social, nem à emergência de estruturas inatas, nem, enfim, ao modelo do processamento da informação (1983, p. 392).

Em outros trabalhos (e.g., 1990, p. 146), ele define *campo conceitual como sendo, em primeiro lugar, um conjunto de situações* cujo domínio requer, por sua vez, o domínio de vários conceitos de naturezas distintas. Por exemplo, o campo conceitual das estruturas multiplicativas

consiste de todas as situações que podem ser analisadas como problemas de proporções simples e múltiplas para os quais geralmente é necessária uma multiplicação, uma divisão ou uma combinação dessas operações (ibid.). Vários tipos de conceitos matemáticos estão envolvidos nas situações que constituem o campo conceitual das estruturas multiplicativas e no pensamento necessário para dominar tais situações. Entre esses conceitos estão o de função linear, função não-linear, espaço vetorial, análise dimensional, fração, razão, taxa, número racional, multiplicação e divisão (ibid.). Analogamente, o campo conceitual das estruturas aditivas é o conjunto de situações cujo domínio requer uma adição, uma subtração ou uma combinação de tais operações.

Conceitos

Vergnaud define conceito como um triplete de conjuntos (1983, p. 393; 1990, p.145; 1993, p. 8) $C = (S, I, R)$ onde:

S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito;

I é um conjunto de invariantes (objetos, propriedades e relações) sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, ou o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito, ou, ainda, o conjunto de invariantes que podem ser reconhecidos e usados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto;

R é um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

O primeiro conjunto – de situações – é o *referente* do conceito, o segundo – de invariantes operatórios – é o *significado* do conceito, enquanto o terceiro – de representações simbólicas – é o *significante*. Isso implica que para estudar o desenvolvimento e uso de um conceito, ao longo da aprendizagem ou de sua utilização, é necessário considerar esses três conjuntos simultaneamente. Por outro lado, um único conceito não se refere a um só tipo de situação e uma única situação não pode ser analisada com um só conceito. Por tudo isso, é necessário falar-se em campos conceituais.

Situações

O conceito de situação empregado por Vergnaud não é o de situação didática, mas sim o de tarefa, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias. A dificuldade de uma tarefa não é nem a soma nem o produto das dificuldades das diferentes subtarefas envolvidas, mas é claro que o desempenho em cada subtarefa afeta o desempenho global (1990, p. 146; 1993, p. 9). Como já foi dito, as situações é que dão sentido ao conceito; as situações é que são responsáveis pelo sentido atribuído ao conceito; um conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações. Mas o sentido não está nas situações em si mesmas, assim como não está nas palavras nem nos símbolos (1990, p. 158). O sentido é uma relação do sujeito com as situações e com os significantes. Mais precisamente, são os *esquemas*, isto é, os comportamentos e sua organização, evocados no sujeito por uma situação ou por um significante (representação simbólica) que constituem o sentido dessa situação ou desse significante para esse indivíduo (1990, p. 158; 1993, p. 18).

Esquemas

Vergnaud chama de esquema *a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações* (1990, p. 136; 1993, p. 2; 1998, p. 168). Segundo ele, é nos esquemas que se deve pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, isto é, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória. Esquema é o conceito introduzido por Piaget para dar conta das formas de organização tanto das habilidades sensório-motoras como das habilidades intelectuais. Um esquema gera ações e deve conter regras, mas não é um estereótipo porque a sequência de ações depende dos parâmetros da situação (1994, p. 53). Um esquema é um universal que é eficiente para toda uma gama de situações e pode gerar diferentes sequências de ação, de coleta de informações e de controle, dependendo das características de cada situação particular. Não é o comportamento que é invariante, mas a organização do comportamento (1998, p. 172).

Há esquemas perceptivo-gestuais como o de contar objetos, ou de fazer um gráfico ou um diagrama, mas há também esquemas verbais, como o de fazer um discurso, e esquemas sociais, como o de seduzir outra pessoa ou o de gerenciar um conflito (ibid.). Algoritmos, por exemplo, são esquemas, mas nem todos os esquemas são algoritmos. Quando algoritmos são utilizados repetidamente para tratar as mesmas situações eles se transformam em esquemas ordinários, ou hábitos (op. cit., p. 176).

Vergnaud considera que os esquemas necessariamente se referem a situações, a tal ponto que, segundo ele, dever-se-ia falar em *interação esquema-situação* ao invés de *interação sujeito-objeto* da qual falava Piaget. Decorre daí que o *desenvolvimento cognitivo* consiste sobretudo, e principalmente, no desenvolvimento de um *vasto repertório de esquemas*. A educação, deve contribuir para que o sujeito desenvolva um repertório amplo e diversificado de esquemas, procurando evitar que esses esquemas se convertam em estereótipos esclerosados (ibid.).

Voltemos à definição: esquema é a organização invariante do comportamento para uma dada classe de situações. Trata-se de uma definição precisa, mas que certamente necessita de maiores especificações para facilitar sua compreensão. Aquilo que Vergnaud chama de *ingredientes dos esquemas* (1990, p. 136, 142; 1998, p. 173) fornece tais especificações:

1. *metas e antecipações* (um esquema se dirige sempre a uma classe de situações nas quais o sujeito pode descobrir uma possível finalidade de sua atividade e, eventualmente, submetas; pode também esperar certos efeitos ou certos eventos);
2. *regras de ação* do tipo "se ... então" que constituem a parte verdadeiramente geradora do esquema, aquela que permite a geração e a continuidade da sequência de ações do sujeito; são regras de busca de informação e controle dos resultados da ação;
3. *invariantes operatórios* (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que dirigem o reconhecimento, por parte do indivíduo, dos elementos pertinentes à situação; são os conhecimentos contidos nos esquemas; são eles que constituem a base, implícita ou explícita, que permite obter a informação pertinente e dela inferir a meta a alcançar e as regras de ação adequadas;
4. *possibilidades de inferência* (ou raciocínios) que permitem "calcular", "aqui e agora", as regras e antecipações a partir das informações e invariantes operatórios de que dispõe o sujeito, ou seja, toda a atividade implicada nos três outros ingredientes requer cálculos "aqui e imediatamente" em situação.

De um modo geral, todas as condutas comportam uma parte automatizada e uma parte de decisão consciente. Os esquemas são frequentemente eficazes, mas nem sempre efetivos. Quando o sujeito usa um esquema ineficaz para uma certa situação, a experiência o leva a mudar de esquema ou a modificar o esquema (1990, p. 138). Está aí a ideia piagetiana de que os esquemas estão no centro do processo de adaptação das estruturas cognitivas, ou seja, na assimilação e na acomodação. Contudo, Vergnaud dá ao conceito de esquema um alcance muito maior do que Piaget e insiste em que os esquemas devem relacionar-se com as características das situações às quais se aplicam.

Conhecimentos-em ação

Há muito de implícito nos esquemas. Muitos esquemas podem ser evocados sucessivamente, e mesmo simultaneamente, em uma situação nova para o sujeito (1990, p. 140). As condutas em uma dada situação repousam sobre o repertório inicial de esquemas que o sujeito dispõe. Como já foi dito, o desenvolvimento cognitivo pode ser interpretado como consistindo, sobretudo, no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas afetando esferas muito distintas da atividade humana. As expressões conceito-em-ação e teorema-em-ação designam os conhecimentos contidos nos esquemas. São também designados, por Vergnaud, pela expressão mais global *invariantes operatórios*. *Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento considerada como pertinente* (ibid.).

Dos ingredientes de um esquema – metas e antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência – os invariantes operatórios, i.e., os conhecimentos-em-ação (conceitos e teoremas-em-ação) constituem a base conceitual, implícita ou explícita, que permite obter a informação pertinente e, a partir dela e da meta a atingir, inferir as regras de ação mais pertinentes para abordar uma situação.

Esquemas são fundamentais porque geram ações, incluindo operações intelectuais, mas podem gerá-las porque contêm invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que formam o núcleo da representação.

Contudo, um conceito-em-ação não é um verdadeiro conceito científico, nem um teorema-em-ação é um verdadeiro teorema a menos que se tornem explícitos. Na ciência, conceitos e teoremas são explícitos e pode-se discutir sua pertinência e sua veracidade, mas esse não é necessariamente o caso dos invariantes operatórios (1990, p. 144). Mas conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem, progressivamente, tornarem-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos. O *status* do conhecimento é muito diferente quando ele é explicitado ao invés de ficar totalmente imerso na ação. O conhecimento explícito pode ser comunicado a outros e discutido, o conhecimento implícito não (1998, p. 175).

Aprendizagem e ensino

Em geral, os alunos não são capazes de explicar ou mesmo expressar em linguagem natural seus teoremas e conceitos-em-ação. Na abordagem de uma situação, os dados a serem trabalhados e a sequência de cálculos a serem feitos dependem de teoremas-em-ação e da identificação de diferentes tipos de elementos pertinentes. A maioria desses conceitos e teoremas-em-ação permanecem totalmente implícitos, mas eles podem também ser explícitos ou tornarem-se explícitos e aí entra o ensino: ajudar o aluno a construir conceitos e teoremas explícitos, e

cientificamente aceitos, a partir do conhecimento implícito. É nesse sentido que conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem, progressivamente, tornarem-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas isso pode levar muito tempo.

Na perspectiva de Vergnaud, professores são mediadores. Sua tarefa é a de ajudar os alunos a desenvolver seu repertório de esquemas e representações (op. cit., p. 180). Desenvolvendo novos esquemas, os alunos tornam-se capazes de enfrentar situações cada vez mais complexas. Novos esquemas não podem ser desenvolvidos sem novos invariantes operatórios. A linguagem e os símbolos são importantes nesse processo. Os professores usam palavras e sentenças para explicar, formular questões, selecionar informações, propor metas, expectativas, regras e planos. Contudo, sua ação mediadora mais importante, na óptica de Vergnaud, é a de prover situações (de aprendizagem) frutíferas para os estudantes (ibid.). Tais situações devem ser cuidadosamente escolhidas, ordenadas, diversificadas, apresentadas no momento certo e dentro da zona de desenvolvimento proximal. Cabe lembrar que, para Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo depende de situações e conceitualizações específicas para lidar com elas.

A breve introdução à teoria dos campos conceituais feita neste texto está mapeada conceitualmente na Figura 1. Nessa figura os conceitos dominantes estão grifados em negrito.

Bibliografia

- Franchi, A. (1999). Considerações sobre a teoria dos campos conceituais. In Alcântara Machado, S.D. et al. (1999). *Educação Matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC. pp. 155-195.
- Moreira, M.A. (2004). *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 107 p.
- Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (1982). *Addition and subtraction. A cognitive perspective*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 39-59.
- Vergnaud, G. (1983). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Été: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170.
- Vergnaud, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.). Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro. pp. 1-26.
- Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2): 167-181.

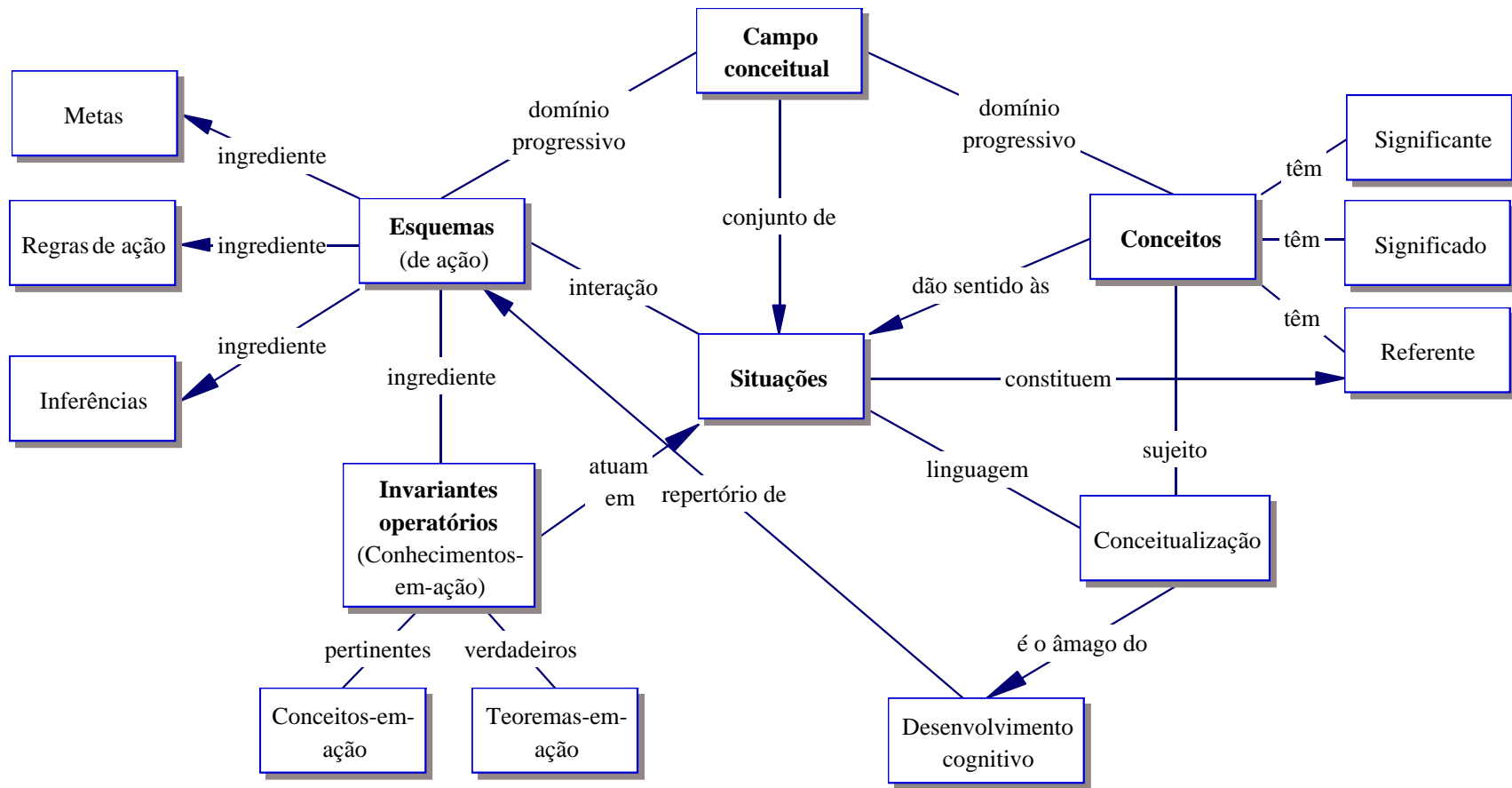


Figura 1: Um mapa conceitual para o construtivismo de Vergnaud.

© Construtivismo de Johnson-Laird

Representações

Uma **representação** é qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que "re-presenta" alguma coisa para nós, na ausência dessa coisa que é, tipicamente, algum aspecto do mundo externo ou de nosso mundo interior, ou seja, nossa imaginação (Eisenck e Keane, 1990, p. 203). As representações podem ser divididas em externas e internas ou mentais. As **representações externas** são coisas do tipo mapas, diagramas, pinturas, manuais, descrições escritas. De um modo geral, há duas grandes classes de representações externas: as que são pictóricas ou diagramáticas e as que fazem uso de palavras ou outras notações simbólicas; ou, simplesmente, representações pictoriais e representações linguísticas (op. cit., p. 203).

As **representações internas**, ou **representações mentais**, como o próprio nome sugere, são maneiras de "re-presentar" internamente o mundo externo. As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais (i.e., internas) dele.

As **representações mentais** (i.e., internas) também podem ser divididas em duas grandes classes: as **analógicas** e as **proposicionais**. A imagem visual é o exemplo típico de representação analógica, mas há outras como as imagens auditivas, as olfativas, as tácteis, e os modelos mentais. As **representações analógicas** são não-discretas (não-individuais), organizadas através de regras frouxas de combinação, concretas (representam entidades particulares do mundo exterior) e específicas da modalidade através da qual a informação é recebida (op. cit., 1990, p. 206).

As **representacionais proposicionais**, por sua vez, são mais abstratas; são "tipo-linguagem", no sentido de que captam os conceitos subjacentes a uma situação, não porque sejam necessariamente constituídas de palavras. Uma fórmula matemática, por exemplo, é uma representação proposicional. As proposições são representações mentais discretas, organizadas através de regras rígidas, abstratas e exclusivamente referenciais: elas captam o conteúdo ideacional da mente independentemente da modalidade original em que a informação foi encontrada (ibid.).

De outra perspectiva, as representações mentais podem ser divididas em **localizadas** e **distribuídas**. As localizadas são também conhecidas como simbólicas, embora esta terminologia não seja boa porque as representações distribuídas também envolvem símbolos (op. cit., p. 201). Nessa perspectiva, as representações simbólicas (localizadas) se subdividem em analógicas e proposicionais, tal como referidas anteriormente. Quer dizer, até agora estivemos falando de representações mentais do ponto de vista tradicional, simbólico, localizado. A idéia básica desse enfoque é a de que a cognição humana é centralmente dependente da manipulação de representações simbólicas através de determinadas regras (op. cit., p. 239). Estas representações são analógicas ou proposicionais e nelas a informação está "re-presentada". Ou seja, a informação está "localizada" em entidades simbólicas como proposições e imagens e a cognição humana depende fundamentalmente da manipulação dessas entidades através de processos "tipo-regras".

Em contraposição a este enfoque, aparece o **conexionismo** que usa modelos computacionais que consistem de redes de unidades "tipo-neurônio". Os modelos conexionistas, ao invés de suporem que a informação está "re-presentada" em entidades simbólicas, como proposições e imagens, admitem que ela está, subsimolicamente, em **representações distribuídas** (ibid.). As redes conexionistas

podem ser usadas para representar objetos ou eventos de uma maneira distribuída como padrões de ativação de uma dada rede. Eisenck e Keane (1990, p. 241) usam o exemplo de uma rosa para ilustrar a diferença entre representações simbólicas e distribuídas: no primeiro caso, a hipótese é a de que a visão e o perfume de uma rosa podem ser "re-presentados" por uma imagem e/ou por um símbolo (ROSA, no caso); no segundo, a informação está armazenada não em símbolos que, explicitamente, "re-presentam" a rosa, mas nas intensidades das conexões entre unidades "tipo-neurônio" que permitirão "re-criar" tanto a imagem como o perfume da rosa. É a ativação das conexões, de acordo com certos padrões, que "re-criará" a rosa ou o perfume. Quer dizer, nessa óptica, não se armazena a imagem de uma rosa ou o nome dela, nem seu perfume; o que fica "armazenado" são as intensidades de determinadas conexões entre unidades "tipo-neurônio". Quando tais conexões são ativadas em certas intensidades, a imagem da rosa e seu perfume são "re-criados", ou "re-presentados". É isso que significa padrão de ativação, ou matriz de ativação.

Uma maneira de compatibilizar estes dois enfoques às representações mentais é considerar o simbólico como caracterizando a macro-estrutura da representação cognitiva e o conexionista como caracterizando a micro-estrutura dessa representação. Para alguns teóricos da área, as representações distribuídas são representações simbólicas em um nível mais detalhado.

Como foi destacado anteriormente, as **representações simbólicas** podem ser divididas em dois grandes tipos: **analógicas** e **proposicionais**. Contudo, há controvérsias sobre se tal distinção existe mesmo, pois alguns teóricos da Psicologia Cognitiva argumentam que as imagens não são um tipo especial, separado, de representações mentais. Para eles, as imagens podem ser reduzidas a representações proposicionais. Este é um tema atual e polêmico na Psicologia Cognitiva que não será abordado neste texto. Ao invés disso será usado como ponte para chegar a uma breve descrição da Teoria dos Modelos Mentais.

Modelos mentais

Johnson-Laird (1983) propõe um terceiro construto representacional que são os **modelos mentais**. Para ele, um modelo mental é uma representação que pode ser totalmente analógica, ou parcialmente analógica e parcialmente proposicional, que é distinta de uma imagem porém relacionada a ela (Eisenck e Keane, 1990, p. 235). Johnson-Laird distingue entre três tipos de construtos representacionais: **modelos mentais**, **imagens** e **proposições** (Sternberg, 2006, p. 255). Ele considera que os modelos mentais e as imagens são representações de alto nível essenciais para compreender a cognição humana. Embora, em última análise, o processamento mental seja feito através de algum código proposicional, inclusive para imagens e modelos mentais, para entender a cognição humana é importante estudar como as pessoas usam estas representações de alto nível. Ele compara as imagens e modelos mentais com as linguagens de programação de alto nível como BASIC, PASCAL e outras. Em última instância, o computador trabalha com zeros e uns e "entende" linguagens de máquina, mas os programadores podem trabalhar muito mais facilmente com linguagens de alto nível que podem ser traduzidas em linguagem de máquina quando compiladas. Analogamente, as imagens e os modelos mentais liberam a cognição humana de operar diretamente com algum código proposicional básico que corresponderia à linguagem de máquina dos computadores.

Modelos mentais são, então, análogos estruturais do mundo. Seres humanos entendem o mundo construindo modelos mentais (i.e., modelos de trabalho, modelos que predizem e explicam eventos) dele em suas mentes. Entender um evento é saber como ele é causado, o que resulta dele,

como provocá-lo, influenciá-lo, evitá-lo. Na linguagem de Johnson-Laird, é ter um modelo de trabalho, um análogo estrutural mental, desse evento.

Proposições e modelos mentais

Como foi dito no início, as representações proposicionais são do tipo linguagem, não porque sejam necessariamente constituídas de palavras, mas porque captam os conceitos subjacentes a uma situação; captam o conteúdo ideacional da mente independentemente da modalidade original em que a informação foi encontrada.

É preciso, portanto, ter cuidado com a expressão "tipo linguagem" e não pensar as proposições simplesmente como frases na língua que falamos. Do ponto de vista da Psicologia Cognitiva, uma representação proposicional é considerada como uma expressão em uma linguagem mental, que poderíamos chamar de "mentalês". Embora não conheçamos a sintaxe e a semântica do "mentalês" é conveniente considerar que a mente trabalha com uma linguagem própria, independente das linguagens que nos são familiares.

Isso significa que a proposição "A força líquida que atua sobre um corpo lhe imprime uma aceleração que é na direção da força e tem uma intensidade inversamente proporcional à massa do corpo", que conhecemos como segunda lei de Newton e que pode ser enunciada em português ou em qualquer outra língua, ou através de uma equação como $a = F/m$, é expressa na mente em uma linguagem que independe da linguagem que usamos para nos comunicar, da Matemática e de qualquer outro sistema de signos. Aliás, seria muito difícil, se não impossível, fazer uma ciência objetiva da mente se assim não fosse.

Uma característica importante das **proposições**, na óptica de Johnson-Laird é que elas **geralmente são indeterminadas**, tal como as representações linguísticas. A escolha da estrutura sintática das representações mentais proposicionais não está governada por nenhuma consideração lógica ou analógica (Johnson-Laird, 1987, p. 209). Por exemplo, a descrição verbal (de uma representação mental proposicional) "O quadro está na parede" é verdadeira se o quadro estiver virado, de cabeça para baixo, bem perto do chão, etc..

Contrariamente às proposições, **modelos mentais são analógicos, determinados e concretos** (no sentido de que representam entidades específicas do mundo exterior). Eles podem incluir vários graus de estrutura analógica; em alguns casos, podem ser espacialmente analógicos ao mundo exterior, no sentido de que são tridimensionais ou bidimensionais; em outros, podem representar analogicamente a dinâmica de uma sequência de eventos.

Portanto, um modelo mental da proposição "O quadro está na parede", provavelmente, se referiria a um quadro específico, não virado, não de cabeça para baixo e em uma posição particular na parede. Os modelos mentais se tornam determinados através de uma série de inferências e entendimentos de parte de quem os constrói. Se proposições adicionais contradizem o modelo, ele pode ser revisado.

Da mesma forma, é provável que alguém que entendesse a segunda lei de Newton formasse um modelo mental no qual um móvel específico estivesse sendo acelerado por uma determinada força em uma certa direção.

Proposições e modelos mentais são, portanto, representações mentais cujas características básicas são dicotômicas (indeterminadas x determinadas, arbitrárias x analógicas, abstratas x concretas). Seriam, então, incompatíveis ou excludentes? Para Johnson-Laird não, pois, para ele, uma representação proposicional é uma descrição que, em última análise, é verdadeira ou não em relação ao mundo. Como os seres humanos **não** apreendem o mundo diretamente, mas têm tão somente uma representação interiorizada dele, por conseguinte uma proposição é verdadeira ou falsa em relação a um modelo mental do mundo (ibid.). Isso quer dizer que, para ele, a semântica, ou seja, a parte do significado da linguagem mental, remete representações proposicionais a modelos mentais de mundos reais ou imaginários.

Imagens e modelos mentais

Em uma seção anterior, foi mencionado, brevemente, que para alguns teóricos da Psicologia Cognitiva as imagens não constituem um tipo separado de representação mental, pois podem ser reduzidas a representações proposicionais. Estes seriam os "proposicionalistas" enquanto os que acreditam que as imagens são um tipo distinto de representação mental poderiam ser chamados de "imagistas". Johnson-Laird está, de certa forma, entre os últimos. Para ele, as imagens correspondem a **vistas** dos modelos, isto é, **são modelos mentais vistos de uma certa perspectiva** (op. cit., p. 157). Portanto, as imagens, assim como os modelos, são determinadas, analógicas e concretas: como resultado de percepção ou imaginação, elas representam aspectos perceptíveis de objetos ou eventos do mundo real.

Imagens e modelos mentais parecem a mesma coisa, mas não são. A diferença crucial está em considerar as imagens como vistas, perspectivas, particulares de modelos. Por exemplo, podemos ter um modelo mental de quadro, mas não conseguimos imaginar um quadro em geral, sempre formamos a imagem de um quadro específico. Podemos construir infinitas imagens de quadros, mas nunca um quadro em geral, pois o que temos construído é um modelo mental de quadro.

Ensino e aprendizagem

O núcleo duro da teoria de Johnson-Laird é a ideia de modelo mental. Para ele, modelo mental é uma representação de alto nível que está no cerne psicológico da compreensão. Compreender alguma coisa implica ter um modelo mental, um "modelo de trabalho", dessa coisa. Os seres humanos não captam o mundo diretamente, eles fazem representações mentais do mundo e, para Johnson-Laird, os **modelos mentais** são as representações básicas para a compreensão do mundo, pois as **proposições** são interpretadas à luz dos modelos e as **imagens** são projeções particulares dos modelos.

Modelos mentais podem ser construídos através da percepção, através do discurso ou da concepção. A percepção é a fonte básica de modelos cinemáticos e dinâmicos tridimensionais do mundo. Tais modelos são análogos estruturais do mundo, i.e., têm a mesma estrutura dos objetos ou eventos que representam. Mas um modelo mental pode também ser construído a partir de um conjunto de asserções sobre objetos ou eventos. Reciprocamente, a compreensão do discurso, implica a construção de um modelo mental.

Modelos mentais não precisam ser completos, lógicos ou "corretos"; eles podem ser permanentemente revisados. Há vários tipos de modelos mentais e sua construção tem uma série de restrições, implícitas nos "princípios" sugeridos por Johnson-Laird.

A ideia de modelos mentais como representações de alto nível, indispensáveis para a compreensão, tem profundas implicações instrucionais pois, nessa óptica, aprender é construir modelos mentais do que está sendo ensinado e ensinar é facilitar a construção e revisão de modelos mentais. Quer dizer, o professor ensina modelos conceituais -- que são representações precisas, consistentes e completas de estados de coisas do mundo, projetadas para facilitar seu entendimento e ensino -- e espera que o aluno construa modelos mentais consistentes com esses modelos conceituais. Os modelos conceituais são instrumentais: a mente humana opera só com modelos mentais, mas modelos conceituais podem ajudar na construção de modelos mentais que explicam e predizem consistentemente com o conhecimento aceito em uma certa área. Naturalmente, os modelos mentais que os alunos trazem para a situação instrucional, ou constroem na “hora”, influenciam o ensino e a aprendizagem e, portanto, deveriam ser levados em conta pelo professor. Ou, pelo menos, o professor deveria inferir se os alunos estão modelando mentalmente ou não. Como fazer tudo isso? O primeiro passo é conhecer um pouco da teoria de Johnson-Laird e precisamente até aí vai o presente texto.

A Figura 1 apresenta um mapa conceitual para representações e modelos mentais, com destaque para estes dentre os vários tipos de representação.

Bibliografia

- Eisenck, M.W. and Keane, M.T. (1990). *Cognitive psychology: a student's handbook*. Hove, U. K: Lawrence Erlbaum. 557 p.
- Johnson-Laird, P.N. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. In Norman, Donald A. *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós. pp. 179-231.
- Johnson-Laird, P.N. (1989). Mental models. In Posner, Michael I. (Ed.) *Foundations of cognitive science*. Cambridge, MA: The MIT Press. pp. 469-449.
- Johnson-Laird, P.N. (1983) *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513 p.
- Moreira, M.A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3): 193-232.
- Sternberg, R.J. (2006). *Cognitive psychology*. 4th ed. Belmont, CA: Thomson Wadsworth. 593 p.

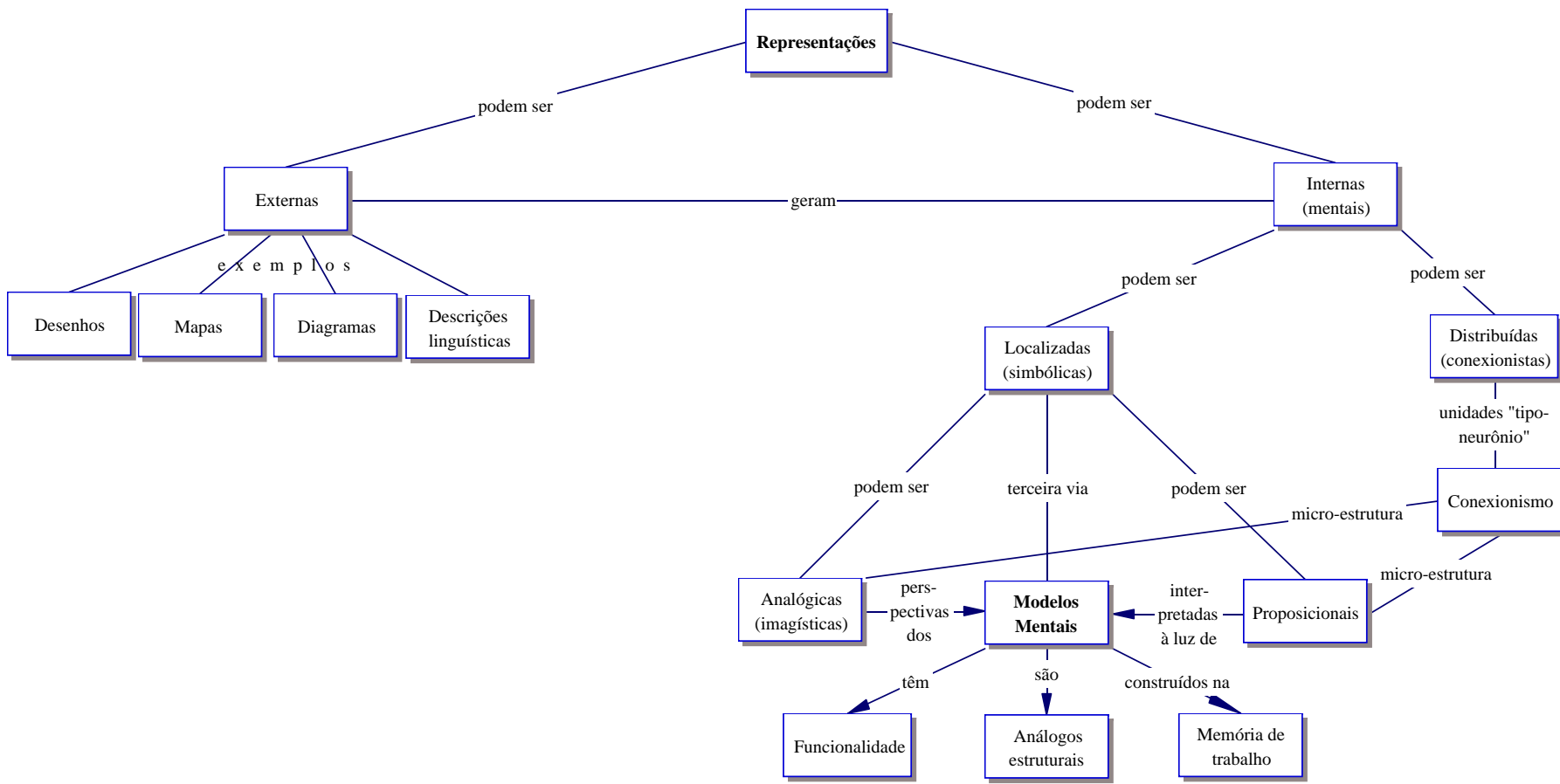


Figura 1: Um mapa conceitual para representações e modelos mentais.

A Mudança Conceitual

Nos anos setenta do século passado foram feitos muitos estudos sobre as chamadas “concepções alternativas” dos alunos, particularmente na área de ciências. Tais estudos confirmaram que os estudantes chegam às aulas de ciências com idéias prévias, com “modelos”, “teorias”, enfim, concepções sobre como funciona o mundo em que vivem. Por exemplo, muitos acreditam que a luz sai dos objetos, que o calor é um fluido invisível, que no verão a Terra está mais perto do Sol e no inverno mais longe. Na Biologia também os alunos chegam à escola com modelos alternativos sobre a digestão, a reprodução, a respiração e assim por diante. Analogamente, em Química e em outras disciplinas os aprendizes constroem concepções alternativas.

Tais concepções são chamadas alternativas porque estão em desacordo com o conhecimento cientificamente aceito. Seus significados não são compartilhados pela comunidade científica, pelos professores de ciências e pelas pessoas educadas cientificamente.

Seguramente isso ocorre, em maior ou menor escala, em qualquer campo de conhecimento, científico ou não. O problema é que é justamente esse conhecimento que o aprendiz vai usar para dar significados a novos conhecimentos. São aprendizagens significativas (embora não aceitas no contexto da matéria de ensino) que servirão de subsunçores para novas aprendizagens. Aceitando a premissa que o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem, temos aí um problema sério: é preciso mudar tais conhecimentos prévios. Ignorá-los não resolve o problema porque eles continuarão atuantes na estrutura cognitiva de quem aprende. É preciso promover o que se convencionou chamar de *mudança conceitual*.

Modelos de mudança conceitual

Apesar de que a mudança que interessava Piaget era estrutural (ou seja, das estruturas gerais de pensamento), não conceitual, é precisamente na teoria piagetiana, em especial na ideia de acomodação, que se pode encontrar um primeiro modelo explicativo da mudança conceitual.

O modelo do conflito cognitivo

Quando os esquemas de assimilação do sujeito não dão conta de novas situações há um conflito cognitivo que pode levar à equilibração majorante (construção de novos esquemas) ou à equilibração minorante (abandono da tarefa). Quando o conflito cognitivo é resolvido através da construção de novos esquemas, ou reformulação de esquemas existentes, há uma acomodação cognitiva. É esse o núcleo do desenvolvimento cognitivo na óptica piagetiana.

Então, para que o aluno construísse concepções aceitas no contexto da matéria de ensino bastaria, em princípio, provocar-lhe um conflito cognitivo adequado (ou seja, que não gerasse uma dissonância cognitiva tão grande que o levasse a abandonar a tarefa) relativamente a suas

³ Extraído do trabalho *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*, de M.A. Moreira e I.M. Greca, publicado em *Ciências & Educação*, vol.9, n.2, pp.301-315, 2003.

concepções alternativas. O resultado da acomodação seria uma mudança conceitual. O professor deveria propor ao aluno situações que suas concepções alternativas não resolvessem e, subsequentemente, ajudar-lhe a acomodar, isto é, a construir concepções aceitas contextualmente.

Contudo, a prática e as pesquisas mostraram que o conflito cognitivo, por mais crucial que seja, não é suficiente para rejeitar definitivamente uma concepção alternativa. Provavelmente, esse modelo (o do conflito cognitivo) de mudança conceitual resultou de uma interpretação simplista da acomodação piagetiana. A acomodação cognitiva é muito mais complexa do que a simples substituição de um esquema de assimilação (alternativo) por outro (cientificamente aceito). Além disso, esquema de assimilação não é o mesmo que conceito e a mudança piagetiana é estrutural, relativa a operações cognitivas qualitativamente distintas, não conceitual, referente a conceitos específicos.

Esse modelo lembra muito a lógica falsacionista de Karl Popper (1987): as teorias científicas são conjecturas refutáveis por experimentos cruciais. No entanto, outros filósofos da ciência argumentam que o abandono de uma teoria em favor de outra não é um processo tão lógico; há outros mecanismos explicativos para a rejeição de teorias científicas.

Assim como os cientistas propõem hipóteses auxiliares para não rejeitar de imediato as teorias, os alunos podem sempre propor hipóteses *ad hoc* para “salvar” suas teorias implícitas, ou podem construir novas concepções sem abandonar as alternativas.

O modelo da mudança de paradigmas

Mais próximo das visões filosóficas da ciência de Thomas Kuhn (1978) e Imre Lakatos (1989) do que da de Karl Popper, George Posner, Kenneth Strike e outros (1982) propuseram um modelo de mudança conceitual que se popularizou na década de oitenta.

De acordo com esse modelo, apesar de que existem várias condições para a mudança conceitual, há quatro que parecem ser comuns à maioria dos casos (op.cit., p.214):

1. *Deve existir uma insatisfação com as concepções existentes.* É pouco provável que os alunos mudem suas concepções a menos que percebam que pequenas mudanças não funcionam mais.

2. *Uma nova concepção deve ser inteligível.* O sujeito deve ser capaz de entender a nova concepção o suficiente para explorar suas possibilidades.

3. *Uma nova concepção deve aparecer inicialmente plausível.* Qualquer nova concepção deve pelo menos parecer ter a capacidade de resolver os problemas gerados por suas predecessoras.

4. *Uma nova concepção deve sugerir a possibilidade de um programa de investigação frutífero.* A nova concepção deve ter o potencial de ser estendida a outras situações, de abrir novas possibilidades.

Resumindo, segundo este modelo, há condições para a mudança conceitual quando existe insatisfação com a concepção que o sujeito tem e quando ele ou ela se encontra com uma nova concepção (aceita no contexto da matéria de ensino) que entende e que lhe parece plausível e

frutífera. Essas quatro condições são as mesmas que Thomas Kuhn propôs para a mudança de paradigmas na ciência. Em épocas de ciência normal, os cientistas trabalham dentro de um paradigma. Quando há muita insatisfação com esse paradigma e aparece outro inteligível, plausível e frutífero há condições para uma mudança de paradigma (uma revolução científica, segundo ele), a qual é seguida por novo período de ciência normal.

O modelo de Posner gerou um grande número de pesquisas, particularmente na área de ensino de ciências, na década de oitenta, a tal ponto que ela pode ser chamada “a década da mudança conceitual” na pesquisa nessa área.

No entanto, os resultados não confirmam o modelo. Mesmo quando satisfeitas as quatro condições, os alunos, de um modo geral, não substituem suas concepções alternativas pelas concepções científicas. Aliás, essa interpretação substitutiva é que levou ao fracasso do modelo, o qual, depois do grande sucesso inicial, começou a ser bastante criticado.

Aproximadamente dez anos após a proposta original, Strike e Posner (1992) propuseram uma revisão de seu modelo de mudança conceitual (pp. 156-161):

1. Na formulação original frequentemente falavam como se as concepções alternativas fossem claramente articuladas e expressas, bem como simbolicamente representadas. Agora, tal suposição já não lhes parecia óbvia.

2. No modelo inicial consideravam as concepções alternativas como *afetadas* pela ecologia conceitual (artefatos cognitivos como anomalias, metáforas, crenças epistemológicas, crenças metafísicas, conhecimentos de outras áreas e concepções rivais) do aprendiz. Agora lhes parecia que as concepções alternativas são *parte* dessa ecologia, em constante interação com outras partes e em desenvolvimento.

3. Uma terceira dificuldade com o modelo original era a de supor a mudança conceitual como sendo basicamente racional. Agora pensavam que tal suposição subestimava muitos outros fatores cognitivos e afetivos envolvidos na mudança conceitual.

Em razão dessa autocrítica esses autores argumentaram (op. cit., p. 162) que a mudança conceitual deveria ser encarada desde uma perspectiva *desenvolvimentista* e *interacionista* da ecologia conceitual do aprendiz.

O modelo da evolução conceitual e da progressividade

Para Stephen Toulmin (1977), outro conhecido filósofo da ciência, em vez de um enfoque “revolucionário” que se proponha a explicar como “sistemas conceituais” inteiros sucedem uns aos outros no desenvolvimento da ciência, é necessária uma explicação evolutiva que mostre como se transformam progressivamente as “populações conceituais” (p.113).

Em vez de especular sobre uma direção universal e irreversível do desenvolvimento conceitual na ciência, Toulmin argumenta que o processo da “variação e perpetuação seletiva” ajuda a explicar as transformações das populações conceituais existentes nas disciplinas científicas. A evolução conceitual é, para Toulmin, análoga à evolução das espécies orgânicas. Distintos conceitos e teorias são introduzidos em uma ciência independentemente, em momento diferentes e

para propósitos diferentes. Se sobrevivem ao longo do tempo é porque ainda servem a suas funções ou porque adquiriram outras funções.

Analogamente, a mudança conceitual no aprendiz poderia ser pensada como populações conceituais em evolução. Concepções alternativas construídas pelo sujeito em sua interação com o mundo e concepções científicas por ele recebidas (no sentido da aprendizagem receptiva de Ausubel) no ensino formal, ainda parcialmente significativas e parcialmente mecânicas, fariam parte de populações conceituais individuais (no sentido de que são apropriações do indivíduo) em evolução.

No entanto, é preciso ter em conta que:

A rapidez relativa da mudança conceitual nas disciplinas científicas depende da existência de foros de competição profissional especializados e protegidos, os quais não têm nenhuma contrapartida óbvia no caso da mudança conceitual cotidiana, de modo que há boas razões para se esperar que os conceitos cotidianos mudem muito mais lentamente do que os conceitos especializados das ciências da natureza profissionalizadas (op. cit., p.147).

Esta observação explica, pelo menos em parte, porque as concepções alternativas mudam tão lentamente: o conhecimento cotidiano é resistente à mudança porque está protegido contra os efeitos da inovação e seleção crítica, ao mesmo tempo que circula sem restrições uma vez que sua função não é especializada (Porlán e Harres, 2002, p. 78)

O caráter lento e progressivo da mudança conceitual no ser que aprende é também destacado por Gérard Vergnaud (1998) em sua teoria dos campos conceituais: para ele, podem passar vários anos até que um aprendiz domine um campo conceitual – ou, talvez, uma população conceitual, em termos toulminianos – o que implicaria dominar, progressivamente, situações desse campo. Ou seja, a conceitualização dependeria da aptidão dos conceitos, em construção, para resolver situações do campo conceitual correspondente. Uma perspectiva evolucionista e lenta.

Ensino e aprendizagem

O conhecimento prévio tem uma enorme influência na aprendizagem de novos conhecimentos. Para David Ausubel (2000), se fosse possível isolar uma variável como sendo a que mais influencia a aquisição de novos conhecimentos essa variável seria o conhecimento prévio, e este contém concepções alternativas.

Essas concepções são aprendizagens significativas e, portanto, “inapagáveis” da estrutura cognitiva, no sentido de que seus significados, ainda que obliterados, estarão sempre presentes em algum subsunçor. Além disso, as concepções alternativas “funcionam” no cotidiano, são reforçadas no linguajar cotidiano.

Por tudo isso, é inútil simplesmente tentar substituí-las na estrutura cognitiva do aprendiz. Os enfoques iniciais dos modelos do conflito cognitivo e da mudança de paradigmas não deram os resultados esperados, não levaram à mudança conceitual. A pesquisa em ensino de ciências não deixou dúvidas que tais abordagens não eram adequadas.

A perspectiva evolucionista parece ter um potencial muito maior. O domínio de qualquer campo conceitual é lento e progressivo. Da mesma forma, a mudança conceitual – aquela referente às concepções alternativas, a conhecimentos estáveis, enraizados e funcionais, porém não compartilhados no contexto da matéria de ensino – é evolutiva, progressiva, lenta não substitutiva, não abrupta. Vergnaud (op.cit.) sugere que as concepções alternativas devem ser utilizadas como precursoras do conhecimento científico. Isso deve ser o caso em muitas situações. Em outras, como propõem Moreira e Greca (2004) essas concepções funcionam como obstáculos representacionais mentais e, portanto, devem ser evitadas, não usadas, “desaprendidas”. Enfim, do ponto de vista do ensino a mudança conceitual é um problema não resolvido. O que sabemos é que soluções simplistas não funcionam.

A mudança conceitual foi escolhida como tema deste último texto da linha construtivista porque ela pode também ser interpretada em termos de esquemas, significados, subsunçores, invariantes operatórios e modelos mentais, ou seja, em termos dos construtos propostos nas teorias construtivistas enfocadas nos textos anteriores. Os principais modelos de mudança conceitual estão mapeados conceitualmente na Figura 1.

Bibliografia

- Popper, K.R. (1987). *O realismo e o objetivo da ciência*. Lisboa: D. Quixote.
- Porlán, R. e Harres, J.B. (2000). A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol.19 (número especial): 70-83.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, vol.66: 211-227.
- Strike, K.A. and Posner, G. (1992). *A revisionist theory of conceptual change*. In Duschl, R. & Hamilton, R. (Eds.) *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: SUNY Press. pp. 147-176.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana – Volumen I: El uso colectivo y la evolución de conceptos*. Madrid: Alianza.
- Kuhn, T.S. (1978). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza.
- Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, vol. 17: 167-181.
- Ausubel, D.P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Moreira, M.A. e Greca, I.M (2004). Obstáculos representacionales mentales en el aprendizaje de conceptos cuánticos. In Moreira, M. e Greca, I.M. (2004). *Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

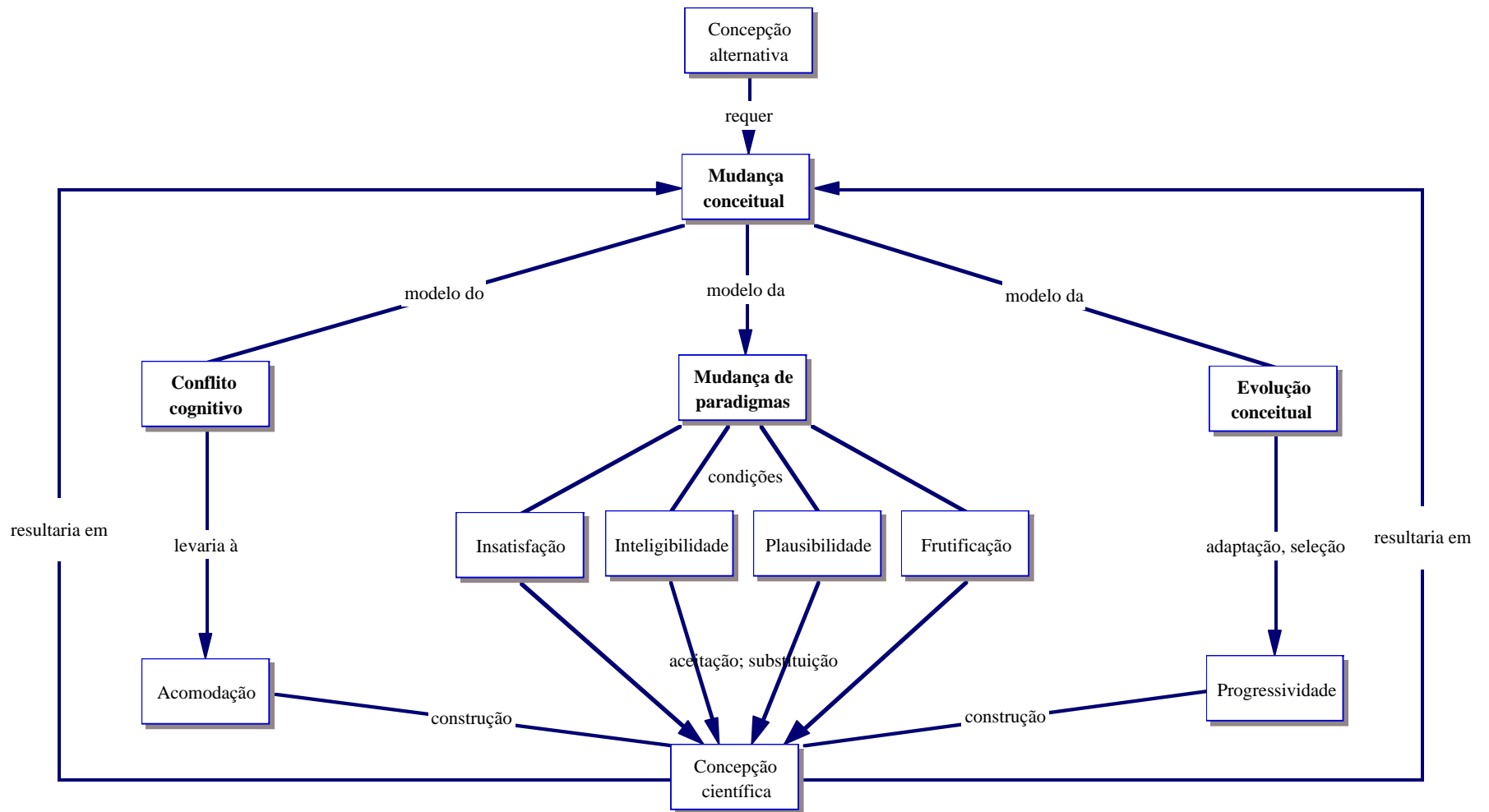


Figura 1: Um mapa conceitual para a mudança conceitual.

O Humanismo

Comportamentalismo, cognitivismo (construtivismo) e humanismo são filosofias subjacentes às chamadas “teorias de aprendizagem”. Enquanto o comportamentalismo (ou behaviorismo) se ocupa exclusivamente de comportamentos observáveis e mensuráveis do sujeito e o cognitivismo enfatiza a cognição, o ato de conhecer, o como o sujeito conhece o mundo, o humanismo o vê primordialmente como pessoa, como um todo, como integração e inseparabilidade de pensamentos, sentimentos e ações. Este texto estará dedicado, exclusivamente, à linha humanista, particularmente nas perspectivas de Rogers, Novak, Gowin e Freire.

A abordagem rogeriana

Carl Rogers (1969) é um “humanista por excelência”. Ele acredita que as pessoas têm dentro de si a capacidade de descobrir o que as está tornando infelizes e de provocar mudanças em suas vidas, mas esta capacidade pode estar latente. Neste caso, a função do terapeuta é a de ajudar a pessoa a mobilizar suas tendências intrínsecas em direção à compreensão de si mesma e ao crescimento pessoal. Está aí o foco de sua terapia centrada no cliente (não no paciente) que ele extrapola para um ensino centrado no aluno, para o qual propõe uma série de princípios de aprendizagem, ao invés de uma teoria de aprendizagem (Rogers, 1969, pp.157-63):

- *Seres humanos têm uma potencialidade natural para aprender.*
- *A aprendizagem significativa (penetrante, pela pessoa inteira, não se limitando a aumento de conhecimento) ocorre quando a matéria de ensino é percebida pelo aluno como relevante para seus próprios objetivos.*
- *Aprendizagem que envolve mudança na organização do eu – na percepção de si mesmo – é ameaçadora e tende a suscitar resistência.*
- *As aprendizagens que ameaçam o eu são mais facilmente percebidas e assimiladas quando as ameaças externas se reduzem a um mínimo.*
- *A aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsabilmente do processo de aprendizagem.*
- *A aprendizagem auto-iniciada que envolve a pessoa do aprendiz como um todo – sentimentos e intelecto – é mais duradoura e abrangente.*
- *A independência, a criatividade e a auto-confiança são todas facilitadas, quando a auto-crítica e a auto-avaliação são básicas e a avaliação feita por outros é secundária.*
- *A aprendizagem socialmente mais útil, no mundo moderno, é a do próprio processo de aprender, uma contínua abertura à experiência e à incorporação, dentro de si mesmo, do processo de mudança.*

Para Rogers, a pessoa educada é aquela que aprendeu a aprender, que aprendeu a adaptar-se e mudar, que aprendeu que nenhum conhecimento é seguro e que só o processo de busca do conhecimento provê base para segurança.

O professor é, então, o facilitador dessa aprendizagem, mas isso não significa ensino no sentido usual. Para ele, a facilitação da aprendizagem auto-iniciada, significativa, experiencial visceral, pela pessoa inteira, depende muito mais de certas qualidades atitudinais que existem na relação interpessoal entre facilitador e aprendiz do que daquilo que usualmente chamamos de ensino (aulas, materiais, recursos didáticos, planejamento curricular) ou da erudição do professor, embora isso seja importante.

As qualidades às quais se refere são: *autenticidade* (o professor é uma *pessoa* para seus alunos, não um mecanismo através do qual o conhecimento é transmitido); *prezar, aceitar, confiar* (aceitar os sentimentos pessoais do estudante e o valorizar como ser humano imperfeito, dotado de potencialidades; acreditar que o aluno é uma pessoa digna de confiança, merecedora de buscar, experimentar e descobrir aquilo que lhe engrandece o eu; ter estima pelo aprendiz); *compreensão empática* (faz com que o aluno se sinta compreendido, ao invés de julgado ou avaliado; permite ao professor perceber como os processos de educação e aprendizagem parecem *ao aluno*; é uma atitude de colocar-se no lugar do estudante).

A abordagem rogeriana implica que o ensino seja centrado no aluno, que a atmosfera da sala de aula tenha o estudante como centro; implica confiar na potencialidade do aluno para aprender, em deixá-lo livre para aprender, escolher seus caminhos, seus problemas, suas aprendizagens. O importante não é aprender certos conteúdos, mas sim a auto-realização e o aprender a aprender.

A teoria de educação de Novak

Joseph D. Novak (1981) é muito conhecido por ter-se tornado colaborador de David Ausubel e, praticamente, co-autor da teoria da aprendizagem significativa (Moreira, 1999). Ele tem, no entanto, uma proposta, que chama de uma teoria de educação, da qual a teoria de aprendizagem significativa seria parte integrante. Considerando que educação é o conjunto de experiências (cognitivas, efetivas e psicomotoras) que contribuem para o engrandecimento do ser humano, sua proposta é a de que:

A aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre pensamentos, sentimentos e ações que conduz ao engrandecimento humano.

Ou seja, seres humanos *pensam, sentem e agem* (fazem, atuam) integradamente, mas essa integração pode ser negativa, positiva ou situar-se em alguma posição intermediária nesse contínuo. Para Novak, a aprendizagem significativa subjaz à integração positiva, construtiva, engrandecedora, do pensar, do sentir e do agir. Qualquer evento educativo é, para ele, uma *ação* para trocar *significados* (pensar) e *sentimentos* entre o aprendiz e o professor. Quer dizer, um evento educativo é sempre acompanhado de experiências afetivas.

Cabe lembrar que uma das condições para aprendizagem significativa é a de que o aprendiz apresente uma predisposição para a aprendizagem (a outra é que o material de aprendizagem seja

potencialmente significativo). Essa predisposição está muito relacionada com a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo.

A teoria de Novak é a de que a experiência afetiva é positiva, construtiva, enriquecedora, quando o aprendiz tem a sensação de compreensão, quando atribui significados ao material de aprendizagem; reciprocamente, a experiência afetiva é negativa, ameaçadora, gera sentimentos de inadequação, quando o aprendiz não sente que está aprendendo de maneira significativa. Predisposição para aprender e aprendizagem significativa guardam entre si uma relação de interdependência: aprendizagem significativa depende de predisposição para aprender e esta depende de aprendizagem significativa. Quanto mais o sujeito aprende de maneira significativa mais se predispõe a aprender.

O modelo de Gowin

D.B.Gowin (1981) é muito conhecido por um instrumento heurístico conhecido como *Vê de Gowin*, mas ele também tem uma teoria de educação apresentada na obra *Educating* (1981), na qual há um modelo de conotações humanísticas. Para ele, um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo compartilhar significados, entre aluno e professor, a respeito de conhecimentos veiculados por materiais educativos do currículo. Trata-se de uma relação triádica entre *professor*, *materiais educativos* e *aluno*, cujo produto é o compartilhar significados.

Para Gowin, o ensino se consuma quando o significado do material captado pelo aluno é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno, que é o significado compartilhado no contexto da matéria de ensino. Seu modelo triádico pode ser assim descrito:

- *Em uma situação de ensino, o professor atua de maneira intencional para mudar significados da experiência do aluno, utilizando materiais educativos do currículo.*
- *Se o aluno manifesta uma disposição para a aprendizagem significativa, ele atua intencionalmente para captar o significado dos materiais educativos.*
- *O objetivo é compartilhar significados.*
- *O professor apresenta ao aluno os significados já compartilhados pela comunidade a respeito dos materiais educativos do currículo.*
- *O aluno, por sua vez, deve devolver ao professor os significados que captou.*
- *Se o compartilhar significados não é alcançado, o professor deve, outra vez, apresentar, de outro modo, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino.*
- *O aluno, de alguma maneira, deve externalizar, novamente, os significados que captou.*
- *O processo pode ser mais ou menos longo, mas o objetivo é sempre o de compartilhar significados.*
- *Professor e aluno têm responsabilidades distintas nesse processo.*
- *O professor é responsável por verificar se os significados que o aluno capta são aqueles compartilhados pela comunidade de usuários.*
- *O aluno é responsável por verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse, ou seja, os significados compartilhados no contexto da matéria de ensino.*
- *Se é alcançado o compartilhar significados, o aluno está pronto para decidir se quer aprender significativamente ou não.*

- *O ensino requer reciprocidade de responsabilidades, porém, aprender significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser compartilhada pelo professor.*
- *Para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não-arbitrária e não-litera, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo.*

Note-se que Gowin introduz um passo anterior à aprendizagem significativa que é o captar significados. Naturalmente, em uma situação de ensino-aprendizagem o professor quer que o aluno capte os significados aceitos pela comunidade de usuários da matéria de ensino. E somente até aí ele pode ir. Aprender significativamente é responsabilidade exclusiva do aprendiz.

Paulo Freire

Paulo Freire sempre se destacou por defender uma pedagogia libertadora, por uma educação política, mas em sua obra “*Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*” (1996) encontramos muitos princípios sobre a docência que cabem perfeitamente em qualquer curso sobre metodologia de ensino. Os princípios gerais são: *1. não há docência sem discência; 2. ensinar não é transferir conhecimento; 3. ensinar é uma especificidade humana.*

O primeiro deles implica que quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender; que ensinar inexiste sem aprender e vice-versa (op.cit., p.23). Este princípio incorpora vários outros, como, por exemplo:

Ensinar exige rigorosidade metódica: reforçar no educando a capacidade crítica, a curiosidade, a insubmissão; trabalhar com ele a rigorosidade metódica com que deve se aproximar dos objetivos cognoscíveis; evidenciar-lhe que é tão fundamental adquirir, dominar, reconstruir, o conhecimento existente quanto estar aberto e apto à produção de conhecimento ainda não existente (p.28).

Ensinar exige criticidade: na verdade, a curiosidade ingênua que, ‘desarmada’, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se, de forma cada vez mais metodicamente rigorosa, do objeto cognoscível, se torna “curiosidade epistemológica” (p.31).

Ensinar exige reflexão sobre a prática: na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática; é pensando criticamente sobre a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática (p.39).

Ao referir-se à formação docente, Paulo Freire, em outra passagem, reitera a importância da crítica, mas a considera indissociável de aspectos humanistas:

Nenhuma formação docente verdadeira pode fazer-se alheada, de um lado, do exercício da criticidade que implica a promoção da curiosidade ingênua à curiosidade epistemológica e, de outro, sem o reconhecimento do valor das emoções, da sensibilidade, da efetividade, da intuição ou adivinhação (p.45).

O segundo princípio geral da pedagogia da autonomia de Freire é o de saber que *ensinar não é transferir conhecimento*, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua

construção (p.47). Para ele, *o educador que, ensinando qualquer matéria, ‘castra’ a curiosidade do educando em nome da eficácia da memorização mecânica do ensino dos conteúdos, tolhe a liberdade do educando, a sua capacidade de aventurar-se. Não forma, domestica* (p.56).

O terceiro princípio geral da pedagogia freireana é o de que *ensinar é uma especificidade humana*, ao qual estão subordinados vários outros que serão aqui apenas listados deixando ao leitor a tarefa, e o prazer, de ler o que Freire diz sobre cada um deles (pp.91-146):

- *Ensinar exige segurança, competência profissional e generosidade.*
- *Ensinar exige comprometimento.*
- *Ensinar exige compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo.*
- *Ensinar exige liberdade e autoridade.*
- *Ensinar exige tomada consciente de decisões.*
- *Ensinar exige saber escutar.*
- *Ensinar exige reconhecer que a educação é ideológica.*
- *Ensinar exige disponibilidade para o diálogo.*
- *Ensinar exige querer bem aos educandos.*

Aprendizagem e ensino

O enfoque humanista está muito mais voltado para o aluno e o professor como pessoas do que para técnicas de ensino. Estas são apenas consequências da visão humanista centrada no crescimento pessoal do aprendiz, no professor como facilitador da aprendizagem significativa e na interação pessoal. Uma vez adotada a filosofia humanista, o aprender a aprender passa a ser o objetivo; a metodologia será, então, aberta, flexível, interativa, “negociada”, ainda que técnicas “tradicionais” possam ser usadas. A diferença está muito mais na concepção de ensino e aprendizagem do que no uso de uma ou outra técnica de ensino. Por exemplo, mapas conceituais, trabalho em pequenos grupos, aulas expositivas, podem ser usados tanto em um enfoque humanista como em uma abordagem marcadamente cognitivista e até mesmo em uma linha comportamentalista, mas a visão subjacente e os objetivos de aprendizagem são muito diferentes. A propósito, se os objetivos e os procedimentos são diferentes, a avaliação deverá, necessariamente, ser coerente com eles.

A título de síntese, apresenta-se na Figura 1 um mapa conceitual para o humanismo.

Bibliografia

Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 27ª edição. São Paulo: Paz e Terra

Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Novak, J.D. (1981). *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira. Tradução de M.A. Moreira do original *A theory of education*, Cornell University Press, 1977.

Rogers, C.R.(1971). *Liberdade para aprender*. Belo Horizonte: Interlivros. Tradução do original *Freedom to learn*. Columbus, OH: Charles E. Merrill.

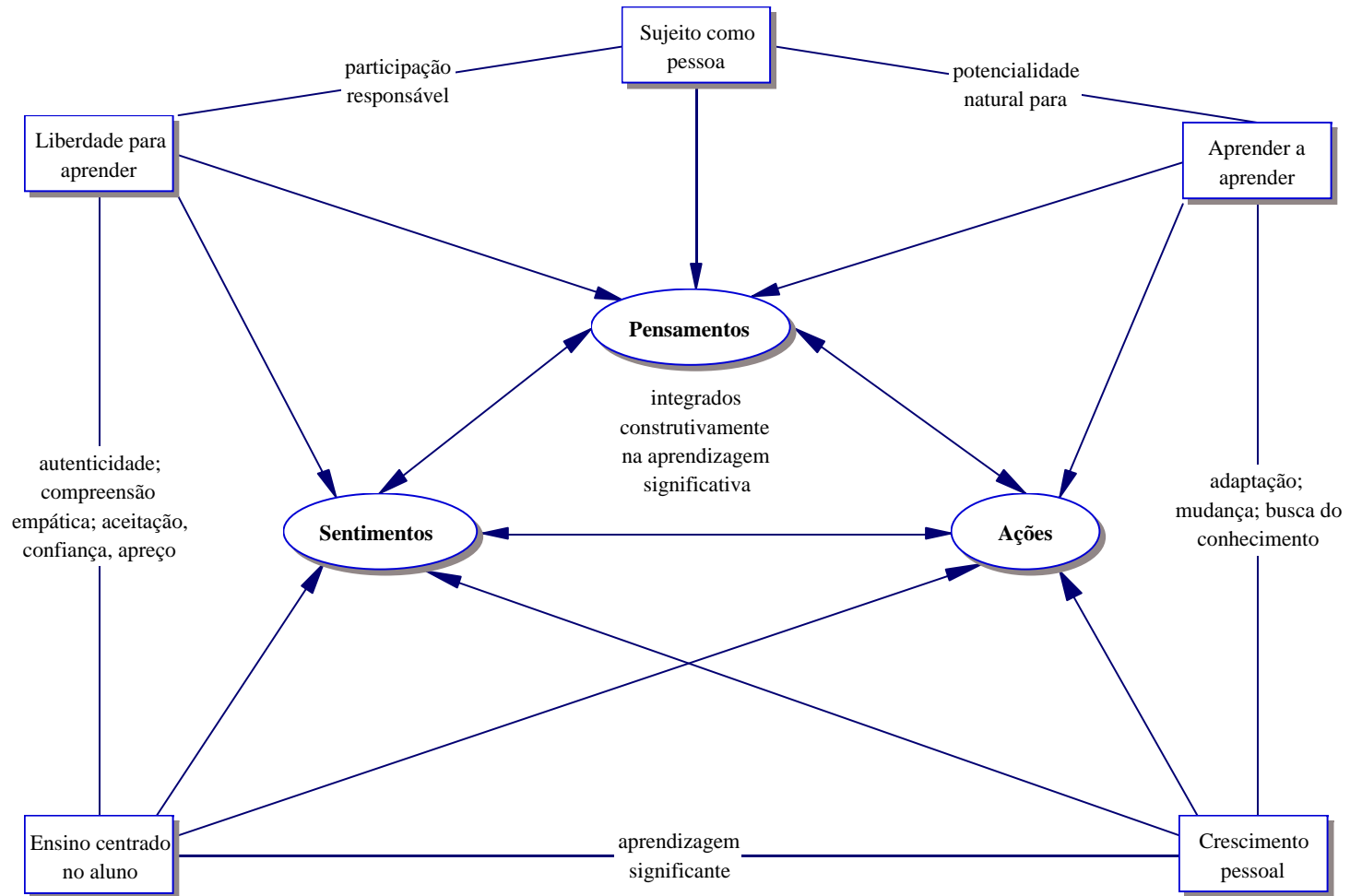


Figura 1: Um mapa conceitual para o humanismo.

Conclusão: a Pesquisa em Ensino de Ciências

A título de conclusão deste texto, cujo objetivo é o de fornecer subsídios teóricos iniciais para a pesquisa em ensino, em particular de ciências, será apresentado um mapa conceitual (Figura 1) para as teorias abordadas, outro (Figura 2) para a pesquisa em ensino de ciências e também um diagrama V (Figura 3) para esse mesma área de pesquisa. Textos complementares a este procuram fornecer subsídios teóricos adicionais (Moreira e Caballero, 2008), bem como metodológicos (Moreira, 2008) e epistemológicos (Moreira e Massoni, 2008)

O primeiro dos mapas conceituais destaca inicialmente os principais enfoques teóricos à aprendizagem e ao ensino; depois, focaliza apenas as teorias construtivistas e sugere que a mudança conceitual pode ser interpretada em termos de distintos construtos (esquemas, subsunções, invariantes operatórios).

O segundo mapa conceitual procura diagramar a pesquisa em ensino de ciências em termos de perguntas-chave, fundamentação (teórica e metodológica) e exemplos.

Finalmente, o diagrama V busca mostrar o que tem sido pesquisado no Ensino de Ciências, desde a década de 70 até os dias de hoje, com que perspectivas teóricas e epistemológicas e com quais metodologias.

Referências

Moreira, M.A. (1998). *A pesquisa em educação em ciências e a formação permanente do professor de ciências*. Actas del I Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales, La Serena, Chile.

Moreira, M.A. (2004). Investigación básica en educación en ciencias: una visión personal. *Revista Chilena de Educación Científica*. v. 3, n. 1, 10-17.

Moreira, M.A. e Caballero, C. (2008). *Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: aprendizagem significativa*. Porto Alegre: Ed. do Autor.

Moreira, M.A. (2008). *Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências: métodos qualitativos e quantitativos*. Porto Alegre: Ed. do Autor.

Moreira, M.A. e Massoni, N.T. (2008). *Subsídios epistemológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências: epistemologias do século XX*. Porto Alegre: Ed. do Autor.

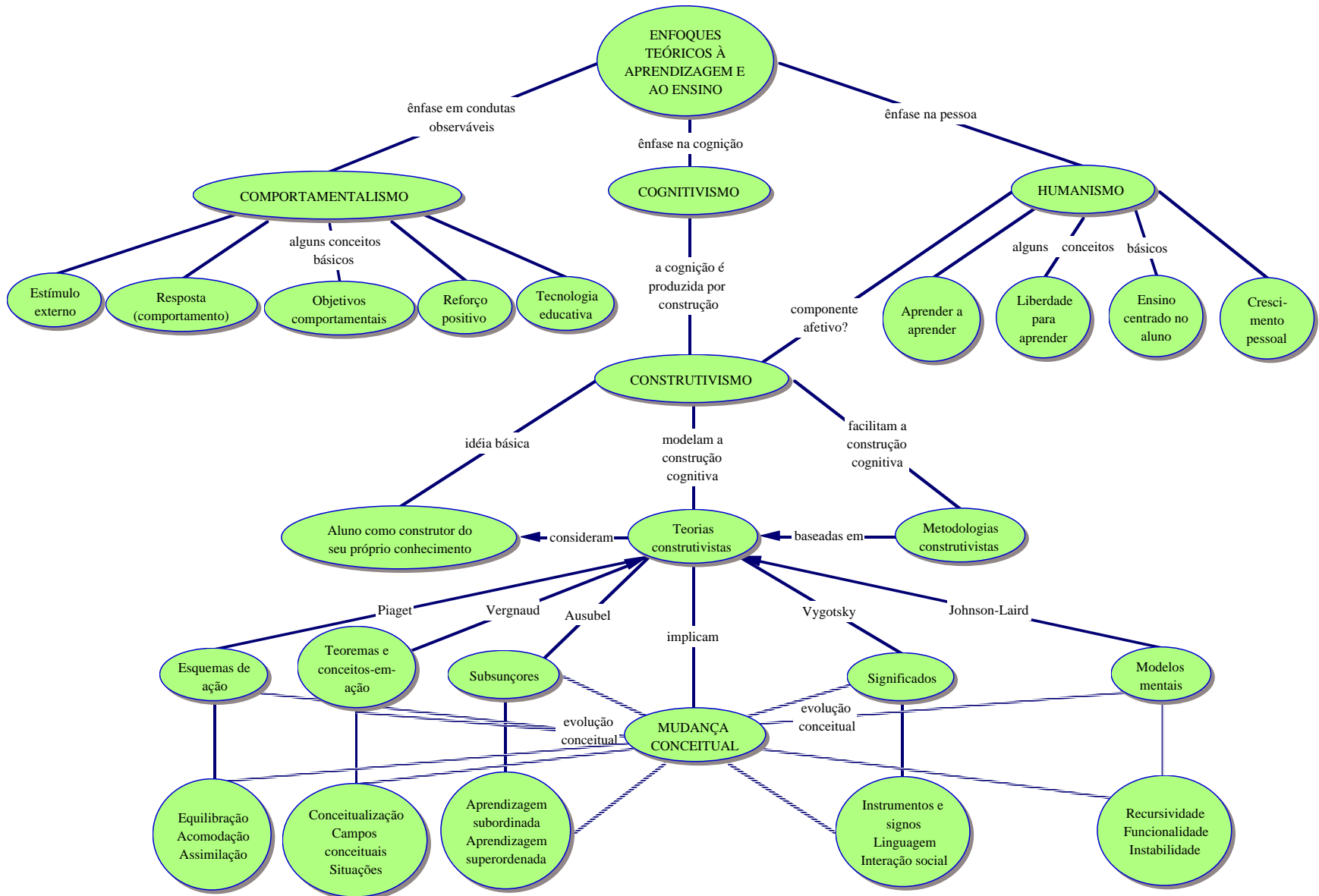


Figura 1 - Um mapa conceitual para as teorias de aprendizagem e mudança conceitual.

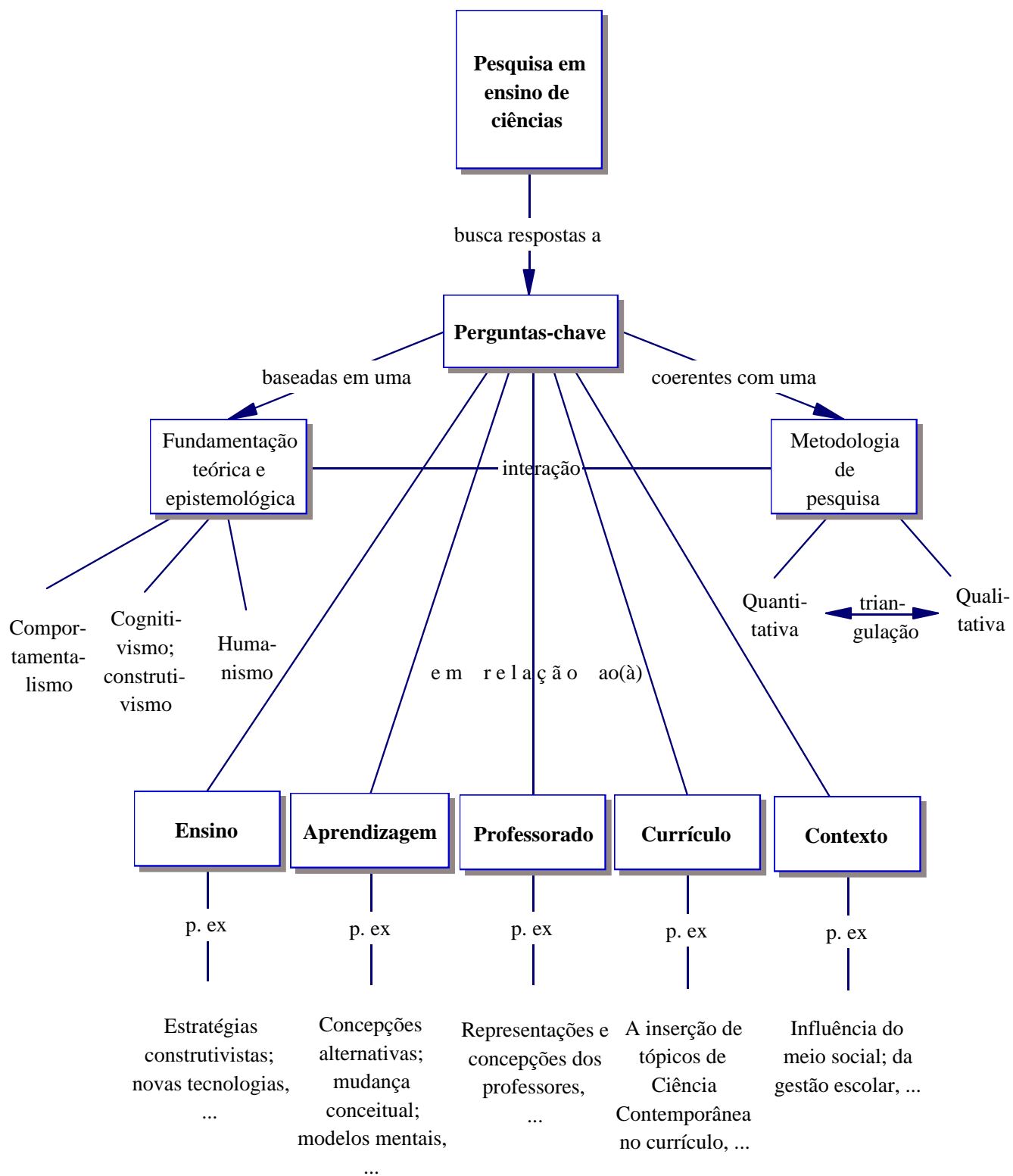


Figura 2 – Um mapa conceitual para a pesquisa em ensino de Ciências (M.A. Moreira, 2004).

DOMÍNIO CONCEITUAL E EPISTEMOLÓGICO

DOMÍNIO METODOLÓGICO

Filosofias (visões de mundo, crenças profundas): e.g., o conhecimento científico como construção individual e coletiva; se pode melhorar a educação em ciências através da pesquisa nessa área.

Epistemologias e teorias: e.g., Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan, Toulmin, ...; e.g., Piaget, Ausubel, Vygotsky, Representações mentais,...

Princípios e conceitos: e.g., o aluno como construtor de seu conhecimento; a mudança conceitual como mudança de paradigmas; a mudança conceitual como evolução conceitual; a resolução de problemas como investigação; ... esquema de assimilação, aprendizagem significativa, mudança conceitual, representação mental, modelo mental, didática das ciências, formação de professores,...

Fenômeno de interesse:
a educação em ciências

Perguntas sobre: concepções alternativas, mudança conceitual, aprendizagem de conceitos, resolução de problemas, laboratório didático, estratégias instrucionais, conteúdos curriculares, aprendizagem de atitudes e procedimentos científicos, papel da história e filosofia da

ciência, papel da linguagem, relações CTS, representações dos professores, formação de professores, analogias, modelos mentais, modelos conceituais, microetnografia, atualização curricular, novas tecnologias.

Valores (para que servem os conhecimentos produzidos?)

Respostas (conhecimentos produzidos dentro de um arcabouço epistemológico, teórico e metodológico consistente e coerente envolvendo conteúdos científicos; respostas às perguntas de investigação)

Análise quantitativa / estatística / científica

Análise qualitativa / interpretativa / etnográfica

Transformações metodológicas

Dados (construídos dos registros)

Registros dos eventos (que ocorrem naturalmente ou que se faz ocorrer)

Objeto de estudo: o ensino, a aprendizagem e o currículo de ciências; o contexto em que se dá a educação em ciências; os professores de ciências e sua formação permanente.

Figura 3 – Um diagrama V para a pesquisa em educação em ciências: uma visão detalhada (M.A. Moreira, 1998, 2004).