
Um Modelo Formal para Processos de Mediação em AVAs

João Carlos Gluz¹, Liliana M. Passerino², Rosa Maria Vicari²

¹Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA) – Unisinos – São Leopoldo – RS – Brazil

²Centro Interdisciplinar de Tecnologias na Educação (CINTED) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre – RS – Brazil

jcgluz@unisinos.br, liliana@cinted.ufrgs.br, rosa@inf.ufrgs.br

Abstract. *Mediatec project intends to research how mediation processes carried out by teachers can be aided by technological mediation tools and techniques, “relieving” the burden of teachers, and contributing to the knowledge appropriation process. This paper presents the MC formal model, which is being proposed to model the aspects of social mediation and cognitive processes relevant to the research.*

Keywords: *mediation, multiagent systems, formal models, learning environments.*

Resumo. *O projeto Mediatec pretende investigar de que forma a mediação do professor pode ser compartilhada por uma mediação tecnológica que “alivie” a carga do professor e contribua no processo de apropriação de conhecimentos. O presente artigo apresenta o modelo de formalização MC, proposto para modelar aspectos de mediação social e processos cognitivos relevantes para a pesquisa.*

Palavras-chave: *mediação, sistemas multiagentes, modelos formais, ambientes de ensino e aprendizagem.*

1. Introdução

A ampla expansão das plataformas tecnológicas para Educação a Distância (EAD) e presencial como forma de flexibilização do ensino e apoio a diversos processos de educação criou uma nova posição social para o professor: o professor online. Existe uma vasta bibliografia relativa a este novo perfil de profissional destacando as características desejáveis, tanto do professor quanto do seu aluno virtual (Paloof e Pratt, 2004). Há também uma grande quantidade de pesquisas que falam sobre a autonomia do aluno e a mediação e de que forma a mediação pode ser articulada para promover a desejada autonomia (Coll, 1995; Echeita e Martin, 1995; Mugny et al, 1988; Gallimore e Tharp, 1993; Diaz et al., 1993; Doise, 1988). Poucas são as pesquisas que focam ambos processos (mediação e autonomia) sendo promovidos num sistema em que agentes humanos e não humanos cooperam para obter esses resultados.

No presente artigo pretendemos apresentar uma versão resumida do modelo formal proposto para analisar os processos de mediação em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), bem como mostrar os primeiros resultados desta análise. Este modelo formal, denominado de modelo *MC* (*Mediação/Cognição*) foi elaborado a partir das conceitualizações e das categorias de mediação identificadas previamente em pesquisa empírica, agora aplicada para o processo de ensino e aprendizagem virtual (Passerino, 2005).

Estamos explorando já há algum tempo a aplicação de conceitos mentalistas e modelos BDI (*Beliefs, Desires and Intentions*) (Rao e Georgeff, 1991) como abstrações para análise, modelagem e projeto de agentes pedagógicos (Giraffa e Vicari, 1998). Mais recentemente começamos a trabalhar com a integração de modelos probabilísticos subjetivos baseados em Redes Bayesianas (Pearl, 1993), com o modelo BDI, através da utilização de lógicas probabilísticas modais como elemento comum a ambos tipos de modelos (Gluz et al, 2006b).

Entretanto, quando começamos a trabalhar na formalização dos fenômenos e processos de interação social nos AVA percebemos a falta de um modelo ou teoria formal de agentes mais

abstrato, que leva-se integralmente em conta os processos de interação com o meio externo e que fosse relativamente independente do sistema formal de representação de conhecimentos e do mecanismo de inferência escolhido para modelar os processos cognitivos dos agentes.

Dessa forma, partimos para uma abordagem algébrica e funcional para a formalização dos processos de interação, centrada na especificação da estrutura funcional (tipo) das principais *operações* que podem ser observadas nestes processos. Ao mesmo tempo, elementos do estado mental interno dos agentes e do meio externo foram levados integralmente na estruturação do modelo formal de análise, que é apresentado na seção 2. Na seção 3, são apresentados os primeiros resultados da aplicação do modelo *MC*, na análise e formalização das ações mediadas e das cenas de atenção conjunta, que são as principais unidades de análise empregadas na compreensão dos processos de interação. A seção final mostra alguns desdobramentos do presente trabalho, bem quais passos futuros nos esperam neste processo de análise e formalização.

2. O Modelo MC

O modelo *MC*, de **M**ediação e **C**ognição, que está sendo proposto neste trabalho possui uma estrutura formal relativamente simples, composta de quatro grandes componentes:

$$MC = \langle \Psi, X, \Delta, \nabla \rangle \quad (1)$$

Seguindo uma associação usual ao símbolo Ψ , o componente Ψ irá representar os possíveis *estados mentais*, de caráter essencialmente psicológico, que um dado agente pode apresentar. O componente X (de *e*Xterno), por sua vez, representa os possíveis estados do *ambiente* ou *meio externo* que este agente interage. Enquanto isto, os componentes Δ e ∇ são formados por conjuntos de operadores que atuam sobre os objetos pertencentes as classes Ψ e X . O componente Δ conterá operadores que representarão as possíveis *percepções* do agente, enquanto que os operadores de ∇ representarão as *ações* que o agente poderá executar¹.

A classe Ψ representa os estados mentais que o agente poderá assumir ao longo de sua existência. Em termos formais se irá considerar que a classe Ψ é formada por uma série enumerável de estados mentais, ou seja:

$$\Psi = \{ \psi_1, \psi_2, \dots \} \quad (2)$$

O significado preciso dos índices i dos estados mentais ψ_i depende da interpretação ou aplicação que será dada ao modelo formal. Usualmente eles serão usados para representar a modalidade temporal, indicando a evolução dos estados mentais ao longo do tempo. Outras interpretações também são possíveis, estes índices podem representar, por exemplo, modalidades de possibilidade e necessidade, indicando os mundos (mentais) possíveis do agente. O único requisito assumido neste trabalho é que estes índices (e, por conseguinte, os estados mentais correlatos) sejam enumeráveis.

A classe X denota os possíveis estados do ambiente externo que o agente interage durante sua existência. A formalização completa e precisa da realidade externa do agente é um objetivo filosoficamente inatingível, no sentido que exigiria a formalização ou definição matemática completa do real. Porém, uma formalização parcial, no sentido de definir as propriedades mínimas esperadas do meio externo é um objetivo razoável. A hipótese básica assumida para este trabalho é que dentro dos possivelmente infinitos e indefinidos estados do meio externo, existe um subconjunto bem-definido e enumerável de estados. Somente estes estados serão de interesse dos agentes do modelo *MC*, portanto, somente estes estados pertencerão a classe X . A classe X representa então uma parte “bem comportada” (bem-definida e ordenada) da realidade que satisfaz a seguinte condição:

$$X = \{ \chi_1, \chi_2, \dots \} \quad (3)$$

¹ A seleção dos símbolos para as percepções e ações também não é casual: o símbolo Δ para as percepções pretende indicar o campo de visão (de cima para baixo) do agente, observando o seu meio externo, enquanto que o símbolo ∇ (*nabla*) para as ações, pretende representar uma das ferramentas mais antigas feitas pela humanidade, o machado de pedra dos primeiros hominídeos que, em sua forma básica de uma cunha de pedra com a parte superior arredondada, foi usada por mais de 2 milhões de anos.

O significado atribuído a enumeração dos estados externos também depende da interpretação dada ao modelo formal, podendo ser usada, por exemplo, para analisar a evolução temporal do ambiente, de acordo com as ações efetuadas pelos agentes.

2.1 Percepções

As percepções de um dado agente são representadas pelo componente Δ , que é formado por um conjunto enumerável de operadores de percepção δ_i :

$$\Delta = \{ \delta_1, \delta_2, \dots \} \quad (4)$$

Cada operador de percepção δ_i representa uma percepção distinta que o agente é capaz de fazer e que provoca uma determinada transformação em seu estado mental. Em termos algébricos é possível especificar as principais características destas transformações através da definição de um *tipo* para o operador de percepção correspondente. Este tipo é definido justamente em função das transformações que esta operação pode provocar sobre Ψ e X .

Para especificar os tipos das operações de percepção, primeiro serão analisadas as percepções físicas ou *objetivas* (também denominadas de *observações*), vinculadas aos eventos/elementos do meio externo que são detectados de forma direta pelo agente. Uma primeira abordagem ingênua assumiria que o tratamento formal apropriado as percepções poderia ser efetuado através de operadores que, quando aplicados sobre o meio externo, resultariam em propriedades do estado mental que indicam se uma dada observação é verdadeira ou não, ou seja, o tipo dos operadores δ_i seria $\delta_i: X \rightarrow \Psi$. Entretanto, esta abordagem é incompleta porque não leva em conta um aspecto intuitivo importante da noção de percepção, que é o fato de que quando um agente percebe algum fato novo então ele deve *transformar* seu estado mental para passar a ter ciência desta percepção. Dessa forma o tipo de operador matemático que formaliza o conceito de percepção deve incorporar esta noção de adequação ou acomodação. A idéia aqui será utilizar um *operador funcional* cujo domínio esteja vinculado ao *locus* da percepção e cujo contradomínio seja formado pelas funções que podem alterar o estado mental. Dessa forma as observações do agente serão representadas pelo subcomponente Δ^X de Δ que satisfaz as seguintes condições:

$$\Delta^X = \{ \delta_1^X, \delta_2^X, \dots \}, \text{ onde cada } \delta_i^X: X \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi] \quad (5)$$

A condição acima visa assegurar que cada operador de percepção δ_i^X incorpore pelos menos duas operações distintas: a detecção de alguma característica distinta no meio externo, e a transformação da estrutura de crenças do agente frente a esta detecção. O tipo $[\Psi \rightarrow \Psi]$ denota o conjunto de todas as funções que podem alterar o estado mental de um agente. Dessa forma, o tipo apropriado para os operadores δ_i^X é definido simplesmente como $X \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi]$ ².

As percepções de caráter físico provavelmente são utilizadas por todos os tipos de agentes. Para alguns tipos de agente (agentes reativos, por exemplo), elas podem ser a única forma de percepção disponível ao agente. Elas não são, entretanto, a única categoria possível de percepção sendo considerada no modelo *MC*. Também estamos considerando possíveis outras categorias ou modalidades de percepção, além da física, que estejam de acordo com perspectivas de caráter psicológico e social. Deste ponto de vista é importante, ao menos, a diferenciação entre as percepções de caráter psicológico, internas ao agente e essencialmente subjetivas, das percepções de natureza física, diretamente relacionadas a eventos externos.

A notação Δ^Ψ será usada para representar as percepções que agente tem a respeito de seu estado mental. Estas percepções podem ser caracterizadas como as percepções *subjetivas* e *internas* que o agente tem a respeito de seu estado mental, ou seja, são suas *percepções intra-subjetivas*. Formalmente Δ^Ψ possui a seguinte estrutura:

$$\Delta^\Psi = \{ \delta_1^\Psi, \delta_2^\Psi, \dots \}, \text{ onde cada } \delta_i^\Psi: \Psi \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi] \quad (6)$$

As percepções intra-subjetivas têm um papel fundamental no modelo *MC*, uma vez que é através destas percepções que são iniciados todos os processos de raciocínio (de transformação de

² Aqui a interpretação é direta: um operador de percepção é uma função que, quando aplicado sobre o meio externo X , identifica alguma característica deste meio e dependendo do que foi observado, retorna uma outra função apropriada para alterar o estado mental do agente, de forma a incorporar qualquer elemento significativo observado no meio externo ao estado mental do agente.

estado mental), não diretamente dependentes de entradas ou observações externas. No modelo *MC* não existem elementos ou construções adicionais para representar os processos de raciocínio, inferência ou transformação de estado mental de um agente, além daqueles desencadeados através de uma dada percepção. Assim, um determinado agente somente começa a raciocinar a respeito de alguma situação somente após ter se dado conta (ter se apercebido) desta situação.

A separação entre percepções objetivas / físicas e percepções intra-subjetivas/psicológicas é importante e útil em uma série de contextos, mas talvez não seja tão absoluta para todas as situações. Estamos assumindo como possível uma categoria intermediária de percepção, que combina ambos os tipos de perspectiva. Estas percepções externas, mas com características subjetivas, serão denominadas percepções *extra-subjetivas* do agente. O subcomponente Δ^Σ , de Δ , servirá para representar este tipo de percepção, o símbolo Σ tem o propósito de indicar que esta é uma categoria de percepção que une as perspectivas das outras categorias de percepção. Formalmente Δ^Σ tem uma estrutura similar a Δ^Ψ e Δ^X . Porém agora se devem levar em conta dois aspectos importantes, não presentes neste outros componentes: a vinculação desta categoria de percepção com a observação de características do meio externo, e com a identificação de que parte do estado mental do agente está diretamente relacionado com esta observação:

$$\Delta^\Sigma = \{ \delta_1^\Sigma, \delta_2^\Sigma, \dots \}, \text{ onde o tipo dos } \delta_i^\Sigma \text{ pode ser } X \rightarrow [\Psi \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi]] \text{ ou } \Psi \rightarrow [X \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi]] \quad (7)$$

Todo operador δ_i^Σ é um funcional que combina características observadas no meio externo com elementos do estado interno, para gerar ou selecionar uma função de tipo $\Psi \rightarrow \Psi$ que faz a alteração correspondente no estado mental do agente. Existem, entretanto, duas possibilidades para este processo de combinação: (I) Processo ascendente (*bottom-up*), onde se parte da observação de característica do meio externo, para então buscar elementos do estado interno que possam ser associados a estas características; (II) Processo descendente (*top-down*), que faz o caminho inverso, partindo da seleção de elementos do estado interno que serão utilizados em processos de busca/localização de características externas que estejam de acordo com os elementos selecionados do estado mental do agente. Os operadores de percepção de tipo $X \rightarrow [\Psi \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi]]$ seguem o processo *bottom-up* delineado em (I), enquanto que os operadores de tipo $\Psi \rightarrow [X \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi]]$ seguem o processo *top-down* delineado em (II). A notação $\delta_i^{\Sigma\Psi}$ indicará os operadores de percepção *top-down* e a notação $\delta_i^{\Sigma X}$, os operadores de percepção *bottom-up*.

2.2 Ações

No modelo *MC* as ações são representadas pelo componente ∇ (*nabla*). Este componente congrega todas as ações que o agente pode efetuar sobre o meio externo (sobre a sua realidade externa) e é formado por um conjunto enumerável de *operadores de ação* ν_i :

$$\nabla = \{ \nu_1, \nu_2, \dots \} \quad (8)$$

Os instrumentos de formalização que foram usados anteriormente sobre as percepções também se aplicam ao caso das ações, somente que agora o resultado esperado de uma ação deve ser uma alteração que o agente faz sobre o meio externo. Uma alteração sobre o meio externo é simplesmente uma função com domínio e imagem igual a X , assim o tipo desta função é $X \rightarrow X$, e o conjunto de todas as funções deste tipo é definido por $[X \rightarrow X]$. No modelo *MC* uma ação deve sempre resultar em alguma alteração do meio externo, ou seja, resultar em alguma função pertencente a $[X \rightarrow X]$. Assim, os operadores de ação ν_i também serão representados por funcionais, somente que agora estes funcionais devem retornar funções de tipo $X \rightarrow X$ ³.

As ações que um determinado agente pode fazer também podem ser subdivididas em categorias distintas, que formam a contrapartida das categorias de percepção vistas anteriormente. As categorias de percepção foram subdivididas pela origem do evento ou estado que provocou a

³ A noção intuitiva de ação é suficientemente vaga e geral para englobar outros domínios possíveis para as ações. Por exemplo, é possível conceber que as ações também possam ser de caráter cognitivo ou mental provocando alterações no estado mental do agente. Aqui neste trabalho, entretanto, usaremos uma perspectiva mais estrita do conceito de ação, pressupondo que o termo "ação" designa algum tipo de alteração ou transformação sobre o meio externo ao agente. Ações sobre estados mentais são representadas nos modelos *MC* como percepções intra-subjetivas ou extra-subjetivas.

percepção. Seguindo esta análise, as categorias de ação também serão subdivididas de acordo com a origem do evento ou estado que provocou a ação.

A categoria das *ações reativas* (ou *reações*) *básicas* do agente engloba as ações que não dependem do estado mental do agente, mas apenas de propriedades ou características observadas no meio externo. O componente ∇^X que representa estas ações tem a seguinte estrutura formal:

$$\nabla^X = \{ \nu_1^X, \nu_2^X, \dots \}, \text{ onde cada } \nu_i^X: X \rightarrow [X \rightarrow X] \quad (9)$$

As ações reativas visam representar os atos reflexos ou as reações instintivas do agente, permitindo modelar as ações que são executadas de forma automática após a detecção de algum evento externo. Não há para a execução deste tipo de ação, nenhuma pré-condição dependente do estado mental do agente.

As *ações proativas* (ou “*pró-ações*”) *básicas* do agente são provocadas pelo estado mental do agente. Esta categoria de ações é representada pelo componente ∇^Ψ com a seguinte estrutura:

$$\nabla^\Psi = \{ \nu_1^\Psi, \nu_2^\Psi, \dots \}, \text{ onde cada } \nu_i^\Psi: \Psi \rightarrow [X \rightarrow X] \quad (10)$$

Um operador $\nu_i^\Psi \in \nabla^\Psi$ é um funcional que seleciona uma determinada ação sobre o meio externo, representada por uma função de tipo $X \rightarrow X$, a partir de alguma características ou propriedade do estado mental do agente. A condição para realização depende apenas do estado mental do agente. O objetivo desta categoria é representar todas as ações causadas pelo agente em função de processos de decisão e planejamento internos do agente, que são dependentes de informações e conhecimentos contidos em seu estado mental.

Assim como no caso das percepções, também é possível conceber ações que dependam tanto de eventos externos quanto do estado interno para sua realização. Formalmente elas são representadas pelo componente ∇^Σ com a seguinte estrutura:

$$\nabla^\Sigma = \{ \nu_1^\Sigma, \nu_2^\Sigma, \dots \}, \text{ onde o tipo dos } \nu_i^\Sigma \text{ pode ser } \Psi \rightarrow [X \rightarrow [X \rightarrow X]] \text{ ou } X \rightarrow [\Psi \rightarrow [X \rightarrow X]] \quad (11)$$

De maneira similar as percepções, também existem duas formas de combinar eventos externos com estados internos para gerar uma determinada ação. No caso das ações, o conceito chave que guiou a análise desta combinação foi o conceito de *adaptação* da ação, ou seja, consideramos que esta adaptação ocorre nos dois casos: se for uma ação originada por um estado mental, mas cuja ação a ser efetivamente aplicada depende de alguma condição externa, ou então, se for uma ação causada por um evento externo, mas cuja resposta depende do estado mental.

Os operadores de ação de tipo $\Psi \rightarrow [X \rightarrow [X \rightarrow X]]$ representam as *ações proativas* (“*pro-ações*”) *adaptativas* do agente. Diferente das ações proativas básicas, o resultado da uma ação proativa adaptativa é uma funcional de tipo $X \rightarrow [X \rightarrow X]$ que visa representar um comportamento ou ação adaptativa do agente. Este funcional tem o mesmo tipo de uma ação reativa básica, e pode ser interpretado de maneira similar, mas com uma diferença importante: o comportamento automático ou ato reflexo que este funcional representa *foi ativado ou habilitado* por alguma propriedade do estado mental do agente, ou seja, não é uma reação básica ou instintiva do agente, independente do estado mental. Outra forma de se interpretar o funcional $X \rightarrow [X \rightarrow X]$ é considerá-lo como uma operação que adapta ou seleciona uma transformação apropriada a ser feita no meio externo (a função $X \rightarrow X$), dependendo do estado atual deste meio.

Por outro lado, os operadores de ação de tipo $X \rightarrow [\Psi \rightarrow [X \rightarrow X]]$ representam as *ações reativas* (*reações*) *adaptativas* do agente, que são as ações selecionadas como resposta de um agente frente a observação de algum evento no meio externo, mas cuja seleção depende das propriedades do estado mental do agente no instante da observação. As ações proativas adaptativas serão representadas pela notação $\nu_i^{\Sigma X}$, enquanto que a notação $\nu_i^{\Sigma \Psi}$ será usada para representar as reações adaptativas do agente.

2.3 Sociedades de Agentes e Conhecimento Compartilhado

Para representar uma *multiplicidade* de agentes basta assumir que cada agente tenha um modelo *MC* correspondente. Assim um sistema ou sociedade composto de n agentes será representado por n modelos *MC*: MC_1, MC_2, \dots, MC_n , onde cada modelo MC_a representa o agente a , com $1 \leq a \leq n$. A notação também pode ser aplicada aos componentes do modelo MC_a do agente a : Ψ_a, X_a, Δ_a e ∇_a

Apenas a existência de múltiplos agentes não é garantia suficiente para a existência de uma sociedade ou sistema de agentes. Para que um sistema ou sociedade de agentes possa efetivamente existir algumas condições adicionais devem valer. Em primeiro lugar deve haver alguma forma dos agentes interagirem. A única forma de interação direta que é possível entre dois agentes é através de um meio ambiente compartilhado entre eles (isto é, no modelo *MC* não existe “telepatia” ou “transferência” direta de conhecimentos de um agente a outro). Para tanto, deve-se assegurar que esta interação seja fisicamente possível, ou seja, no mínimo é necessário que a condição $X_a \cap X_b \neq \emptyset$ seja satisfeita, para que o agente *a* possa interagir com outro agente *b*.

A possibilidade de interação entre agentes é importante, mas não é tudo. O que se precisa é de uma interação com *significado*, ou seja, de alguma forma de comunicação que permita o compartilhamento de conhecimentos entre estes agentes. Este conhecimento compartilhado e comum fornece a base que torna o compartilhamento de significados possível e a comunicação entre os agentes efetiva. Neste trabalho estamos assumindo que estas bases compartilhadas são estruturadas na forma de *ontologias* sobre domínios estritos de conhecimento (Gruber, 1993), fornecendo definições para os termos e conceitos que podem ser compartilhados entre os agentes. Assim, uma primeira hipótese que se irá assumir é que o conhecimento possível de ser compartilhado entre os agentes pode ser identificado e isolado dos estados mentais dos agentes e mapeado em ontologias formais padronizadas, independentes dos estados mentais individuais dos agentes e idênticas para todos os agentes. Uma dada ontologia Θ é formada por um conjunto de *definições* que especifica que termos e conceitos podem pertencer a um determinado domínio de conhecimentos (Gruber, 1993). Em termos formais se irá pressupor apenas a semântica extensional da noção de ontologia e assumir que $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots\}$ denota um conjunto enumerável de estruturas θ_i , cada uma delas representando conjuntos de termos e conceitos reconhecidos pela ontologia.

Uma questão básica que deve ser resolvida no contexto da utilização de ontologias nos modelos *MC* é identificar qual “lugar” a ontologia irá ocupar dentro destes modelos⁴. Para resolver isto, a hipótese básica postulada neste trabalho é que para qualquer agente *a* pertencente ao sistema ou sociedade de agentes, seja possível a existência de dois mapeamentos⁵: $\Psi_a(\Theta): \Theta \rightarrow \Psi_a$ e seu inverso $\Theta(\Psi_a): \Psi_a \rightarrow \Theta$, que relacionam os termos e conceitos da ontologia Θ aos elementos ou partes dos possíveis estados mentais Ψ_a do agente *a*. O mapeamento $\Psi_a(\Theta)$ torna possível isolar a parte do estado mental do agente, que contém as estruturas mentais correspondentes aos termos e conceitos da ontologia Θ . Esta parte do estado mental do agente *a* será denotada por Ψ_a^Θ e representará o significado subjetivo que se quer atribuir aos termos e conceitos da ontologia Θ , já contextualizados como estruturas do estado mental do agente *a*. Por outro lado, o mapeamento $\Theta(\Psi_a)$ faz o caminho inverso e permite isolar na ontologia Θ os termos e conceitos correspondentes ao estado mental do agente *a*. Esta parte da ontologia será identificada por Θ_a^Ψ . A interpretação intuitiva para Θ_a^Ψ é a de fornecer o significado de caráter social, teoricamente independente dos significados internos.

Outra hipótese necessária para o compartilhamento de conhecimentos é que existam mapeamentos $X(\Theta): \Theta \rightarrow X$ e $\Theta(X): X \rightarrow \Theta$ que relacionem a ontologia ao meio externo. O mapeamento $X(\Theta)$ identifica a parte do meio externo, denotada por X^Θ , correspondente as marcas, sinais e signos concretos que representam as estruturas formais de Θ ⁶.

O estabelecimento de uma ontologia é necessário, porém não suficiente para tornar o compartilhamento de conhecimentos efetivos. Isto tem que ser feito através da *comunicação* deste

⁴ Da forma como está definida a ontologia Θ aparece isolada dos demais componentes (estados mentais, percepções, ações e ambiente externo), existindo como um elemento externo sem relação com estes componentes.

⁵ Aqui se está utilizando a idéia geral de *mapeamento* de A para B, como sendo apenas uma *relação* que associa elementos de A com elementos de B. Não há um requisito obrigatório de que estes mapeamentos sejam funções. A idéia de mapeamento inverso usada aqui corresponde apenas a inversão de alguns (parcial) ou de todos (total) os pares que compõem o mapeamento original. Também não há nenhum requisito que o mapeamento inverso (ou o original) seja uma função.

⁶ Intuitivamente X^Θ representa a *linguagem concreta* utilizada para expressar os termos e conceitos da ontologia Θ , enquanto que Θ^X representa a parte da ontologia que pode ser expressa por esta linguagem. Idealmente $\Theta^X = \Theta$, mostrando que a linguagem X^Θ é capaz de expressar todos os termos e conceitos de Θ .

conhecimento de um agente para outro⁷. A condição elementar para permitir a comunicação entre os agentes é assumir que esta comunicação se dará no contexto de uma determinada ontologia Θ através de *atos de comunicação* (ou *atos comunicativos*), modelados através de *percepções e ações de comunicação* do agente. As percepções de comunicação, denotadas pelo símbolo Δ_a^Θ , são definidas como um subconjunto das percepções extra-subjetivas ascendentes do agente ($\Delta_a^\Theta \subseteq \Delta_a^{\Sigma X}$), onde cada $\delta_{a,i}^\Theta \in \Delta_a^\Theta$ tem o tipo:

$$\delta_{a,i}^\Theta: X^\Theta \rightarrow [\Psi_a \rightarrow [\Psi_a^\Theta \rightarrow \Psi_a^\Theta]] \quad (12)$$

Cada percepção $\delta_{a,i}^\Theta \in \Delta_a^\Theta$ irá provocar uma transformação nas estruturas internas do agente a , representada pelo funcional $[\Psi_a \rightarrow [\Psi_a^\Theta \rightarrow \Psi_a^\Theta]]$, que é ativada pela percepção de sinais pertencentes a X^Θ . A alteração que será realmente feita, dependerá de Ψ_a , o estado mental atual do agente a . Esta alteração afetará apenas Ψ_a^Θ , que é a parte do estado mental do agente a correspondente a ontologia Θ .

A contrapartida das percepções de comunicação são as *ações de comunicação* ∇_a^Θ , formadas por um subconjunto das ações proativas adaptativas do agente a ($\nabla_a^\Theta \subseteq \nabla_a^{\Sigma X}$), onde cada $v_{a,i}^\Theta \in \nabla_a^\Theta$ tem o seguinte tipo:

$$v_{a,i}^\Theta: \Psi_a^\Theta \rightarrow [X \rightarrow [X^\Theta \rightarrow X^\Theta]] \quad (13)$$

Cada ação $v_{a,i}^\Theta \in \nabla_a^\Theta$ resulta em um funcional de tipo $[X \rightarrow [X^\Theta \rightarrow X^\Theta]]$, que denota a expressão ou transcrição em marcas ou sinais do meio externo de conhecimentos ou informações do estado mental do agente a relacionados com a ontologia Θ . Para fins de generalidade, a efetiva execução da ação de comunicação também depende da situação atual do meio externo X .

Para a enunciação de um ato comunicativo é necessário especificar o agente destinatário do ato, o tipo (a força ou o performativo) do ato (se é, por exemplo, um ato diretivo, assertivo, declarativo, ou outro) e finalmente o conteúdo (em termos de conhecimentos) do ato. Nos modelos *MC* estamos assumindo que estas características fazem parte do conhecimento comum dos agentes, sendo modeladas como componentes obrigatórios de qualquer ontologia Θ usada em algum modelo *MC*. Assim, Θ é formado por três componentes: $\mathcal{A}g(\Theta)$ que identifica (nomeia) os agentes conhecidos na ontologia Θ , $\mathcal{A}ct(\Theta)$ que representa os tipos de atos comunicativos aceitos por Θ e $\mathcal{C}(\Theta)$ que representa os demais conteúdos relacionados a esta ontologia. Isto tem reflexos no meio externo X^Θ , onde $\mathcal{A}g(X^\Theta)$ representa os sinais e signos (os termos da linguagem) que identificam os agentes no contexto da ontologia Θ , $\mathcal{A}ct(X^\Theta)$ representa os signos que identificam os atos comunicativos e $\mathcal{C}(X^\Theta)$ a linguagem de conteúdo da ontologia. Por sua vez, as notações $\mathcal{A}g(\Psi_a^\Theta)$, $\mathcal{A}ct(\Psi_a^\Theta)$ e $\mathcal{C}(\Psi_a^\Theta)$, serão usadas para representar, respectivamente, os significados dos nomes de agentes, dos tipos de atos e dos conteúdos, nos estados mentais de um dado agente a .

3. Modelagem Formal da Mediação

A unidade mais geral de análise empregada no projeto *Mediatec* (Passerino et al., 2007) é definida pelo conceito de *ação mediada* (ver Figura 1), tal como proposto por Wertsch (1999) a partir dos estudos sócio-históricos derivados de Vygotsky (1998), especialmente no que se refere à apropriação, de Bakhtin (1981) nos aspectos semióticos e de discurso e de Burke (1966, 1969) contemplando as múltiplas perspectivas da ação humana.

Para Wertsch (1999) o ponto principal de tensão na proposta de Burke encontra-se na dialética entre *agente* e *agência*, e que seria irreduzível em elementos separados para análise. Esse sistema constituído pelo agente e a agência é que o autor denomina de *ação mediada*. Para este

⁷ A teoria clássica de comunicação entre agentes (Cohen e Levesque, 1995; Sadek 1992) define um conjunto relativamente complexo de condições lógicas (derivadas da Teoria dos Atos da Fala de Searle), que devem ser satisfeitas pelos agentes em um sistema multiagente para que esta comunicação ocorra. Para evitar os problemas de se utilizar apenas conceitos de agência mental *individual* na definição da semântica dos atos comunicativos (Chaib-Draa e Dignun, 2002; Singh, 1998), este trabalho assume um conjunto mais restrito das condições previstas originalmente por Cohen e Levesque ou Sadek, mas que ainda torna possível e efetiva a comunicação, sem requerer demasiado das características individuais dos agentes.

autor uma ação mediada pode ser tanto interior como exterior e pode ser tanto individual como coletiva. Porém, é importante destacar que toda e qualquer ação mediada tem necessariamente uma dimensão psicológica individual e uma dimensão exterior instrumental ou objetiva, ambos os elementos se tencionam e se inter-relacionam de forma não redutível. No contexto dos modelos **MC** isto implica que as ações mediadas devem ser representadas por um tipo de operação dual que afetaria, ao mesmo tempo, os estados mentais internos do agente e também o estado externo, ou seja, uma combinação de uma percepção e de uma ação.

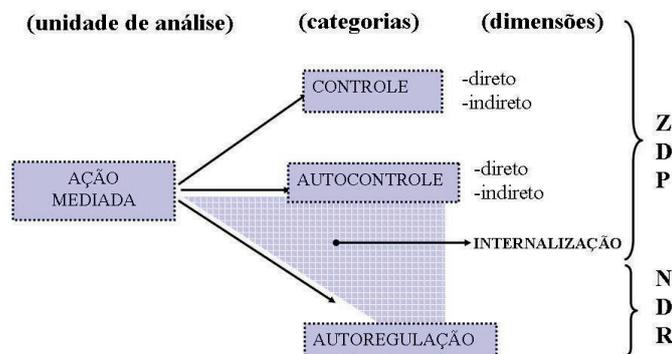


Figura 1 – Categorias Iniciais da Ação Mediada e suas dimensões

Formalmente uma ação mediada poderia ser definida simplesmente pela combinação de uma percepção extra-subjetiva $\delta_j^\Sigma \in \Delta^\Sigma$ com uma ação adaptativa $\nu_j^\Sigma \in \Delta^\Sigma$. O operador funcional ; combina percepções e as ações de tipo apropriado, gerando uma operação composta que causa efeitos no estado mental e no ambiente externo. Usando uma visualização gráfica para representar o produto cartesiano de funcionais, o tipo de uma mediação $\delta_j^\Sigma ; \nu_j^\Sigma$ é o seguinte:

$$\delta_j^\Sigma ; \nu_j^\Sigma : \Psi \rightarrow \left[\begin{array}{l} X \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi] \\ X \rightarrow [X \rightarrow X] \end{array} \right] \quad \text{ou então} \quad \delta_j^\Sigma ; \nu_j^\Sigma : X \rightarrow \left[\begin{array}{l} \Psi \rightarrow [\Psi \rightarrow \Psi] \\ \Psi \rightarrow [X \rightarrow X] \end{array} \right] \quad (14)$$

O objetivo da formalização que estamos buscando neste trabalho não é apenas caracterizar o que é uma ação mediadora, mas usar este tipo de ação como unidade de análise de fenômenos de interação social. Para tanto, estamos assumindo que é possível identificar, dentre os inúmeros processos internos de um agente, aqueles que representam ações mediadoras. Em termos formais, esta identificação é feita simplesmente pela definição do conjunto Λ das ações mediadoras:

$$\Lambda = \{ \lambda_1, \lambda_2, \dots \}, \text{ onde para cada } \lambda_i \in \Lambda, \text{ tem-se que } \lambda_i = \delta_j^\Sigma ; \nu_k^\Sigma \text{ para algum } \delta_j^\Sigma \in \Delta^\Sigma \text{ e } \nu_k^\Sigma \in \Delta^\Sigma \quad (15)$$

A relação entre agente e modos de mediação (agência) que Wertsch denomina de ação mediada implica ou relaciona-se intimamente com os conceitos de *apropriação* e *mediação*. Ambos os processos encontram-se presentes em uma ação mediada $\lambda_i \in \Lambda$ na medida em que o sujeito (agente) internaliza uma operação e altera seus estados mentais (a apropriação, representada pela função $[\Psi \rightarrow \Psi]$ resultante da ação) e para isso faz uso de instrumentos e símbolos na ação (a mediação, essencialmente uma ação sobre o meio externo representada pela função $[X \rightarrow X]$ resultante da ação). A mediação é material seja por instrumentos ou por meio da linguagem (expressa externamente na forma de palavras ou internamente na forma de conceitos ou signos). O agente mediador pode ser outro agente, um objeto ou um conceito (nesse caso o próprio agente é seu mediador). A apropriação relaciona-se com os processos psicológicos e com a forma de mediação proposta que pode restringir ou possibilitar a ação, sendo estas relações da noção de agência empregada no contexto. Esta noção de agência pode ser caracterizada por uma *Teoria Formal de Agência* que representa e dá significados precisos para estes processos. No caso dos modelos **MC**, isto se traduz em restrições adicionais a um modelo em particular, que especificam o tipo de teoria formal que deve ser empregada para representar os estados mentais

ou as ações sobre o meio externo⁸. Assim a ação mediadora influencia no processo de apropriação e ganha características qualitativamente diferentes a partir dos modos de mediação adotados.

Por outro lado, a apropriação acontece segundo Tomasello (2003) numa cena denominada de *atenção conjunta*. Uma *cena de atenção conjunta* é um processo de interação social de caráter triádico no qual participam dois agentes a partir de um contexto compartilhado, falando ou manipulando objetos (instrumentos e/ou signos). Essa manipulação é denominada de mediação. As cenas de atenção conjunta são processos complexos de interação social triádico no qual se requer uma coordenação de interações entre sujeitos e objetos resultando num triângulo referencial composto pelo sujeito A, o sujeito B e o objeto e/ou evento ao qual prestam atenção⁹. Numa cena de atenção conjunta os sujeitos precisam se identificar como agentes intencionais, ou seja, cenas de atenção conjunta são definidas intencionalmente ao "... fornecer o contexto intersubjetivo em que se dá o processo de interação." (Tomasello, 2003 p.137).

A formalização das cenas de atenção conjunta nos modelos *MC* passa pela pressuposição da existência de uma ontologia Θ que definirá o contexto de significados e signos para esta cena. Como resultado, as ações mediadas Λ_a de um dado agente a devem ser vistas no contexto da ontologia que representa a cena. Um cenário relativamente simples de mediação permitirá ilustrar a estrutura formal das ações de mediação em uma cena de atenção conjunta. Para tanto vamos pressupor um cenário composto da ilocução de um ato comunicativo s de a para b e no posterior reconhecimento deste ato por b . Neste cenário, a ação mediadora $\lambda_{a,i} \in \Lambda_a$ do agente a será a responsável pela ilocução do ato comunicativo para o agente b . O tipo desta ação, já levando em conta a ontologia que define o contexto de significados da cena, é o seguinte:

$$\lambda_{a,i}: \Psi_a^\Theta \rightarrow \left[\begin{array}{l} X^\Theta \rightarrow [\Psi_a^\Theta \rightarrow \Psi_a^\Theta] \\ X^\Theta \rightarrow X^\Theta \end{array} \right] \quad (16)$$

A ação mediadora $\lambda_{b,j} \in \Lambda_b$ será a ação mediadora do agente b que reconhece a ilocução do agente a no meio externo e faz a apropriação e mediação correspondente. O tipo desta ação é:

$$\lambda_{b,j}: X^\Theta \rightarrow \left[\begin{array}{l} \Psi_b^\Theta \rightarrow [\Psi_b^\Theta \rightarrow \Psi_b^\Theta] \\ X^\Theta \rightarrow X^\Theta \end{array} \right] \quad (17)$$

Uma cena de atenção conjunta particular fica completa quando ambas as ações mediadoras são compostas através de um operador funcional apropriado. Usaremos o símbolo \mathbf{V} para denotar o operador funcional de criação de uma cena de atenção conjunto. Com este operador a composição de $\lambda_{a,i} \mathbf{V} \lambda_{b,j}$ fica com a seguinte estrutura de transformações:

$$\lambda_{a,i} \mathbf{V} \lambda_{b,j}: \Psi_a^\Theta \rightarrow \left[\begin{array}{l} X^\Theta \rightarrow [\Psi_a^\Theta \rightarrow \Psi_a^\Theta] \\ X^\Theta \rightarrow \left[\begin{array}{l} \Psi_b^\Theta \rightarrow [\Psi_b^\Theta \rightarrow \Psi_b^\Theta] \\ X^\Theta \rightarrow X^\Theta \end{array} \right] \end{array} \right] \quad (18)$$

O caráter triádico de uma cena de atenção conjunta se evidencia pelas transformações resultantes da operação $\lambda_{a,i} \mathbf{V} \lambda_{b,j}$: a transformação $[\Psi_a^\Theta \rightarrow \Psi_a^\Theta]$ do estado mental do agente a , a transformação $[\Psi_b^\Theta \rightarrow \Psi_b^\Theta]$ do estado mental de b , e as transformações finais no meio externo definidas pelo funcional $[X^\Theta \rightarrow X^\Theta]$.

A identificação dos agentes em uma dada cena, bem com dos objetos em foco, é explicitada através da estruturação da ontologia em termos dos componentes $Ag(\Theta)$, $Act(\Theta)$ e $C(\Theta)$, que identificam, respectivamente, os agentes, atos comunicativos e conteúdos possíveis na ontologia Θ , e portanto no contexto da cena. Assim, a expressão do ato comunicativo s no meio

⁸ Pode-se, por exemplo, impor restrições para que sejam usados estados mentais BDI, modelados através de Lógicas Epistêmicas, ou que estes estados permitam redes de crenças probabilísticas, dependentes do Teorema de Bayes (Redes Bayesianas).

⁹ É justamente nestas cenas que se desenvolve o processo de mediação, no qual aprendemos "coisas" através dos outros, dos artefatos e práticas culturais nas quais participamos e dos problemas e situações que enfrentamos. Esse processo de mediação nos permite utilizar artefatos e práticas para além do mundo físico, para o mundo psicológico das interações, das crenças, das representações mentais, dos nossos pares e das nossas mentes.

externo, é definida através de triplas $s = \langle a_\chi, t_\chi, c_\chi \rangle$ com $a_\chi \in \mathcal{A}_g(X^\Theta)$, $t_\chi \in \mathcal{A}_{ct}(X^\Theta)$ e $c_\chi \in C(X^\Theta)$. Assim a linguagem de comunicação X^Θ será formada pelo conjunto de todas as triplas $\langle a_\chi, t_\chi, c_\chi \rangle$ possíveis na ontologia Θ . Estruturações similares também poderiam ser assumidas para os conjuntos Ψ_a^Θ e Ψ_b dos estados mentais dos agentes a e b .

Entretanto, tal como discutido anteriormente em relação aos processos de apropriação das ações mediadas, a intencionalidade em uma cena de atenção conjunto é dada por condições adicionais sobre os estados mentais do modelo MC , que definem o tipo particular de modelo formal que um agente a pode formar a respeito de outro, ou seja, quais modelos (significados) de agentes podem ser construídos em $\mathcal{A}_g(\Psi_a^\Theta)$. No mínimo, o conceito de intencionalidade depende de uma teoria e de uma lógica formal que permitam expressar o conceito de intenção dos agentes, nos moldes da Lógica da Ação e da Intenção (Bratman, 1990; Cohen e Levesque, 1990).

4. Futuros Trabalhos e Desdobramentos

O projeto *Mediatec* já se encontra em andamento e tem previsão de duração de três anos. Atualmente foi concluída a etapa inicial que consistiu na validação empírica das categorias e da formalização inicial das mesmas. Existem, entretanto, vários desafios para a continuação deste processo de formalização. Em particular, a ação mediadora que acontece numa ação conjunta tem algumas categorias qualitativamente diferenciadas em função da participação do sujeito menos experiente. Inicialmente o parceiro menos experiente pode iniciar sua participação a partir de uma ação de controle sendo o parceiro mais experiente responsável pelo desenvolvimento da ação. Pouco a pouco, num processo de participação guiada o sujeito menos experiente vai assumindo maior autonomia migrando para uma ação de autocontrole, até chegar ao processo de internalização onde acontece a auto-regulação. Esse processo social no qual acontece a apropriação foi denominado por Vygotsky(1998) de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). E é justamente nessa zona que a diade (sujeito mais experiente e menos experiente) iniciam uma atividade em conjunto para resolução de problema compartilhando conhecimentos e responsabilidades.

Assim, um próximo objetivo de pesquisa em termos de formalização, será a definição destas categorias qualitativamente diferenciadas (essencialmente assimétricas) vinculadas aos processos de ensino-aprendizagem, além do estabelecimento de uma topologia apropriada para o espaço social da ZDP, que possa ser induzida pelos modelos formais socio-psicológicos de cada agente, ou seja, induzida pela estrutura formal das ações de mediação e cenas de atenção conjunta dos agentes em um processo particular de interação social de ensino-aprendizagem.

Para tanto há um trabalho em andamento que visa aplicar o modelo MC na especificação do modelo de Dillenburg e Self (1992) para os processos de ensino-aprendizagem em sistemas tutores inteligentes, e a posterior generalização deste modelo para incorporar os mecanismos de negociação pedagógica previstos em (Gluz et al, 2006a).

Referências Bibliográficas

- Bakhtin, M. (1981) *The dialogic imagination: Four essays for M. Bakhtin*. Ed. Holquist. Austin: University of Texas Press.
- Bratman, M. E. (1990) 'What is intention?', In: Cohen, P., Morgan, J.; Pollack, M. (Eds.) *Intentions in Communication*. p. 15-31. MIT Press, Cambridge, MA.
- Burke, K. (1966) *Language as symbolic action: Essays on life, literature and method* Berkeley: University of California Press.
- Burke, K. (1969) *A grammar of motives*. Berkeley: University of California Press.
- Chaib-Draa, B. e Dignun, F. (2002) 'Trends in Agent Communication Language', *Computational Intelligence*, Cambridge, v. 2, n. 5.
- Cohen, P. e Levesque, H. (1990) 'Intention Is Choice with Commitment', *Artificial Intelligence*, n. 42, p. 213-261.
- Cohen, P. e Levesque, H. (1995) 'Communicative Actions for Artifical Agents', *Procs. of ICMAS95*, San Francisco. Cambridge: MIT Press.

-
- Coll, C. Um marco de referência psicológico para a educação escolar: a concepção construtivista do ensino e da aprendizagem. In Coll, C., Palácios, J., Marchesi, A. (Orgs.) *Desenvolvimento Psicológico e educação: Psicologia e Educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. v.2, p. 389-406.
- Diaz, R., Neal, C. e Amaya-Williams, M. Orígenes sociales de la autorregulación. In Moll, L.C (comp) *Vygotsky y la educación: connotaciones y aplicaciones de la psicología socio histórica en la educación*. Bs. As.: Aique Grupo Editor, 1993.
- Dillenbourg, P. e Self, J.A. (1992) 'A framework for learner modelling', *Interactive Learning Environments*, n. 2, p.111-137.
- Doise, W. Capítulo 1: El desarrollo social de la inteligencia: compendio histórico. In: Mugny, G e Pérez, J. (Eds.). *Psicología Social del Desarrollo Cognitivo*. Espanha: Editorial Anthropos, 1988.
- Echeita G. e Martin, E. *Interação Social e Aprendizagem*. In Coll, C., Palácios, J. e Marchesi, A. (Org.) *Desenvolvimento Psicológico e educação: necessidades educativas especiais e aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. v.3, p. 36-53.
- Gallimore, R. e Tharp, R. *Concepción educativa en la sociedad: enseñanza, escolarización y alfabetización*. In Moll, L.C (comp) *Vygotsky y la educación: connotaciones y aplicaciones de la psicología socio histórica en la educación*. Bs. As.: Aique Grupo Editor, 1993.
- Giraffa, L. e Vicari, R. (1998) 'The Use of Agents Techniques on Intelligent Tutoring Systems', *Proceedings of 18th International Conference of the Chilean Computer Science Society*, Antofagasta, Chile: IEEE.
- Gluz, J.C., Vicari, R. M. e Flores, C. D. (2006a) 'Formal Aspects of Pedagogical Negotiation in AMPLIA System'. In Nedjah, N. e Mourelle, L. M. (Eds.) *Intelligent Educational Machines*, Series: *Intelligent Systems Engineering Book Series*. Springer-Verlag.
- Gluz, J.C., Vicari, R. M., Flores, C.D. e Seixas, L. (2006b) 'Formal Analysis of the Communication of Probabilistic Knowledge', *Proceedings of IFIP AI 2006 - WCC 2006*, Santiago, Chile.
- Gruber, T.R. (1993). 'A Translation Approach to Portable Ontology Specification', *Knowledge Acquisition* 5: 199-220.
- Mugny, G e Pérez, J. (Eds.). *Psicología Social del Desarrollo Cognitivo*. Espanha: Editorial Anthropos, 1988.
- Passerino, L. M., Gluz, J. C. e Vicari, R. M. (2007) 'Uma Proposta para Mediação Tecnológica em Espaços Virtuais de Aprendizagem', *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, São Paulo.
- Passerino, L. M. (2005) *Pessoas com Autismo em Ambientes Digitais de Aprendizagem: estudo dos processos de Interação Social e Mediação*. Doctorate thesis, UFRGS.
- Pearl, J. (1993) 'Belief Networks Revisited', *Artificial Intelligence*, Amsterdam, n. 59, p. 49-56.
- Rao, A.S. e Georgeff, M. P. (1991). 'Modeling rational agents within a BDI-architecture', *Proceedings of Knowledge Representation and Reasoning (KR&R-91)*, p. 473-484. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Sadek, M. D. (1992). 'A Study in the Logic of Intention', *Procs. of KR'92*, p. 462-473, Cambridge, USA.
- Singh, M. (1998) 'Agent Communication Languages: Rethinking the Principles', *IEEE Computer*, Los Alamitos, v.31, n.12, p. 40-47.
- Tomasello, M. (2003) *Origens Culturais da Aquisição do Conhecimento Humano*. São Paulo: Martins Fontes (Coleção Tópicos).
- Vygotsky, L. S. (1998) *Formação Social da Mente*. 6º Edição.- São Paulo: Martins Fontes.
- Werstch, J. (1988) *Vygotsky y la formación social de la mente*. Serie *Cognición y desarrollo humano*. Barcelona: Ed. Paidós.
- Wertsch, J. (1999) *La Mente en Acción*. Buenos Aires: Aique.