

Proposta dos Conceitos de Assimilação e Acomodação em Arquiteturas Neurais Artificiais

Malcon Anderson Tafner

Associação Educacional Leonardo da Vinci - ASSEVI

Rua Alexandre Flemming, 59 - Blumenau – SC

89010-670 - Fone (047) 322-5545

E-mail : malcon@flynet.com.br

Abstract

This paper presents a proposal for the construction of a constructivist neural network, based on the assimilation and accommodation concepts as established by Jean Piaget. Our goal is to explore and demonstrate the plausibility that artificial neural networks can function in accordance with the constructivist paradigm, diminishing the gap between behavior theories and cognition mechanisms.

1. Introdução

O avanço de ciências como a *neurociência*, e teorias progressistas como o construtivismo de Jean Piaget tem proporcionado inúmeras descobertas científicas de grande importância para o entendimento de fenômenos comportamentais. Poderíamos citar, por exemplo, a plasticidade neural como uma área de estudos que vem avançando sobre o comportamento e a habilidade de adaptação dos seres vivos através do rearranjo constante das infinitas conexões dendríticas dos neurônios.

Outras ciências também têm prosperado nesta busca, e cabe citar os avanços da inteligência artificial, onde muitos estudos têm concentrado especial atenção em entender o funcionamento da engenharia do conhecimento do cérebro humano. Uma dessas teorias é conhecida como “redes neurais artificiais”, objeto de estudo deste artigo.

2. A Construção do Conhecimento Segundo Piaget

2.1. A Organização e a Adaptação

Jean Piaget, para explicar o desenvolvimento intelectual, partiu da idéia que os atos biológicos são atos de adaptação ao meio físico e organizações do meio ambiente sempre procurando manter um equilíbrio. Assim, Piaget entende que o desenvolvimento intelectual age do mesmo modo que o desenvolvimento

biológico (WADSWORTH, 1996). Para Piaget, a atividade intelectual não pode ser separada do funcionamento “total” do organismo (1952, p.7) :

Do ponto de vista biológico, organização é inseparável da adaptação: Eles são dois processos complementares de um único mecanismo, sendo que o primeiro é o aspecto interno do ciclo do qual a adaptação constitui o aspecto externo.

Ainda segundo Piaget, a adaptação acontece através da organização, e assim, o organismo discrimina entre a miríade de estímulos e sensações com os quais é bombardeado e as organiza em alguma forma de estrutura (PULASKI, 1986).

2.2. Os Esquemas

WADSWORTH (1996) define os esquemas como estruturas mentais, ou cognitivas, pelas quais os indivíduos intelectualmente se adaptam e organizam o meio. Assim sendo, os esquemas são tratados, não como objetos reais, mas como conjuntos de processos dentro do sistema nervoso. Os esquemas não são observáveis, são inferidos e, portanto, são constructos hipotéticos.

Estes esquemas são utilizados para processar e identificar a entrada de estímulos, e graças a isto o organismo está apto a diferenciar estímulos, como também está apto a generalizá-los. Vemos então que os esquemas são estruturas intelectuais que organizam os eventos como eles são percebidos pelo organismo, e classificados em grupos de acordo com características comuns.

2.3. A Assimilação e Acomodação

A assimilação é o processo cognitivo pelo qual uma pessoa integra um novo dado perceptual, motor ou conceitual às estruturas cognitivas prévias (WADSWORTH, 1996). Ou seja, quando uma criança tem novas experiências (vendo coisas novas, ou ouvindo coisas novas) ela tenta adaptar esses novos

estímulos às estruturas cognitivas que já possui. O próprio Piaget define a assimilação como (PIAGET, 1996, p. 13) :

... uma integração à estruturas prévias, que podem permanecer invariáveis ou são mais ou menos modificadas por esta própria integração, mas sem descontinuidade com o estado precedente, isto é, sem serem destruídas, mas simplesmente acomodando-se à nova situação.

Por exemplo, imaginemos que uma criança está aprendendo a reconhecer animais, e até o momento, o único animal que ela conhece e tem organizado esquematicamente é o cachorro. Assim, podemos dizer que a criança possui, em sua estrutura cognitiva, um esquema de cachorro. Pois bem, quando apresentado, à esta criança, um outro animal que possua alguma semelhança, como um cavalo, ela a terá também como cachorro (marrom, quadrúpede, um rabo, pescoço, nariz molhado, etc.).

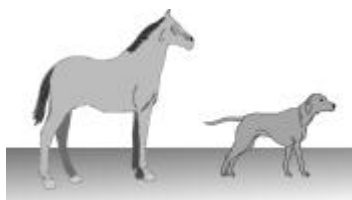


Figura 01 – Ligeira semelhança morfológica entre um cavalo e um cachorro

Notadamente, ocorre, neste caso, um processo de assimilação, ou seja a similaridade entre o cavalo e o cachorro (apesar da diferença de tamanho) faz com que um cavalo passe por um cachorro em função da proximidade dos estímulos e da pouca variedade e qualidade dos esquemas acumulados pela criança até o momento. A diferenciação do cavalo para o cachorro deverá ocorrer por um processo chamado de acomodação.

A acomodação acontece quando a criança não consegue assimilar um novo estímulo, ou seja, não existe uma estrutura cognitiva que assimile a nova informação satisfatoriamente em função das particularidades desse novo estímulo (NITZKE et alli, 1997a). Diante deste impasse, restam apenas duas saídas: criar um novo esquema ou modificar um esquema existente. Ambas as ações resultam em uma mudança na estrutura cognitiva. Ocorrida a acomodação, a criança pode tentar assimilar o estímulo novamente, e uma vez modificada a estrutura cognitiva, o estímulo é prontamente assimilado.

2.4. A Teoria da Equilibração

Segundo Piaget (Apud WADSWORTH, 1996), a teoria da equilibração, de uma maneira geral, trata de um ponto de equilíbrio entre a assimilação e a acomodação,

e assim, é considerada como um mecanismo auto-regulador, necessária para assegurar à criança uma interação eficiente dela com o meio-ambiente.

A importância da teoria da equilibração, é notada principalmente frente a dois postulados¹ (PIAGET, 1975, p.14) :

Primeiro Postulado : Todo esquema de assimilação tende a alimentar-se, isto é, a incorporar elementos que lhe são exteriores e compatíveis com a sua natureza.

Segundo Postulado : Todo esquema de assimilação é obrigado a se acomodar aos elementos que assimila, isto é, a se modificar em função de suas particularidades, mas, sem com isso, perder sua continuidade (portanto, seu fechamento enquanto ciclo de processos interdependentes), nem seus poderes anteriores de assimilação.

O primeiro postulado limita-se a consignar um motor à pesquisa, e não implica na construção de novidades, uma vez que um esquema amplo pode abranger uma gama enorme de objetos sem modificá-los ou compreendê-los. O segundo postulado afirma a necessidade de um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação na medida em que a acomodação é bem sucedida e permanece compatível com o ciclo, modificado ou não. Em outras palavras, PIAGET (1975) define que o equilíbrio cognitivo implica em afirmar :

1. A presença necessária de acomodações nas estruturas;
2. A conservação de tais estruturas em caso de acomodações bem sucedidas.

Esta equilibração é necessária visto que se uma pessoa só assimilasse estímulos acabaria com alguns poucos esquemas cognitivos, muito amplos, e por isso, incapaz de detectar diferenças no mundo que o cerca. O contrário também é nocivo, pois se uma pessoa só acomodasse estímulos, acabaria com uma grande quantidade de esquemas cognitivos, porém muito pequenos, acarretando uma taxa de generalização tão baixa que a maioria das coisas seriam vistas sempre como diferentes, mesmo pertencendo à mesma classe.

3. A Plausibilidade Construtivista

Falando um pouco sobre a plausibilidade de se obter uma rede neural que possua características próprias de aquisição de novos conceitos, conforme a teoria construtivista, podemos inferir um pouco sobre essas características apresentando algumas idéias acerca da aquisição de conceitos e de um aprendizado neural construtivista.

¹ Piaget fala de postulados no sentido de hipóteses gerais extraídas do exame dos fatos.

A idéia do construtivismo neural artificial parte da construção dos esquemas segundo as definições apresentadas de acomodação, assimilação e equilíbrio das estruturas cognitivas. Evidentemente, devemos limitar o alcance da discussão, uma vez que, como o próprio Piaget a define, o estudo da inteligência é muito mais amplo do que parece ser.

Para Piaget, a palavra aprendizagem refere-se à aquisição de uma resposta particular, apreendida em função da experiência, obtida de forma sistemática ou não (MACEDO, 1994). No sentido lato, a aprendizagem é chamada por Piaget de desenvolvimento, sendo esta, então, a responsável pela formação dos conhecimentos.

3.1. A aquisição de novos conceitos

A aquisição de conceitos tem envolvido muitas frentes de pesquisa, muitas delas sediadas em estudos sobre inteligência artificial. Neste contexto, é visto que a aquisição de conceitos pode envolver processos cognitivos, e portanto, é um processo que envolve diretamente a teoria do aprendizado.

FODOR (1980) formulou algumas condições sobre a aquisição de conceitos com a intenção de definir claramente o que é o processo de aquisição. As condições propostas são as seguintes :

1. O conceito deve estar fora do domínio do agente cognitivo que deverá aprender;
2. Através de algum processo, esse agente cognitivo precisa adquirir o conceito;
3. O agente cognitivo deve aprender as condições de verdade para aquele conceito, ou seja, deve confiar no conceito adquirido.

Para tornar essas questões mais precisas, é necessário adotar uma medida quantitativa do poder de representação de um estrutura cognitiva qualquer, que possa expressar a complexidade do sistema em função do tempo. É dessa forma que poderemos avaliar a quantidade e a confiança do aprendizado em um estrutura cognitiva.

Assim, seguindo ainda esta linha de pensamento, FODOR (1980) considera que uma medida poderia ser formulada da seguinte forma: um sistema, em algum tempo t , tem uma estrutura mais poderosa que no tempo $t-1$ somente se o conjunto de verdades, que poderia ser expressa pela lógica do sistema instanciado no tempo t , fosse maior que o conjunto de verdades que poderia expressar pela lógica no tempo $t-1$.

3.2. A Plausibilidade Construtivista das Redes Neurais

Seguindo uma linha de pensamento que procura dar crédito às redes neurais artificiais, QUARTZ (1993) parte do pressuposto que uma rede neural pode vir a ter uma

arquitetura que pode ser identificada com uma classe de conceitos.

Partindo então desse pressuposto, QUARTZ sugere que a rede neural deva ter habilidades para alterar sua própria arquitetura. Essas habilidades deveriam ser realizadas de maneira que a rede seja capaz de estender sua classe de representações além do seu estado inicial, e assim ser capaz de adquirir novos conceitos. Para elucidar a discussão que se segue, tomamos como definição de representação a mesma definição descrita por QUARTZ onde, segundo ele, uma representação é “como uma codificação neural de informações e transformações derivadas do ambiente resultantes da aplicação de operações mentais” (p. 5, 1993).

Assim, para se obter um sistema cognitivo dentro de um contexto construtivista, QUARTZ (1993) procurou definir duas condições :

1. A adição de estruturas deve ser não trivial, sendo vista como um processo de aprendizado;
2. O sistema cognitivo precisa oferecer uma medida quantitativa apropriada para incrementar progressivamente o poder de representação do sistema.

Para QUARTZ (1993), a premissa de um sistema que tenha capacidade para alterar sua arquitetura adicionando novos neurônios artificiais, e assim modificar as conexões sinápticas envolvidas nessa mudança arquitetural, pode ser considerada como uma interpretação natural do construtivismo em termos de aprendizado de redes neurais artificiais².

Essas idéias foram elaboradas partindo de estudos (WHITE Apud QUARTZ e SEJNOWSKI, 1998) correlacionando os estágios de desenvolvimento cognitivo com o crescimento das estruturas neurais biológicas do cérebro de mamíferos. A cada nova percepção, ou memorização, ocorre a expansão de antigas estruturas, onde simplesmente são adicionadas às estruturas já existentes.

Se apoiando nestas teorias, QUARTZ e SEJNOWSKI (1998) procuram demonstrar que o poder representacional das redes neurais artificiais dependem diretamente da disponibilidade de crescimento da rede, ou seja, deve possuir a capacidade de transpor a barreira da arquitetura fixa para aumentar o seu poder de representação.

3.3. As Estruturas Cognitivas Artificiais

² Conforme QUARTZ, a caracterização de um sistema que possa somar estruturas através do aprendizado não é uma exclusividade das redes neurais artificiais, algoritmos baseados em Turing também podem ser formulados de forma que produzam resultados similares.

Buscando uma solução piagetiana para definir estruturas cognitivas, LIMA (1994) escreveu que uma estrutura, do ponto de vista cognitivo, é composta por um conjunto de esquemas da mesma forma que o sistema cognitivo é composto por um conjunto de estruturas.

Considerando, então, que uma estrutura cognitiva é composta por esquemas, e que uma rede neural pode ser tratada como uma estrutura cognitiva, temos os neurônios da rede como os responsáveis pela manutenção desses esquemas.

3.3.1. As Operações Mentais

Se entendermos como representação (QUARTZ, 1993, p. 5) “uma codificação neural de informações e transformações derivadas do ambiente resultantes da aplicação de operações mentais”, entendemos também que precisamos definir os operadores mentais responsáveis pela manutenção dos “conceitos” no córtex artificial. Para tanto, o algoritmo de aprendizado da rede neural construtivista pode ser visto, analogamente, como um sistema de operações mentais, uma vez que é através dele que temos os conceitos representados no córtex artificial.

Dessa maneira, seguindo orientação de QUARTZ e SEJNOWSKI (1998), para que o algoritmo de aprendizado da rede neural construtivista tenha propriedades de aprendizado diferentes, podemos sugerir que esse algoritmo tenha propriedades que simulem as operações de acomodação e assimilação, inclusive com regras que procurem patrocinar o conceito de equilíbrio das estruturas cognitivas, ou seja, que mantenha um equilíbrio entre a quantidade de acomodações e assimilações realizadas no córtex artificial.

Apesar do agente cognitivo ser o construtor dos seus próprios conhecimentos, ele deve fazê-lo partindo de um sistema de feedback. Ou seja, o agente precisa saber se o esquema selecionado, frente ao estímulo recebido, teve sucesso ou não. Isto, grosseiramente, ajudará a determinar a necessidade de acomodação ou assimilação do estímulo presente nas entradas da rede neural.

Para exemplificar o processo, vamos imaginar que os neurônios do nosso córtex artificial respondam aos seguintes estímulos : banana, limão e cereja. E que suas representações no mapa do córtex artificial estejam dispostas da seguinte maneira:

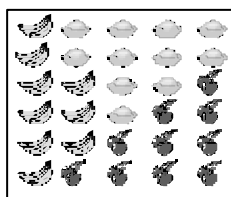


Figura 02 – Disposição de representações em um córtex artificial

Pois bem, dado o mapa representacional da figura 02, podemos deduzir que o córtex apresentado não possui representação para o estímulo maçã. Dessa maneira, quando apresentado o estímulo maçã, o sistema classificador deverá escolher o esquema presente no córtex que mais se assemelhe ao estímulo maçã, considerando, por exemplo, a cor, o formato arredondado e outros. No caso descrito, a classificação do estímulo maçã poderá ficar por conta do esquema cereja, que possui formato (apesar de menor) e cor semelhantes.

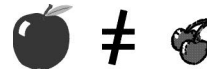


Figura 03 – A maçã e a cereja

Acontecendo isto, o agente cognitivo entrará em conflito, pois o feedback não é positivo. Resta então ao agente, duas opções, modificar o esquema cereja, de forma que este assimile o estímulo apresentado, ou então, acomodar o novo estímulo e dar-lhe outro nome, diferente de cereja, pois cereja já possui uma representação através de um esquema acomodado. Neste caso específico, caberá ao agente acomodar o novo estímulo em um novo esquema.

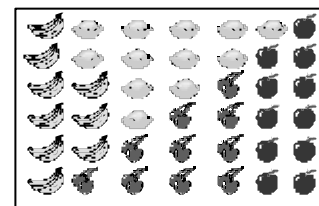


Figura 04 – A acomodação do estímulo maçã

3.3.2. O Conflito Cognitivo

O caso da acomodação do estímulo maçã descrito na seção anterior, é um típico caso de um conflito cognitivo. Embora este conflito tenha se resolvido com facilidade (com a acomodação de um novo esquema), podemos encontrar situações não tão fáceis de serem resolvidas. Bastava nomear o estímulo maçã de cereja e pronto, o conflito estaria agravado.

Deve-se evitar a contradição, isto é, esquemas diferentes que se apliquem de forma diferente aos mesmos estímulos nas mesmas situações. O equilíbrio existe quando se obtém uma conduta previsível, e quando não há instabilidade e indecisão entre os dois ou mais esquemas.



Figura 05 – Situação de conflito

Deve-se procurar evitar a redundância, ou seja, se dois esquemas aplicam a mesma ação a dois estímulos, então esses esquemas devem ser integrados em um esquema genérico que contenha sua parte comum. Os dois esquemas originais devem passar a tratar apenas as partes específicas a cada um.

3.4. A Formação dos Esquemas no Córtex Artificial

Os esquemas podem ser armazenados em um córtex artificial (rede neural artificial), partindo de um princípio construtivo que ocorre a nível mental (conforme a teoria construtivista), ou seja, o esquema é assimilado de forma cognitiva na rede neural artificial diante de uma exposição daquele conceito. Assim, a rede neural deverá se ajustar de forma que retenha a informação exposta.

Lembramos que nenhum conhecimento, mesmo perceptivo, constitui uma simples cópia do real (PIAGET, 1996, p. 13), sendo apenas uma representação do estímulo. Quando PIAGET fala que o conhecimento não constitui uma simples cópia do real, parte do princípio que existe um processo de assimilação às estruturas anteriores. Isto significa que na ausência de qualquer outro esquema semelhante para a acomodação no córtex artificial, fatalmente o esquema será assimilado por alguma estrutura anterior (já acomodados).

3.5. Os Processos de Assimilação e de Acomodação Artificiais

3.5.1. A Acomodação Artificial

A acomodação artificial, ocorrida na estrutura cognitiva artificial, acontece seguindo o mesmo modelo da acomodação definida por Piaget, ou seja, sempre que um estímulo diferente (não conhecido até o momento) for apresentado à rede neural, este deverá ser acomodado em uma estrutura cognitiva da rede quando o mesmo não for reconhecido.

O não reconhecimento do estímulo pode ser detectado pela rede neural através da resposta do processamento dos neurônios da camada de saída. Ou seja, a rede não reconhece o estímulo como treinado quando o neurônio disparado (vencedor) não traz o mesmo rótulo que o estímulo apresentado.

Isso poderá acontecer tanto para neurônios rotulados (ativos) quanto para neurônios não rotulados (inativos). Dessa forma, a rede neural poderá acomodar a informação nova em um ou mais neurônios que estão inativos até o momento. Em outras palavras, acomodação artificial significa rotular os neurônios selecionados com a nova informação.

3.5.2. A Assimilação Artificial

A assimilação artificial acontece apenas quando já existem conceitos representados na rede neural. Assim, imediatamente após acomodada a informação, inicia o processo de assimilação dessa mesma informação (quando apresentada novamente à rede neural), que acontece como forma de consolidar a estrutura cognitiva anteriormente armazenada.

Este processo é observado na neurociência já há algum tempo, onde o processo de memorização, assim como o de percepção é categórico (FUSTER, 1997). Perceber é classificar os objetos pela ativação de redes que os representam na memória. Ainda segundo FUSTER, a cada nova percepção, ou memorização, ocorre a expansão de antigas estruturas, onde simplesmente são adicionadas às estruturas já existentes. Em redes neurais artificiais, essa consolidação é realizada através de uma sensitização artificial, ou seja, as conexões sinápticas artificiais são reajustadas para responder ainda mais ao estímulo apresentado naquele momento.

Portanto, não pode existir assimilação de esquemas ainda não acomodados no córtex artificial. Entretanto, deve haver um mecanismo que confirme a assimilação do estímulo e o conseqüente reforço, o principal atributo que permite este controle é o rótulo do estímulo, confrontado com o rótulo do neurônio disparado.

3.6. A Expansão Cortical

É neste contexto que deve ocorrer a expansão cortical. A necessidade de acomodação de novos estímulos, em relação à ausência de estruturas cognitivas “vazias” é quem deve patrocinar a expansão do córtex artificial, sem, contudo, danificar as estruturas já estabelecidas até o momento. Essa expansão é a soma de novos neurônios à rede já estabelecida (ver figura 04 em relação a figura 03).

Isto pode ocorrer uma vez que os esquemas estão assimilados por neurônios individuais, e não dependem de relações entre eles. Assim, podemos acrescentar à rede, novos neurônios na condição de “vazios” (sem os rótulos devidos) e submetê-los à acomodação dos novos estímulos. Esta política não deverá comprometer os estímulos já associados uma vez que estes não possuem relação direta com o processo de acomodação.

4. Resultados

Procurando traduzir o conceito discutido até o momento sob uma forma concreta, implementamos uma rede neural que procura utilizar todos os conceitos abordados nas seções anteriores. Os resultados dessa tecnologia são animadores.

Iniciamos a rede neural ARC com apenas um neurônio para aprender 3 (três) palavras faladas (/barco/, /pato/ e /canoa/). O treinamento foi realizado com apenas uma palavra de cada tipo, e para tanto, a rede criou mais

35 (trinta e cinco) neurônios, totalizando 36 (trinta e seis) neurônios dispostos em 4 (quatro) linhas por 9 (nove) colunas. Um teste realizado com outras 3 (três) amostras de cada uma das palavras aprendidas mostrou uma taxa de acerto de 100% para cada palavra.

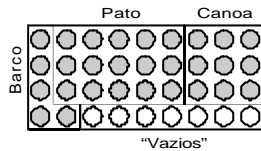


Figura 05 – Rede Neural ARC expandida após treinamento das palavras faladas /barco/, /pato/ e /canoas/.

Realizamos também outra bateria de testes com 2 (duas) palavras semelhantes, /abacaxi/ e /abacate/. A bateria continha um total de 6 (seis) amostras de cada palavra, sendo que para o treinamento utilizamos apenas uma amostra de cada uma das palavras faladas.

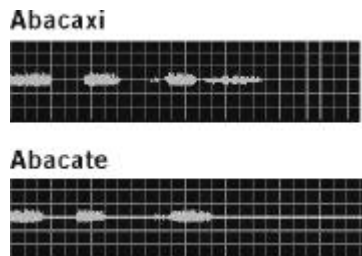


Figura 06 – Semelhanças entre as palavras faladas /abacaxi/ e /abacate/.

A rede neural expandiu partindo de 1 (um) para 15 (quinze) neurônios, dispostos em 3 (três) colunas de 5 (cinco) neurônios cada. A rede apresentou uma taxa de acerto de 100% para a palavra /abacaxi/ e 83,33% (um erro) para a palavra /abacate/.

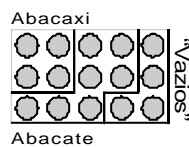


Figura 07 – Rede Neural ARC expandida após treinamento das palavras faladas /abacaxi/ e /abacate/.

5. Conclusão

Este experimento possui muitas conclusões, uma delas poderia afirmar que operações mentais podem ser reproduzidas em um sistema artificial com algum sucesso. Esse sistema poderia possuir uma série de regras de funcionamento que procurasse simular um sistema cognitivo real. Sendo essas as condições, tudo indica que é possível obter um resultado animador.

Lembramos, contudo, que estas buscas devem ser realizadas com cuidado, pois nem todas as variáveis são conhecidas, e muitas das que conhecemos ainda não são suficientemente controladas.

Tomemos as operações mentais e a equilibração como exemplo. Elas, como simples operações independentes, demonstram funcionar bem em um sistema artificial. No entanto, lembramos que as novas respostas de conduta ou ações do indivíduo, não são automáticas, dependem também da motivação - aspecto cognitivo ou afetivo da ação -, sendo o grau de assimilação e de acomodação nesses casos, condicionados pela intensidade desta necessidade.

Em todo o caso, procurando elucidar apenas uma possibilidade de se reproduzir o mecanismo das operações mentais, tratando-as como parte de um processo cognoscente, a tecnologia da rede neural com alta representação cortical demonstrou absorver bem o novo paradigma. Não somente pela facilidade de implementação, mas também pela conformidade lógica em relação à dinâmica neural proposta.

Referências Bibliográficas

- [1] FODOR, J. Fixation of belief and concept acquisition. In : PIATELLI-PALMARINI, M. Language and Learning: the debate between Chomsky and Piaget. Cambridge : Harvard Press, 1980.
- [2] FUSTER, J. Network memory. Trends In Neuroscience, v. 20, n. 10, p. 451-459, 1997.
- [3] LIMA, Lauro de Oliveira. In: MACEDO, Lino de. Ensaio Construtivistas. São Paulo : Casa do Psicólogo, 1994.
- [4] MACEDO, Lino. Ensaio Construtivistas. 3. Ed. São Paulo : Casa do Psicólogo, 1994.
- [5] NITZKE, Julio A. et alii . "Estágios de Desenvolvimento". PIAGET. 1997b. <http://penta.ufrgs.br/~marcia/piaget/estagio.htm> (20 de Outubro de 1997).
- [6] NITZKE, Julio A. et alii. "Teoria de Piaget". PIAGET. 1997a. <http://penta.ufrgs.br/~marcia/piaget/> (20 de Outubro de 1997)
- [7] PIAGET, Jean. A equilibração das estruturas cognitivas. Rio de Janeiro : Zahar, 1975.
- [8] PIAGET, Jean. Biologia e Conhecimento. 2ª Ed. Vozes : Petrópolis, 1996.
- [9] PULASKI, Mary Ann Spencer. Compreendendo Piaget. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1986.
- [10] QUARTZ, Steven e SEJNOWSKI, Terrence. The neural basis of cognitive development : a constructivist manifesto. BBS. 1998. <http://www.cogsci.soton.ac.uk/bbs/Archive/bbs.quartz.html> (05 de Abril de 1998)
- [11] QUARTZ, Steven. Neural networks, nativism, and the plausibility of constructivism. Cognition, v. 48, p. 223-242, 1993.
- [12] WADSWORTH, Barry. Inteligência e Afetividade da Criança. 4. Ed. São Paulo : Enio Matheus Guazzelli, 1996.