

Fundamentos de Neurociência Cognitiva para a compreensão da relação ensino-aprendizagem em Matemática

Cognitive Neuroscience fundamentals for understanding the teaching-learning relationship in Mathematics

Waldemar de Maio¹

Resumo: Neste texto foi discutido algumas obstáculos metodológicos que interferem na contemporaneidade da sala de aula de matemática. Considerou-se a evolução do conhecimento relativo à aprendizagem matemático ao longo do tempo, sobretudo, a sua transição para o século 21. Para tanto, utilizou-se algumas motivações da visão holística, monista, ecológica e sistêmica atual do Universo que buscou tecer uma rede que resultou nas bases neuroanatomofisiológicas dos fundamentos da Neurociência Cognitiva.

Palavras-chave: Educação matemática; Neurociência cognitiva; Ensino e aprendizagem.

Abstract: In this text were discussed some methodological obstacles that interfere in mathematics classroom of contemporaneity. It was considered the evolution of knowledge on the mathematical learning over time, especially the transition to the 21st century. For this, we used some of the motivations holistic, monistic, current ecological and systemic of the Universe that sought to weave a network that resulted in neuro anatomophysiological bases of the foundations of Cognitive Neuroscience.

Keywords: Mathematics education; cognitive neuroscience; Teaching and learning.

I) Introdução:

Sabemos que abordagens metodológicas estão intimamente ligadas ao conhecimento científico de cada época e quando estamos **imersos na contemporaneidade**, na maioria das vezes, **não percebemos** como esses conhecimentos afetam o nosso comportamento didático-pedagógico. Vide (De Maio, Didática da Matemática: o pensamento científico: uma visão histórica ou anexo 1)

Vejamos algumas considerações sobre os conhecimentos da atualidade, ou seja, do início do século 21, que são importantes para a **aquisição de conhecimentos**, para o **aprendizado em geral, para a Matemática**, e conseqüentemente para as **abordagens metodológicas**.

¹ Doutor em Educação Matemática (UNIP/SP).

O final do século XX e início deste foram os períodos que mais apresentaram resultados na área do conhecimento científico, no desenvolvimento tecnológico e nas estruturas sociais e políticas.

A visão holística, monista, ecológica, sistêmica atual do **nosso** Universo substituiu a visão Cartesiana e pela sua própria estrutura, passa a **incluir** o Homem como elemento do Universo. Ele, o Homem, não é mais considerado como algo **distinto** do Universo, mas sim parte **integrante** do mesmo e sujeito a todas as suas leis.

O nosso Universo é **bem distinto** do que aparenta, sendo que, somente 4% do mesmo é constituído de matéria comum, o resto de matéria escura e energia escura (desconhecida)

Na antropologia estamos encontrando ligações, via **genoma humano**, que nos permitirão em pouco tempo termos uma **ideia clara** da evolução humana.

II) O Conhecimento Genético, a estrutura biológica do ser humano:

(Vide: [1] [2] da bibliografia)

A estrutura biológica do ser humano é importante para o aprendizado?

A resposta é simples: após **três bilhões** de anos de evolução, todo o **conhecimento** adquirido pela humanidade está **gravado** nos **cromossomos** do ser humano assim como nos cromossomos das demais espécies. O ser humano, ao ser gerado, já possui nos cromossomos de sua **única** célula ovo, **todo** o conhecimento para “montar” o seu corpo.

Não devemos esquecer que quem “construiu” cada corpo humano foi a própria pessoa.

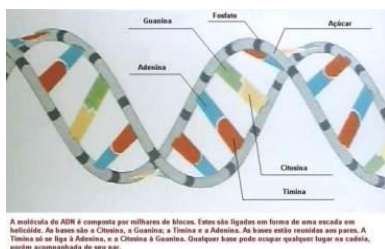
A Vida: a vida é gerada e se sustenta por uma **estrutura binária, discreta.**

Todo o conhecimento genético está estruturado na combinação, **aos pares**, de quatro aminoácidos: CITOSINA (C) ---- GUANINA (G) ---- ADENINA (A) ---- TIMINA (T),

Eles estão sempre ligados dois a dois: **C ↔ G e A ↔ T**

Observe a figura:

Figura:



Os quatro aminoácidos, A(adenina), G(guanina), C(citosina) e T(timina) aos pares, se interligam gerando os **códons**, grupos de três pares, os **genes**, grupos de códons e numa estrutura bem complexa, os cromossomos, onde estão gravados os conhecimentos básicos da humanidade.

O **conhecimento genético** que **cada ser** trás desde o seu nascimento está levando os cientistas a inferirem e em muitos casos **já comprovaram** que boa parte do **comportamento** individual, social, habilidades, hábitos e preferências de todo tipo são **determinadas** pelo seu **genoma**.

Por outro lado, em várias pesquisas obtivemos que em torno de **70% do comportamento** dos jovens adultos é determinado pelo seu **grupo social** e que a família interfere pouco.

III) Os novos meios tecnológicos e de comunicação:

O conhecimento de novos materiais e os desenvolvimentos tecnológicos estão produzindo equipamentos até então inimagináveis. Esse fato é altamente visível nas áreas das comunicações e da informática. A **revolução** na área da comunicação, em virtude da Internet e dos satélites, já tornou o planeta numa aldeia global.

Já temos equipamentos portáteis, cabem na palma da mão, que são ao mesmo tempo: televisão, acesso a internet sem fio, com GPS, agenda, acesso a rádios, jogos, calculadoras e ainda são telefones. Obtemos via internet e também dos canais de TV especializados um **volume enorme** de **conhecimentos científicos, sociais, políticos**, de lazer entre outros que **sempre interferem** na aprendizagem formal.

Muitas vezes esses programas são **muito mais atraentes** que as aulas regulares.

Não devemos esquecer do ensino a distância, EAD, que ainda é incipiente no Brasil.

– Os novos equipamentos para a análise do cérebro “in vivo”:

De maneira análoga, o desenvolvimento tecnológico permitiu o aparecimento de novos equipamentos para o estudo do corpo humano em geral e, particularmente, para o estudo do cérebro humano.

Esses aparelhos permitiram o início do estudo do **cérebro humano** e dos demais seres em funcionamento **“in vivo”**, isto é, o trabalho, as interações internas, as localizações das **memórias**, do **raciocínio lógico**, das emoções, da **linguagem**, da fala, e de outras regiões bem definidas, são vistas e estudadas com os seres praticando suas funções cotidianas e sem interferências externas.

Estamos agora analisando como essas leis se manifestam, se materializam ou se estruturam no cérebro humano. As interconexões do ser humano com o ambiente, meio em que vive, são feitas por meio dos chamados **receptores** sensitivos, sensórios ou, como usualmente são chamados, dos órgãos dos sentidos.

Na realidade, não conhecemos o Universo, mas sim as interconexões que temos com ele.

– **O mundo real e o percebido, os órgãos sensórios:**

Para o leitor ter consciência desses problemas vamos partir de uma pergunta:

O mundo real e diferente do mundo percebido?

Vejamos: *Não há som se não há ninguém que o ouça, temos somente ondas.*

Não há gosto se ninguém o provar, só partículas, moléculas.

Não há cores ou imagens sem que alguém as veja, só ondas luminosas.

Existem dois “mundos” na natureza: o real e o percebido.

Desde o começo do século vinte, ficou comprovado, por meio experimental, que o nosso Universo não é euclidiano e nem contínuo e somente o consideramos com essas características pelas nossas deficiências de receptores.

O estudo dos **receptores** é importante, porque eles transformam as diversas formas de energia, com as quais o homem interage, em energia **eletroquímica** e esta é que, por meio das **sinapses** com as células do encéfalo, irá gerar os estímulos que serão transformados ou não em **memórias, proteínas, informação, conhecimento**.

a) O olho: transforma ondas luminosas em corrente bioelétrica. b) O ouvido: transforma ondas sonoras em corrente bioelétrica. c) A olfato: transforma reações com partículas em corrente bioelétrica. d) O paladar, a língua: transforma reações químicas, gustativas, em corrente bioelétrica. d) O tato: transforma ondas de pressão, calor, etc, em correntes bioelétricas.

Observação: para um melhor entendimento é interessante que o leitor consulte o livro [2], onde poderá ver um número grande de imagens que mostram os órgãos dos sentidos e suas funcionalidades.

Conclusão:

Todas as **informações, estímulos**, recebidos pelo cérebro são em forma de corrente bioelétrica do tipo pulso/não pulso ou 0/1, passa corrente, não passa corrente, equivalente ao um **código de barras**.

Para cada órgão dos sentidos, receptores sensórios, temos uma região bem determinada para os registros obtidos pelos mesmos.

Para o **cérebro** a diferença entre **ver e ouvir** é determinada pela região aonde o estímulo **chegar**. Em algumas pessoas ocorre **mistura** de ligações e registros e ao ouvirem certos tipos de música o centro visual também é estimulado, vide [1].

IV) A geração do conhecimento, das memórias.

Vejam o que **sabemos** no início do **século 21**, sobre como o cérebro humano **registra**, adquire, informações, estímulos e como os transforma em **memórias** ou **conhecimento**. Essas informações são **fundamentais** para que o aprendizado se faça de uma maneira **natural**, isto é, que obedeça aos processos indispensáveis para a **aquisição** do conhecimento.

Os processos que o cérebro utiliza para a geração do conhecimento devem ser respeitados, pois caso contrário não haverá aprendizado.

Você deve se lembrar de todas as campanhas para melhoria do ensino, de alfabetização e capacitação de jovens e adultos que, na maioria das vezes, senão todas, não obtiveram bons resultados, pois não levaram em conta que **cada** indivíduo e/ou grupo social possui **características próprias que devem ser respeitadas**. A mesma análise se aplica aos processos de inclusão tão em moda atualmente.

Na atualidade sabemos que:

Desde que acordamos até o instante de dormirmos, os nossos olhos, os nossos ouvidos, e também os demais órgãos sensoriais, registram **continuamente** tudo o que vemos e ouvimos, na **memória de curtíssima duração**, que podem durar alguns **milissegundos** até minutos, sendo automaticamente **desmanchados**.

Somente aqueles registros, estímulos, que despertam a nossa **atenção, interesse ou por repetição**, são transferidos para regiões específicas no cérebro, chamadas de memórias sensoriais de curta duração e esse **controle** é feito pelo **sistema límbico** que também é responsável pelas **emoções**.

Isso significa que o **sistema límbico** interfere na **manutenção, bloqueio ou eliminação** dos registros de **curtíssima** duração.

O fato é **importante** para o processo de ensino-aprendizagem, pois a relação docente/discente deve ser feita de maneira **harmoniosa** para evitar os **bloqueios** do **sistema límbico**. Se a relação ensino-aprendizado **sofrer interferências** nessa área **não haverá** registros nas memórias de curta duração e, portanto, não haverá registros e nem o começo do aprendizado.

Se não “dá branco” e é verdade, não há registro dos estímulos.

- **O sono e as memórias de longa duração, as sinapses:**

O sono, principalmente o de ondas lentas, desempenha um papel importantíssimo na geração das memórias, do conhecimento, vejamos o porquê.

Após os registros nas memórias de **curta duração** durante o dia, o cérebro, durante o **sono de ondas lentas**, estabelece relações entre essas **novas** memórias com as já **existentes**, estabelecendo **sinapses** entre as mesmas.

Vide estudo publicado na revista “Frontiers in Neurocience” (www.frontiersin.org) coordenado pelo neurocientista Sidarta Ribeiro, brasileiro, e Miguel Nicolelis em 02 de novembro de 2007, sobre como o cérebro grava as memórias

Essas novas ligações geram o que chamamos de **memórias de longa duração** ou **permanentes** e **somente nesses casos** é que podemos dizer que **houve aprendizado**.

Esse fato possui sérias implicações nas avaliações, pois somente saberemos se houve aprendizado após o ser humano ter dormido.

Temos um **obstáculo** a mais para as avaliações, o cérebro ao gerar as memórias permanentes as adapta ao **seu banco de dados**, e sabemos que ele, o banco de dados, varia de indivíduo a indivíduo, logo a informação, conhecimento **após** o sono é **distinto para cada ser**.

O cérebro então gera **sinapses** entre as diversas células envolvidas num determinado grupo de estímulos e se forem **reestimuladas** e utilizadas continuamente passarão a ter uma duração muito grande e por isso são chamadas de **memórias permanentes**.

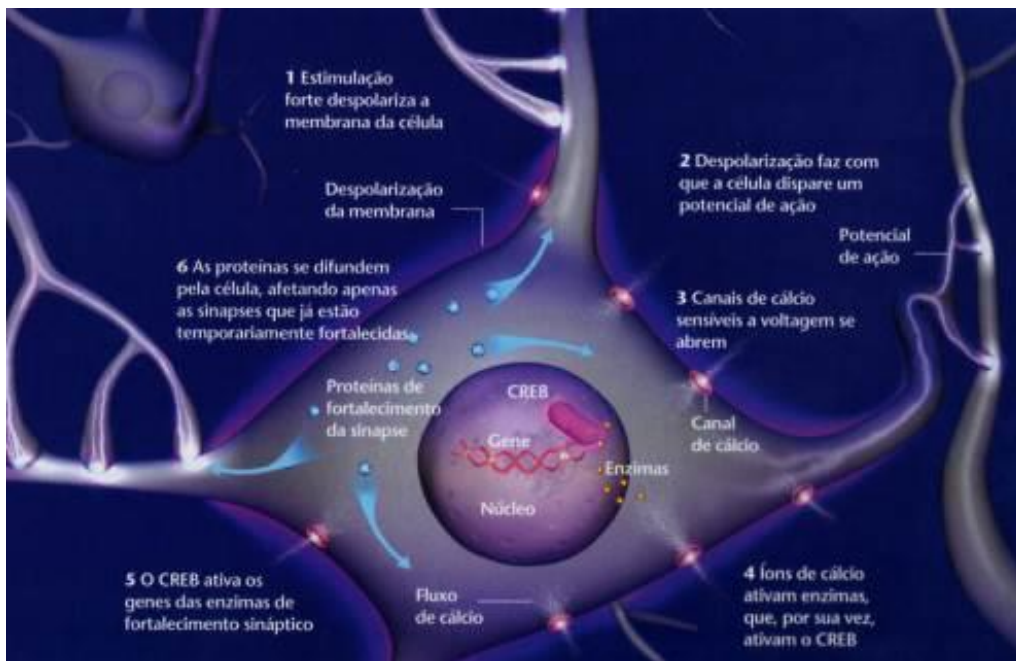
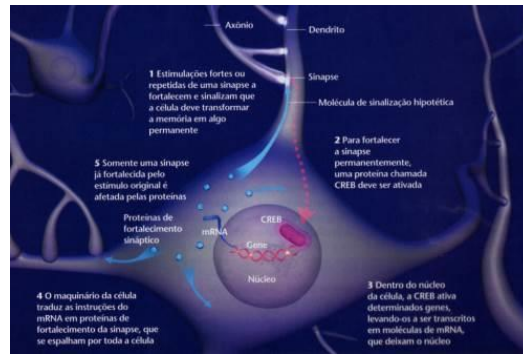
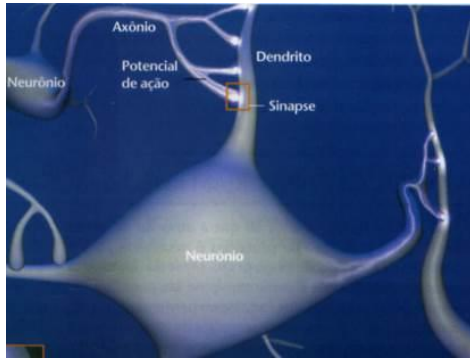
Nesses casos, o cérebro reforça as **sinapses** e coloca a disposição da região uma quantidade maior de **neurotransmissores**, normalmente de **dopamina**.

Isso significa que a **repetição** dos estímulos, das informações, é **importante** para a formação das **memórias permanentes**.

As memórias de **longa duração** são **proteínas, aminoácidos**, que se formam no núcleo das células do encéfalo, são, portanto, **registros físicos**, elas existem no nosso cérebro. Por serem **registros físicos**, aminoácidos, proteínas, o aprendiz deve estar alimentado de maneira correta para que as células tenham material para elaborar as memórias. Um aprendiz mal alimentado sempre terá dificuldades de aprendizado.

- **Esquema da formação de memórias:**

Observe as figuras:



– As memórias sensoriais:

Os registros sensoriais que, de início, são **independentes**, ligam-se entre si quando são estimulados, simultaneamente, pelas **sinapses**.

Esse fato é **o mais importante** para o **processo ensino-aprendizagem**, pois não devemos esquecer que as **sinapses são ligações biofísicas** e estão intimamente ligadas ao aprendizado, como a neurofisiologia tem mostrado na atualidade. Vide **exemplos na bibliografia**.

Qualquer criança, ao ver um gato, animal físico, pela primeira vez, terá o **registro sensorial visual** do mesmo na região das **memórias visuais** e se ao mesmo tempo o gato miar, voz do gato, a criança terá um **registro sensorial auditivo** na região das **memórias auditivas** que, ao ser repetido, gerará uma **ligação sináptica** entre os dois registros.

Se alguém enunciar à criança o **nome gato, na sua língua**, a criança gerará um **registro auditivo** noutra região, e se posteriormente ensinarmos à criança a palavra gato, escrita **simbolicamente**, ela criará outro registro, na região dos símbolos e o **ligará aos demais**, pelas **sinapses**.

Devemos observar que cada grupo social, ou povo, cria os seus próprios símbolos. Isso significa que os registros visuais e sonoros são iguais para todos e os sociais ou não.

Os signos, símbolos sociais são os maiores obstáculos para a aprendizagem. TODOS ESSES REGISTROS SÃO LIGADOS POR SINÁPSES

Sabemos que cada neurônio pode ligar-se até a **10.000** outros neurônios o que permite ao cérebro fazer um número muito grande de ligações e que devemos conhecer como isso é efetuado para que elas sejam feitas de **maneira correta** ou da maneira que o docente deseja. A expressão **CARA** pode ser: **face, coisa que custa muito, pessoa, nome de revista** ou ainda face de uma **moeda**.

Devemos verificar com nossos alunos ou interlocutores quais as palavras do seu cotidiano que estão ligadas entre si para uma melhor comunicação.

O processo ensino-aprendizagem, suas técnicas e metodologias devem estar **adaptados** aos grupos sociais em que serão empregadas.

Conclusão importante:

O fato de que as memórias, conhecimento, serem registros físicos determina uma sentença já enunciada anteriormente e aceita pela maioria das pessoas envolvidas no processo ensino-aprendizagem: “Nunca ensine nada errado”.

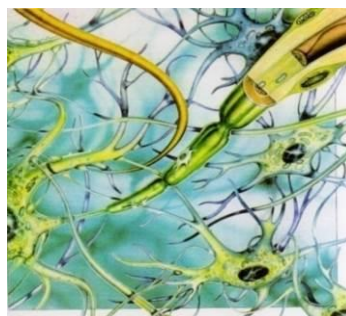
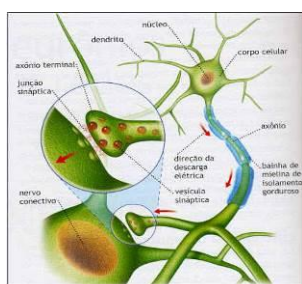
V) Os neurônios e as ligações sinápticas:

Falamos bastante sobre a transmissão dos impulsos por neurônios e das ligações sinápticas que estruturam as memórias, o conhecimento, portanto é necessário um conhecimento **resumido** sobre o tema.

- O Neurônio: o “chip” e a rede neural:

Os **neurônios** são as células do corpo humano e de outros seres, responsáveis para **transmitir**, ao cérebro, as **relações** que o corpo humano tem com o mundo exterior e também com o próprio corpo. Observe a estrutura básica de um neurônio nas figuras a seguir:

Figuras: sinapses e neurônios:



- A importância das ligações entre neurônios e das sinapses.

Nos **dois** primeiros anos de vida, forma-se uma **grande quantidade** de conexões entre as células nervosas no cérebro, em número **bem maior** que será **necessário no futuro**. Depois tem início a um **desligamento**: permanecem as que são **utilizadas** pelos **estímulos perceptuais** ou por **geração de classes** e são **fortalecidas** as ligações utilizadas com frequência, as demais se **atrofiam**. Na **puberdade** esse processo praticamente já se encerrou. **O adulto tem a disposição uma rede neural bem estabelecida, mas com menor grau e capacidade de adaptação.**

A **estrutura** que poderá gerar o **centro do raciocínio lógico-matemático** deve ser **estruturada** a partir dos 3/4 anos até próximo dos 15 anos, e depois ela **deixa de existir**.

- Dados sobre os neurônios: (vide bibliografia)

1) Quantidade: até o início do século julgava-se que existiam 100 bilhões, hoje acredita-se que o número é bem maior. **2) Meio:** axônio: impulso bioquímico: pulso (1), não pulso (0), não há meio termo. **3) Interação:** por sinapse, através de neurotransmissores, **4) Número de sinapse** por neurônio: em média **10.000**. **5) Número de operações:** em média **10 quatrilhões de interconexões por segundo**.

VI) O Espaço topológico das memórias: o banco de dados perceptual, as memórias de primeira e as de segunda ordem:

O conjunto das memórias sensoriais de longa duração são os registros básicos, correspondendo ao que é denominado de **substantivo**, na linguagem, e aos elementos de um conjunto em Matemática, o **banco de dados perceptual, de cada ser humano**.

São as memórias de primeira ordem.

O cérebro utiliza os registros básicos, sensoriais, do banco de dados com uma **propriedade comum** e gera **classes de equivalência**, isto é, gera um **novo registro** que fica ligado aos registros anteriores por meio de sinapses.

As **classes**, ou melhor, os **novos registros**, são chamados de classe, categoria, idéia de, **conjuntos**, e possuem **existência física somente no cérebro e sem equivalência na realidade física**.

Eles correspondem aos substantivos da linguagem, ou aos substantivos **abstratos e na Matemática correspondem aos Conjuntos, que mais tarde geram os teoremas**.

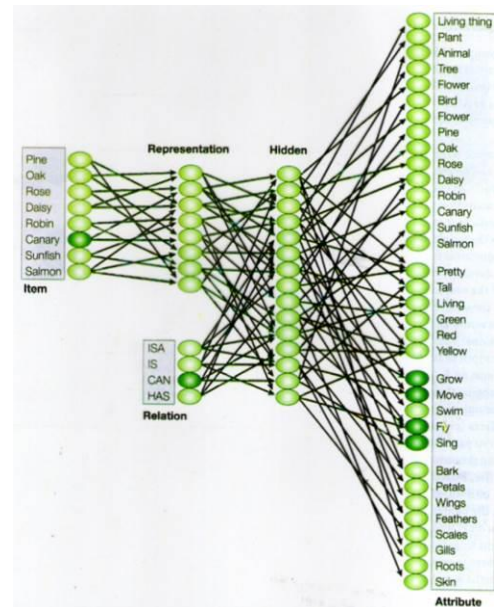
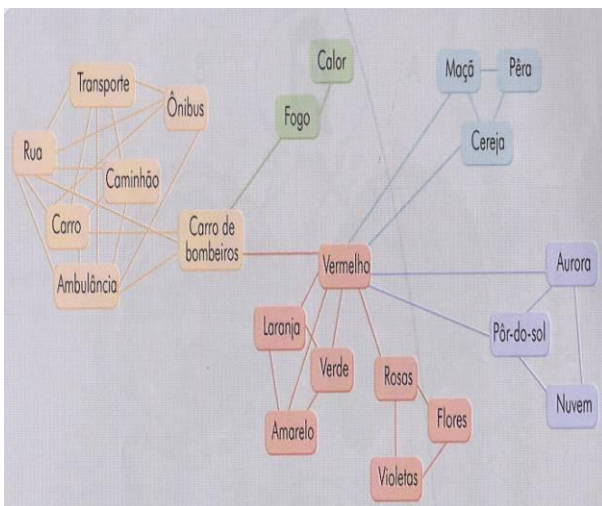
O conjunto total das memórias, de primeira e segunda ordem é o banco de dados com o qual cada ser humano se interconecta com o mundo exterior.

Esse banco de dados possui estrutura de **topologia discreta** com todas as propriedades que são representadas pela Matemática nos espaços topológicos.

Observe as figuras a seguir sobre a formação de classes, categorias, conjuntos:

Figuras:

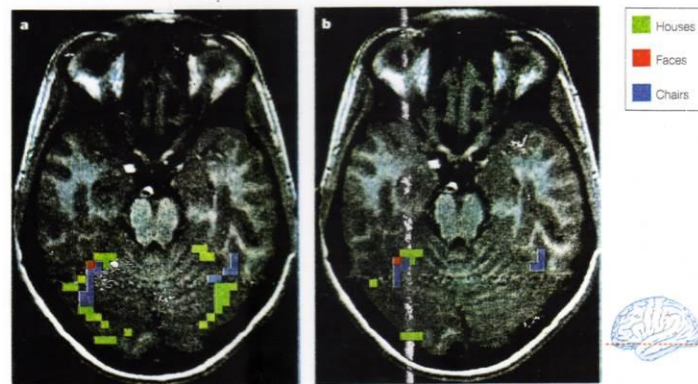
a) esquema de classes:



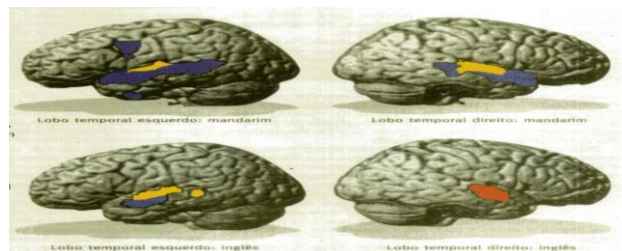
b) Figura de ressonâncias que mostram que cada objeto é arquivado num lugar diferente:

ARQUIVO DE IMAGENS: CORTEX VISUAL:

Cada tipo de objeto é "arquivado" num lugar diferente



Um estudo publicado na folha de 26 de agosto de 2003 mostra que falantes do **idioma mandarim** usam mais partes do cérebro para compreender a linguagem oral do que quem fala inglês. Há um **aumento** nos **lobos temporais direito** e esquerdo nas pessoas que estudam mandarim, em virtude dos fonemas serem “**figuras**” que são arquivadas lóbulos diferentes da que processa a expressão verbal.



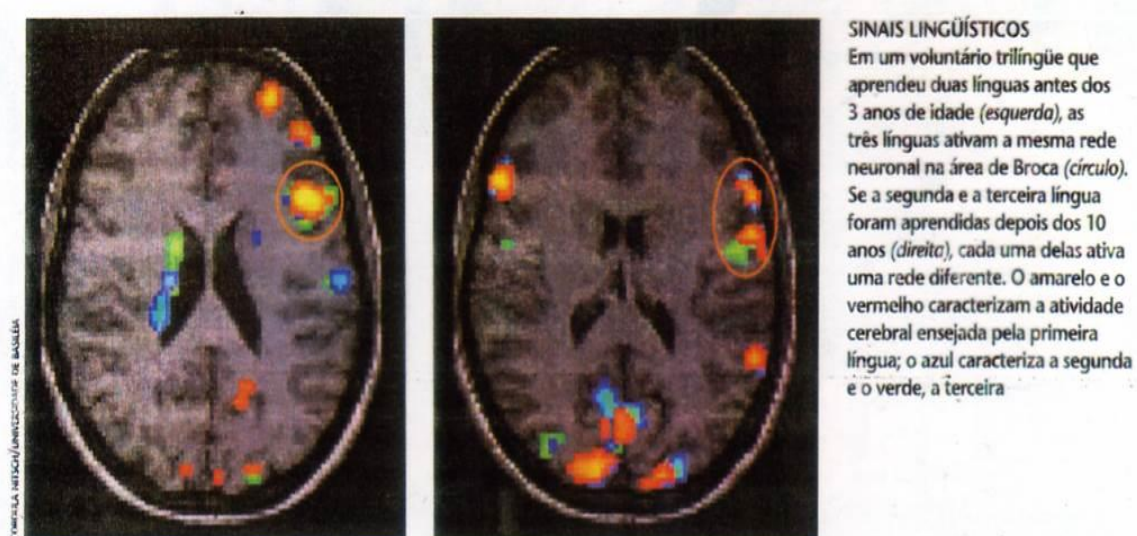
Entender mandarim exige mais do cérebro: um estudo publicado em agosto de 2003(folha) mostra que falantes do idioma mandarim usam mais partes do cérebro para compreender a linguagem oral do que quem fala inglês. Nas imagens as regiões marcadas em roxo reconhecem palavras inteira, e as marcadas em amarelo processam fonemas. A área em vermelho é responsável pelo reconhecimento da melodia e entonação, mas não interfere na compreensão do que é ouvido. Também devemos analisar com muita atenção os **registros sensórios**, em virtude dos mesmos serem “**locais**”, restritos ao “**mundo**” no qual os alunos estão inseridos.

O “**mundo local**” é e pode ser representado pela geometria **euclidiana** no início do desenvolvimento do aluno, mas os mestres **não devem esquecer** que o nosso universo **não**

é euclidiano. Os alunos atuais irão se desenvolver numa sociedade em que as transmissões por satélite já são do cotidiano, que eles se localizarão por meio dos GPS e terão a sua disposição toda uma tecnologia nunca vista anteriormente.

Observação importante: em virtude do fato anterior, podemos compreender como as representações simbólicas da matemática são obstáculos para o aprendizado do cálculo e de outras disciplinas.

Observe a figura: Figura: sinais linguísticos.



Chamamos estes novos registros de memórias de segunda ordem e para a Matemática e na prática são: conjuntos, classes, categorias, pastas, arquivos etc.

Esses novos registros correspondem aos **substantivos coletivos**, ou abstratos.

Usamos o termo **boiada** para representar um grupo, **conjunto**, de bois.

A boiada **não existe** no mundo físico, o que existe são os bois, **individualmente**, porem a boiada como uma memória de segunda ordem existe no nosso cérebro.

Vejamos algumas observações necessárias:

- 1) O fato das ideias existirem, independentemente dos registros sensórios, é algo parecido com as fotos e vídeos feitos de pessoas ou lugares. São independentes das pessoas ou lugares.
- 2) Analogamente podemos falar dos hologramas e dos jogos de realidade virtual. O nosso cérebro gera as imagens e trabalha com elas. Os nossos sonhos são um exemplo típico da existência desses registros.

3) Uma outra propriedade de nosso cérebro é que ele é capaz de produzir ideias, conceitos, novos registros ou novas sinapses a partir de registros já conhecidos. É assim que pensamos e evoluímos. Ele cria sinapses sozinho.

Basta pensar, criar mentalmente, gerar uma memória de segunda ordem, que ela passa a existir em nosso cérebro. É por isso que podemos falar no Conjunto dos Mamutes, sem que os mamutes existam.

O nosso cérebro cria sinapses por associação.

VII) As representações sociais:

A **Matemática**, principalmente a **Álgebra**, a **Linguagem**, a **Lógica Clássica** e, atualmente, a **Informática** e as **demais ciências** elaboram seus **símbolos de representação**, ou de formalização, utilizando-se das estruturas biológicas destas regiões e de suas relações com as regiões das memórias.

Isso significa que os seus símbolos formais, sociais, na realidade, são **representações da mesma estrutura do cérebro**.

Um exemplo: As pessoas, ao nascerem, estão aptas a aprenderem qualquer língua, mas, quando adultas, duas pessoas educadas em países distantes, Brasil e China, por exemplo, são incapazes de se comunicar, pois as **expressões simbólicas**, linguísticas, são totalmente diferentes. Elas, as pessoas, possuem a **mesma estrutura cerebral**, mas as simbologias, os **signos**, são diferentes, isto é, as diferentes ciências possuem símbolos próprios para representá-las.

Num certo sentido podemos dizer que a **Matemática** seria, ou é, uma **linguagem** universal, pois todos os povos procuram utilizar-se de sua **simbologia**.

Por exemplo, a **Matemática** utiliza a expressão $y = ax^2 + bx + c$ para analisar a **função quadrática** que, ao mesmo tempo, é utilizada pela **Física** para o estudo do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V.), mas esta se utiliza da expressão simbólica: $s = s_0 + v_0 \cdot t + 1/2 \cdot a \cdot t^2$ e a chama de **função horária do movimento**.

Os símbolos matemáticos são guardados, no cérebro, nos centros de símbolos e isso significa que devemos tomar muito cuidado ao simbolizarmos as expressões matemáticas, elas devem estar muito bem relacionadas com as memórias que estão representando.

Observação:

Os signos, símbolos sociais, incluindo os da linguagem matemática são responsáveis por grande parte dos obstáculos para a aprendizagem do cálculo e de outras disciplinas. Ninguém vê o número dois passeando pela praça, mas o representamos de diversas maneiras.

Os números racionais são classes de equivalência, conjuntos, e devem gerados como **memórias de segunda ordem** no cérebro dos alunos. É um grande erro dividir um chocolate, ou outro material qualquer, para introduzir o conceito de **meio**, e que as professoras ao fazerem isso estavam gerando **bloqueios sinápticos** para a geração do conceito, memória de segunda ordem, correto de número racional.

Para ilustrar a nossa objeção, pegue uma nota de um real e pergunte aos alunos: se rasgar a nota ao meio, obtemos duas partes de 50 centavos cada uma?

Pergunte também: a) se é possível dividir o **número um** em pedaços?
Ou se no mundo físico conseguimos "dividir" os objetos materiais em partes idênticas?

As respostas são evidentes.

O conceito de número racional deve ser elaborado de modo a permitir, ao aluno, entender as expressões abaixo:

- 8 pedreiros constroem um muro em 5 horas, nesse caso temos a relação, que também podemos chamar de razão: 8 para 5 que pode ser representada por $8/5$.
- Compro 4 sapatos com R\$ 150,00, e a relação, **razão** é representada assim: 4 por 150 ou $4/150$. É evidente que **não dividimos** os sapatos por reais!
- A aceleração do avião é de: $3/4$ m/s., isto significa que a razão entre a velocidade e o tempo é de 3 para 4. Não dividimos velocidade por segundo(tempo).
- 30% das pessoas gostam de andar de avião, novamente temos uma relação: para cada 100 pessoas, 30 gostam de andar de avião, e não dividimos as pessoas.

A Matemática pode ser representada tanto por símbolos linguísticos, quanto por símbolos próprios: a) pertence, é elemento de $, \in$. b) para todos os x , $\forall x$.

De uma maneira mais sofisticada temos as expressões: a) seja f um **homeomorfismo** (símbolo). b) consideremos um espaço **conexo** e **compacto** (símbolos).

Alguns símbolos, termos ou definições, carregam consigo um número muito grande de associações, sinapses, com outras memórias ou conhecimentos.

Se o aluno não tem **todas** as sinapses ativadas **na hora** de usar os termos ou símbolos, estes serão **somente símbolos ou expressões sem conteúdos**, inclusive as

definições e os teoremas e se tornam **grandes obstáculos** para novos conhecimentos. Não serão conhecimentos!

Devemos sempre que possível, usarmos os **termos da linguagem do cotidiano** para as definições e **representações** dos conceitos matemáticos. Aceitar que o aluno responda às questões, quer pela linguagem usual, ou outra forma de expressão?

Para alguns alunos, a linguagem simbólica é muito mais difícil que a do cotidiano e vice-versa, às vezes por problemas **neurofisiológicos**.

As associações visuais são registros importantes que devemos utilizar como os profissionais de propaganda o fazem.

Mas, se eu escrever: $x^1.y^2.x^3.y^3$, todos acertam e escrevem $x^4.y^5$, pois eles vêem o **um** como expoente do primeiro **x**.

"Esse problema também é encontrado quando vamos fatorar $2x^2 + x$. Muitos alunos não o fazem, pois não vêem o **um** antes do segundo **x**.

A fatoração torna-se fácil se escrevermos: $2x^2 + 1x = x.(2x + 1)$ "

Dissemos que **nem** todos os alunos possuem essa capacidade de transferência de signos e que, para a maioria, as **representações visuais e auditivas**, são muito importantes, pois vivemos num mundo onde quase todas as informações são transferidas ao ser humano por esses meios.

Do exposto acreditamos que ficou bem explícita a necessidade da utilização das representações visuais para facilitar a associação das representações com as regras operacionais.

Esperamos que os mestres, no seu dia-a-dia, observem com atenção estes detalhes de percepção. Ao lidar com os alunos ou interlocutores pergunte sempre:

Por que você representou a solução desta maneira?

Qual foi o "seu raciocínio"?

As respostas têm nos surpreendido bastante, pois a partir das mesmas podemos avaliar o Banco de Dados dos alunos.

Obstáculos:

Após a análise dos fundamentos neurológicos podemos dizer que os obstáculos para a aprendizagem são de diversos tipos, entre eles podemos citar:

I) Sentenças que impedem a aprendizagem da **simbologia algébrica** necessária para os cursos de exatas inclusive os de engenharias, principalmente nas disciplinas de cálculo diferencial e integral, geometria analítica e álgebra linear.

- 1) Menos com menos dá mais e menos com mais dá menos. (não é dito em que operação isso pode ser feito).
- 2) 0 (zero) representa “o nada”, quando não tem nada tem o zero. (quando escrevemos uma expressão que não é uma equação, o aluno normalmente coloca o zero e a resolve como se fosse uma equação)
- 3) Muda para lá e troca o sinal. (nas equações em que há produto por número negativo, o aluno divide a equação pelo número e troca o sinal)
- 4) Corta o de cima com o de baixo se for igual. (vide os exemplos a seguir)
- 5) Soma em cima e soma em baixo. (vide exemplos).
- 6) Conserva a base e soma em cima. (vide exemplos)
- 7) O que é uma equação e suas diferenças com expressões e funções.

Exemplos das “aplicações” das sentenças “ensinadas” no ensino fundamental e médio que se tornam **obstáculos** para novas aprendizagens e geram erros graves nas suas aplicações. Os exemplos foram obtidos das avaliações feitas, por mim, nas turmas de Matemática e Ciências da Computação.

$$1) \frac{2.8+xy}{x.8} = \frac{16xy}{x.8} \qquad 2) \frac{2.8+xy}{x.8} = \frac{2xy}{x} = \frac{2y}{1}$$

$$3) \frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{(a+d)+(b+c)}{bd} \qquad 4) \frac{3.n+10}{n} = 13$$

$$5) \sqrt{\frac{2.2}{2+x}} = \sqrt{\frac{2}{x}} \qquad 6) 12(0,95)^{n-1} = 11,4^{n-1}$$

$$7) \frac{\text{sen}x}{x} = \text{seno} \qquad 8) x^3 + 2x^{-1} = 1,28 \Rightarrow 2x^2 - 1,28$$

$$9) 80.e^{-2t} + 20e^{-0,01t} = 100e^{2,1t}$$

$$10) \frac{x}{1-x} \cdot \sqrt{\frac{2.2}{2+x}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{2}{x}}$$

11) $\frac{1}{2}$ significa um dividido por dois. O que seria $\frac{2}{1}$? (o conceito errado de número racional é um obstáculo para as operações com os mesmos).

12) Representar os números 2 e -2 por: ± 2 . O aluno entende que existe o número 2 com dois sinais e não aprende que 2 e -2 são dois números diferentes.

II) Conhecimentos anteriores: falta de registros, conhecimentos de matemática do ensino fundamental e médio. O cérebro não consegue relacionar os conhecimentos novos com os “antigos”, pois estes **não existem!** É importante sempre que possível “**ligar**”, gerar sinapses, associar os novos registros a registros sensoriais anteriores ou a registros bem conhecidos e gravados.

III) O sistema límbico, das emoções, é um grande obstáculo, pois impede novos aprendizados se não houver **atenção**, **interesse**, ou “perigo” biológico.

A maioria de nossos alunos não conseguem ficar atentos durante muito tempo.

Causas: a) uma consequência dos programas de televisão que são bastante fragmentados pelas propagandas. b) um cotidiano repleto de estímulos. c) o uso contínuo dos celulares, as pessoas querem sempre estar “ligadas”. Isto é uma consequência da falta de vida social de nossas cidades. d) salas de aula inadequadas e sem os recursos pedagógicos necessários para o desenvolvimento do conteúdo programático. e) inabilidade dos mestres na utilização dos novos, meios propiciados pela informática, para a transmissão de conhecimentos.

IV) Símbolos que, para o alunado, são representações geométricas, **desenhos**, do mesmo tipo que as figuras geométricas (triângulo, quadrado etc.), e apresentam as mesmas dificuldades que o aprendizado de **outras línguas** na adultidade.

O importante é que os símbolos geométricos, linguísticos ou figuras são gravados no **lóbulo direito** e os **conteúdos ideativos** dos mesmos em outra região do cérebro. Se não houver ligações sinápticas entre os mesmos eles perdem o sentido e se tornam grandes **obstáculos**.

Exemplos de símbolos:

$< \neq \pi \mu \cap \oplus \mu \phi \notin \int \equiv \infty \partial \notin \nabla \sum x$
 $\int x dx \log x \sin x \sum_1^n 2n$

V) Palavras que: a) estão associadas a registros do cotidiano e cujos significados são distintos dos da área de Matemática. Essas ligações sinápticas impedem, na maioria das vezes, uma nova ligação (aprendizado). b) palavras não utilizadas no cotidiano e de desconhecimento do alunado. Neste caso o professor deve fazer uma ligação com bastante cuidado dos símbolos com os conteúdos matemáticos que elas representam.

Expressões: limite (que no cotidiano significa término). Somatório: não correspondente no cotidiano. Integral: (está associado no cotidiano a: arroz integral etc.), seno, cosseno etc.

Na prática, tanto os docentes quanto os alunos procuram abreviar as expressões por economia verbal e isso leva ao alunado a perder o conceito associado às expressões:

Por exemplo: fala-se: “**seno**”, mas devemos dizer “**seno de**”, pois a função é sempre de uma variável; analogamente fala-se “**limite**” e não “**limite de**”. A observação vale para todas as funções.

Bibliografia básica:

- 1) De Maio, Waldemar: O raciocínio lógico-matemático: sua estrutura neurofisiológica. Ed Arte e Ciência
- 2) De Maio, Waldemar; Chiummo, Ana: Didática da Matemática. LTC/RJ
- 3) Carter, Rita: O livro de ouro da mente. Ediouro.
- 4) Lent, Roberto : Cem bilhões de neurônios. Editora Atheneu.
- 5) Mark F. Bear; Barry W. Connors e Michael A. Paradiso: Neurociências: desvendando o Sistema nervoso. Ed Artmed.