



Universidade Federal do Pampa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA (UNIPAMPA)  
CAMPUS URUGUAIANA  
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO *LATO SENSU*  
ESPECIALIZAÇÃO EM NEUROCIÊNCIA APLICADA À EDUCAÇÃO

**Neurociência e as Múltiplas Representações: uma convergência para o Ensino  
de Ciências**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Mário Sérgio Nunes Bica**

**Uruguaiana, dezembro de 2017.**

# **Neurociência e as Múltiplas Representações: uma convergência para o ensino de ciências**

*Neuroscience and the Multiple Representations: a convergence of science teaching*

Autor: Mário Sérgio Nunes Bica

Orientador: Prof. Dr. Rafael Roehrs

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Liane da Silva Vargas

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de pós graduação *lato sensu* Especialização em Neurociência Aplicada à Educação da Universidade Federal do Pampa Campus Uruguaiana. Como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso e requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Neurociência Aplicada à Educação.

**Uruguaiana, dezembro de 2017**

**Mário Sérgio Nunes Bica**

## Neurociências e as Múltiplas Representações: uma convergência para o Ensino de Ciências

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de pós graduação *lato sensu* Especialização em Neurociência Aplicada à Educação da Universidade Federal do Pampa Campus Uruguaiana. Como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso e requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Neurociência Aplicada à Educação.

Trabalho de Conclusão defendido e aprovado em: 02/12/2017.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Rafael Roehrs.  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Morgana Duarte Silva.  
(UNIPAMPA)

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Dandara Fidélis Escoto.  
(UNIPAMPA)

*“Não devemos acreditar nos muitos que dizem que só as pessoas livres devem ser educadas, deveríamos antes acreditar nos filósofos que dizem que apenas as pessoas educadas são livres.”*

*Epicteto*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar os responsáveis pela minha vida e educação, meus pais. Agradeço pelos conselhos, por todo apoio, compreensão, enfim, por dedicarem suas vidas a mim e às minhas irmãs. Minhas inspirações, pessoas que sempre priorizaram a educação como forma de estabelecer sobre a vida as melhores condições possíveis, agradeço profundamente por me darem seus ombros para que eu pudesse enxergar adiante!

Agradeço também ao meu professor e orientador Prof. Rafael Roehrs, sempre disposto a ajudar e oportunizar muitos momentos de aprendizagens ao longo dos últimos anos, pela paciência nesse desafio, pelos pertinentes e sábios conselhos, e, sobretudo, a amizade construída. Tenho que agradecer também as professoras Morgana Duarte Silva e Dandara Fidélis Escoto por aceitarem o convite para banca avaliadora, e também a professora e coorientadora Liane Vargas.

Não poderia deixar de citar as amizades e parcerias de estudos que conquistei ao longo dessa caminhada, cerca de 1 ano e meio juntos. Inúmeras horas de conversa, apoio, estudos, brincadeiras e trocas de experiências

Enfim, todos vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Estou concluindo mais uma etapa de minha vida e espero que permaneçam firmes esses laços estabelecidos nessa trajetória, e em possíveis, etapas futuras. Muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2</b>	<b>MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES E ASPECTOS DA MEMÓRIA.....</b>	<b>09</b>
<b>3</b>	<b>NEUROCIÊNCIA E AS MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>PLANEJAMENTO MULTIMODAL E AS FUNÇÕES EXECUTIVAS.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES COMO ESTRATÉGIA METODOLÓGICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>17</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>
	<b>ANEXO I: normas de formatação da revista científica .....</b>	<b>21</b>

# NEUROCIÊNCIA E AS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES: uma convergência para o Ensino de Ciências

## NEUROSCIENCE AND THE MULTIPLE REPRESENTATIONS: a convergence of science teaching

Mário Sérgio Nunes Bica<sup>1</sup>.

Rafael Roehrs<sup>2</sup>.

Liane da Silva Vargas<sup>3</sup>.

**Resumo:** Assim como os referenciais da área do ensino de ciências, que defendem a utilização de diferentes formas de comunicação no processo de ensino e aprendizagem e respeitam a individualidade cognitiva dos alunos, estudos recentes da neurociência apontam alguns resultados que se inserem nessa perspectiva, relacionando conhecimentos fundamentais das bases neurobiológicas da aprendizagem, da memória, das emoções. A neurociência aponta que quanto mais recursos forem empregados na comunicação de uma informação, maiores as chances dela se tornar uma memória de longa duração. O ensino de ciências pressupõe um conjunto de diferentes símbolos e formas de comunicação, por conta disso, torna-se questionável um esquema educacional baseado num único formato representativo. Conforme apontam programas internacionais de avaliação e as nossas diretrizes curriculares, o processo para aprender ciência envolve um desafio representacional em uma variedade de contextos. Esse trabalho apresenta argumentos e referenciais do ensino de ciências indo ao encontro de postulados do campo da neurociência, em que ambos possam amparar e contribuir sobre o processo da prática docente.

Palavras-chave: Neurociência. Múltiplas Representações. Ensino de Ciências. Cognição. Memória.

**Abstract:** As well as the references of the area of science education, which defend the use of different forms of communication in the teaching and learning process and respect the students' cognitive individuality, recent studies of neuroscience point to some results that fit into this perspective, linking fundamental knowledge of the neurobiological bases of learning, of memory, of emotions. The neuroscience point to that the more resources are appointed in the communication of information, the greater the chances of it becoming a long lasting memory. The science teaching presupposes a group of different symbols and forms of communication, and because of this, becomes questionable an educational scheme based on a single representative format. As pointed out by international evaluation programs and our curricular guidelines, the process of learning science involves a representational challenge in a variety of contexts. This paper presents arguments and aspects of science teaching going to meet postulates of the neuroscience area, where both can support and contribute about the process of teaching practice.

Keywords: Neuroscience. Multiple Representations. Science teaching. Cognition. Memory.

---

<sup>1</sup> Especialização em Neurociência, Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Prática de Ensino - GIPPE, BR 472 – Km 585 – Caixa Postal 118 – CEP 97501-970, Campus Uruguaiana, UNIPAMPA, RS, Brasil. Email: <mario\_soada@msn.com>

<sup>2</sup> Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Prática de Ensino - GIPPE, Campus Uruguaiana, UNIPAMPA, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Grupo de Pesquisa em Fisiologia – GPFIS, Campus Uruguaiana, UNIPAMPA, RS, Brasil.

## Introdução

O discurso científico que compõe o dia-a-dia no contexto didático-pedagógico escolar é permeado de sons, gestos, falas, expressões faciais, textos, jogos, atividades práticas, vídeos e imagens que possibilitam uma interface com as experiências anteriores de cada estudante (SANGIOGO e MARQUES, 2015). Essas diferentes ações didáticas são representações que podem complementar, confirmar ou reforçar conhecimentos anteriores de cada aluno, de modo a sustentar uma aprendizagem significativa, quando utilizados de forma integrada (AINSWORTH, 1999; MOREIRA, 2009).

Referenciais teóricos da área do ensino de ciências, como a linha de investigação das Múltiplas Representações defendem a utilização de diferentes formas de comunicação no processo de ensino e aprendizagem e respeitam a individualidade cognitiva dos alunos (AINSWORTH, 1999). Assim como, estudos recentes da neurociência apontam alguns resultados que se inserem nessa perspectiva, relacionando conhecimentos fundamentais das bases neurobiológicas da aprendizagem, da memória, das emoções e de outras funções cerebrais que são estimuladas durante a práxis docente em sala de aula (CAMPOS, 2010, FREITAS *et al*, 2015).

Nesse sentido, uma importante relação que se estabelece no processo didático pedagógico é o conceito de memória, onde Iván Izquierdo afirma que:

“Memória significa aquisição de informações (...) a aquisição é também chamada de aprendizado (...) só se ‘grava’ aquilo que foi aprendido (...) a evocação é também chamada de lembrança (...) só lembramos aquilo que gravamos aquilo que foi aprendido” (IZQUIERDO, 2011, pg 11).

Salientando que o conjunto de nossas memórias faz com que cada um de nós seja um indivíduo, um ser para o qual não existe outro idêntico. Significa que o ambiente, e nesse caso podemos mencionar o próprio ambiente escolar, deve proporcionar condições para que o processo de aprendizagem seja potencializado, pois nossas memórias são moduladas pelas emoções, pelo nível de consciência e pelo estado de ânimo de cada indivíduo (IZQUIERDO, 2011).

O processo de ensino e aprendizagem ocorre durante uma grande etapa da vida de cada pessoa no contexto escolar básico e superior, e esse processo de troca ou medição é estabelecido pelo professor, que durante sua prática docente se depara com diferentes capacidades, tanto cognitivas, emocionais, sociais, físicas como morais (CAMPOS, 2010). Refletindo sobre essa realidade, cada forma de comunicação deve ser aproveitada no âmbito educacional a fim de potencializar as competências e habilidades cognitivas individuais (KLEIN, 2012).

No ensino das ciências da natureza e suas tecnologias tem se encontrado dificuldades em otimizar esse processo de ensino e aprendizagem nas escolas. O ensino de ciências tem como objetivo possibilitar aos estudantes compreender as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, desenvolver a capacidade de resolução de problemas e tomada decisões relativas às questões com as quais se deparam como cidadãos (SILVA E MARCONDES, 2015). Uma das grandes dificuldades é fazer com que os estudantes apropriem-se dos diferentes

instrumentos e dos símbolos utilizados para representar o discurso científico (LABURÚ, 2011).

O professor é o principal responsável pela função de auxiliar o indivíduo a perceber e interpretar esse discurso, se fazendo necessário o planejamento e utilização de diferentes modos de representação conceitual, tanto com maior ou menor proximidade aos conceitos específicos da ciência, como práticas em laboratório, jogos, estímulo à leitura, à expressão oral, entre outros modos (LABURÚ, 2011).

É com essa perspectiva que esse trabalho apresenta argumentos e referenciais da linha de investigação das múltiplas representações indo ao encontro de postulados do campo da neurociência, em que ambos possam amparar e contribuir sobre o processo da prática docente. Isto porque o ensino de ciências e a neurociência são áreas que visualizam não somente contribuir sobre uma melhor prática educacional, assim como melhorar a formação individual dos estudantes sob um viés cognitivo, levando em consideração aspectos neurais que influenciam sobre a formação da memória e sua relação com o processo de aprendizagem.

### **Múltiplas representações e aspectos da memória**

É preciso deixar claro que a interface estabelecida entre estudos no ensino de ciência e referenciais das bases neurobiológicas da aprendizagem e memória, não busca modificar ou substituir conceitos de cunho pedagógico em que os profissionais da educação estão familiarizados. Aprendizagem não é necessariamente sinônimo de memória, mas sim um processo complementar, onde a memória pode ser vista como um processo neurobiológico que permite a aprendizagem (LENT, 2010; CARVALHO, 2011).

Tanto a linha de investigação das múltiplas representações (AINSWORTH, 1999) quanto os postulados da neurociência para a educação (FERNANDES, 2015) indicam que cada sujeito possui um intrincado sistema que opera nos níveis neurais e cognitivos, que atua como fator determinante no processo de ensino e aprendizagem (FRITH, 2011). A utilização de diferentes representações no ensino, portanto, vai ao encontro a essa grande diversidade de estudantes que compõem uma sala de aula, em que cada sujeito tem suas próprias representações, que foram reunidas com base na sua própria experiência. Conforme Chiesa (2012), “esse sistema organizado traduz o mundo externo para a percepção individual e governa o processo de raciocínio de cada um de nós” (CHIESA, 2012, pg. 43).

Dessa forma, o ensino de ciências pressupõe um conjunto de diferentes símbolos e formas de comunicação (LABURÚ, 2011), já que a linguagem humana é única na natureza e rica em sua capacidade de simbolizar pensamentos. No entanto, a expressão da linguagem não parece anteceder a formação do sistema mnemônico, ou seja, a constituição da memória de cada pessoa. Sabe-se que existem diferentes tipos de memórias, umas são visuais, outras olfativas, motoras, algumas se associam a memórias preexistentes, e outras não requerem nenhum conhecimento prévio (LENT, 2010).

Quando queremos lembrar alguma informação sobre o meio que nos rodeia, nossos neurônios reconvertem sinais bioquímicos em elétricos para que possamos interpretá-los como pertencendo ao nosso mundo. Diferentes modos de linguagem envolvem sistemas semelhantes de expressão e compreensão, no entanto o nosso sistema nervoso extrai e traduz

as informações que adquirimos, pois, segundo Izquierdo (2011), “os códigos e processos utilizados pelos neurônios não são idênticos à realidade da qual extraem ou à qual reverterem as informações” (IZQUIERDO, 2011, pg 21).

A linha de investigação das Múltiplas Representações afirma que uma nova representação convém para complementar, confirmar ou reforçar conhecimentos passados, em que uma nova representação propicia restrição e refinamento de uma interpretação (AINSWORTH, 1999). Devido à esse espécie de tradução dos neurônios, poderão ocorrer falhas na interpretação de alguma informação, por isso é interessante a prática da repetição e em diferentes modos no processo de ensino de ciências permitindo ao estudante encontrar diferentes caminhos simbólicos para identificar ou dar um novo sentido a um conceito prévio (KLEIN, 2012). Conforme Laburú (2011):

“a pluralidade de modos e a multiplicidade de formas de representação, permitem a formação de pontes entre os conhecimentos prévios do sujeito e os novos conceitos, possibilitando a estruturação de sentidos e de relações argumentativas” (LABURÚ, 2011, pg. 481).

Portanto, o planejamento que inclui somente uma maneira de representar os conceitos científicos tende a tornar-se limitado, tanto em relação aos caminhos que devem ser percorridos durante esse processo de ensino e aprendizagem, assim como torna limitado os estímulos neurais fundamentais para a aquisição, consolidação e evocação dos conceitos mais significativos (FERNANDES, 2015). Seja através da leitura de um livro, uma informação olfativa que penetra o nariz do indivíduo, a gustação pela boca em que diferentes vias neurais são estimuladas, há regiões do cérebro onde essas vias convergem, e essas regiões são responsáveis pela formação de memórias (IZQUIERDO, 2011).

A repetição de conceitos, vista na perspectiva multirepresentacional, como aquelas que incluem imagens, gráficos, utilização de gestos, atividade motora, observação e manipulação de objetos apontam uma interface com o discurso neurocientífico (ZOMPERO et al, 2017). Memórias suprimidas (aquelas não realmente esquecidas) podem, através da intensidade de um novo estímulo ou apresentação de uma nova informação ser reversíveis perante o processo de evocação dessas memórias (IZQUIERDO, 2011).

Sabe-se que para uma maior fidelidade à memória evocada, a que se pretende recordar, é preciso apresentar um maior número possível de componentes do estímulo condicionado inicial, pois esses diferentes estímulos podem ir ao encontro do estímulo condicionado inicial (IZQUIERDO, 2011). Conforme Izquierdo (2011) afirma que:

“Os animais e as pessoas evocam melhor uma memória ansiogênica, aversiva ou estressante, quando colocados novamente numa situação ansiogênica, aversiva ou estressante, similar à do treino inicial (...)” (IZQUIERDO, 2011, pg. 92).

Portanto, o enriquecimento representacional implica diferentes caminhos e estímulos para que o estudante busque, através de seus conhecimentos prévios, rever e reconsolidar seu aprendizado.

## **Neurociência e as múltiplas representações**

Quanto mais recursos forem empregados na comunicação de uma informação, maiores as chances dela se tornar uma memória de longa duração (HERCULANO-HOUZEL, 2009). Através da utilização de vários recursos e estratégias metodológicas é possível alcançar um maior envolvimento de áreas corticais primárias, tais como a somestésica, a auditiva e visual, que devem auxiliar na associação de informações sobre a memória e a cognição (LENT, 2010).

As associações ocorrem através da atividade de diferentes sistemas, por exemplo, através da oralidade, a compreensão ocorre através do sistema auditivo, enquanto para a gestualidade, a compreensão se realiza pelo sistema visual. Já para a expressão escrita convencional é o sistema visual que realiza a compreensão, enquanto à forma escrita Braille é o sistema somestésico que se encarrega da tarefa (LENT, 2010). Sobre essa ótica da neurociência é que a linha de investigação das múltiplas representações (AINSWORTH, 1999) se apresenta como uma importante estratégia metodológica para o ensino de ciências (LABURÚ, 2011).

Cada representação envolve processos cognitivos que são mais ou menos fáceis de realizar em um sistema de símbolos do que em outros, por vezes, podendo ser somente um único sistema (LABURÚ, 2011). A fala, por exemplo, é composta de segmentos que seguem uma temporalidade linear, já a utilização de um gesto tem seu significado derivado de um todo, enquanto figuras ou esquemas têm a característica de representar várias relações entre os elementos que constituem um objeto ou situação (LABURÚ, 2011).

Atividades de reconhecimento e manipulação de objetos envolvem além de uma via (ventral) de análise cognitiva desses objetos, também outra via (dorsal) pragmática, que visa orientar o corpo (a motricidade) do sujeito. Isso significa que a aprendizagem motora também é parte importante do aprendizado envolvendo um grande número de neurônios espelhos, que estão ligados as nossas ações de observação visual, imitação motora de outras pessoas (inclusive o professor) e aquisição da linguagem (LENT, 2010). A construção de materiais didáticos também se apresenta, como uma alternativa eficaz aos professores de ciências. A produção de seu próprio material instrucional pode conferir, ao professor, segundo Silva e Marcondes (2015), “maior autonomia pedagógica, talvez até maior criticidade em relação aos livros didáticos, além de contribuir para o aumento da autoestima” (SILVA E MARCONDES, 2015, pg. 81).

A inserção de atividades lúdicas tais como a prática de jogos com regras determinadas implicam em prazer, divertimento e ainda, uma maior voluntariedade de participação por parte dos estudantes. Cabe salientar que entre todas as características elencadas nessa prática, a presença ou ausência de regras está intimamente ligada ao uso de jogos ou atividades lúdicas, pois implicam em um “contrato social” de convivência entre os participantes. (SOARES, 2008). É possível que os estudantes sintam-se instigados a manter maior atenção na atividade proposta, no caso, indo para além de um estado de atenção explícita (visual e involuntária), em que o aluno estaria “fingindo” prestar atenção a determinada situação, partindo para um estado de atenção implícita (voluntária) em que de fato esse sujeito estaria interessado em ser participante no processo de ensino (LENT, 2010).

Ainda no processo da prática pedagógica muito se discute a respeito da realização de atividades que buscam estimular a expressão oral e verbal dos estudantes (UCHO et al, 2012).

Nesse sentido, referenciais da neurociência afirmam que ao se expressar através da fala o aluno necessita consultar um léxico<sup>4</sup> em busca de informações semânticas e fonológicas necessárias à expressão verbal. A construção de uma frase em nível de pensamento (sem emissão da fala) busca formar a mensagem (fonemas e regras sintáticas), e parece envolver a região frontal lateral inferior conhecida como área de Broca, localizada no hemisfério esquerdo da maioria das pessoas (LENT, 2010).

Já no momento da emissão da fala, também denominada como articulação, são as regiões pré-motoras do córtex frontal esquerdo que estão sendo estimuladas, assim como setores de representação da face, localizadas no giro pré-central de ambos os hemisférios. Com isso, o estudante consulta seu sistema mnemônico (a sua memória), e essa consulta é realizada em diferentes regiões corticais do nosso cérebro. Ao construir um pensamento ou uma frase, é a área de Broca que está sendo envolvida, já quanto à compreensão do que está sendo dito, ou ouvido é função da área de Wernicke, e ambas devem estar conectadas através de um feixe de fibras denominado feixe arqueado, para que os indivíduos possam entender o que estão falando, ou compreender o que outros lhe falam (LENT, 2010).

Atividades que visam expressão gestual também podem ser planejadas sob a perspectiva da neurociência com o intuito do desenvolvimento de nuances e entonações de voz que conferem a fala humana um conteúdo emocional capaz de modificar o sentido racional das frases. Diferenciamos-nos de um robô através das inflexões da voz, em uma mímica facial e em gestos das mãos e do corpo, que são aspectos emocionais da fala conhecidos como prosódia que, na maioria das pessoas, ativam áreas pertencentes ao hemisfério direito, localizando-se nas mesmas regiões que no lado esquerdo processam os aspectos cognitivos da linguagem (LENT, 2010).

Estudos da neurociência também sugerem que diferentes oportunidades de aprendizado na infância se correlacionam com diferenças neurais que podem contribuir para aprendizagens futuras. A utilização de formas variadas de ensino, tais como o ensino informal, em que o estudo ocorre fora do ambiente escolar pode promover uma maior participação e elevar a motivação dos alunos. Cabe nesse sentido, o uso de tecnologias como importante aliado, pois os estudantes podem se sentir inseridos ou ligados a assuntos escolares em momentos extraclasse, já que passam aproximadamente 70% do seu tempo fora do ambiente escolar (MELTZOFF et al, 2009). Dessa forma, uma atividade experimental não implica necessariamente o trabalho em laboratório, certas atividades de trabalho prático podem assumir características de trabalho experimental como o de uma visita a um museu, por exemplo (PEREIRA E MOREIRA, 2017). Atividades de caráter investigativo e problematizador podem viabilizar a relação entre aspectos teóricos e empíricos, facilitando, por exemplo, o domínio da linguagem científica (ZOMPERO et al, 2017; PEREIRA E MOREIRA, 2017). Smartphones, e televisores estão cada vez mais integrados entre si e à rede mundial de computadores, e inevitavelmente, conforme Pereira e Moreira (2017):

“A escola e as mudanças tecnológicas devem estreitar relações (...) onde as atividades prático experimentais desempenhem funções sociais relevantes para os estudantes ao estarem vinculadas de fato a um projeto educacional” (PEREIRA e MOREIRA, 2017, pg. 274).

---

<sup>4</sup>Conjunto de palavras reunidas em alguma ordem (LENT, 2010).

Garvett et al (2017) apresenta um estudo que descreve que o córtex entorrinal, que é formado por células grid (neurônios) e que auxiliam na nossa capacidade de nos situar no espaço. Essa região do nosso encéfalo, ligado a outra área importante sobre a consolidação de memória, o hipocampo, formam o sistema entorrinal-hipocampal que responde de forma positiva a aprendizagem de estímulos associados e em sequência objetiva. Ou seja, o sistema entorrinal-hipocampal responde à violação de estruturas de sequências aprendidas e sinaliza a probabilidade de eventos em sequências aprendidas (GARVETT et al, 2017). A opção da utilização de mapas que apresentem conceitos de maneiras objetiva, hierárquica e associativa, como mapas conceituais (MOREIRA, e MANSINI, 2009) podem auxiliar os estudantes a compreender melhor e ainda promover a ele intuição a novos conceitos relacionados ao conteúdo (GARVETT et al, 2017).

Outra modalidade, ainda pouco explorada no ensino de ciências, é a utilização de histórias em quadrinhos. Essas podem atingir diferentes faixas etárias, conseqüentemente, níveis escolares, e vêm sendo utilizadas como ferramenta na educação em ciências em diferentes contextos (UCHO et al, 2012). No caso específico dos quadrinhos, Luyten (2011) assinala que “as imagens apoiam o texto e dão aos alunos pistas contextuais para o significado da palavra”. Dehaene e Cohen (2011) em seu trabalho apresentam dados interessantes sobre o processo de aprendizado da leitura, e como esse processo modifica determinadas áreas corticais, especialmente, o sulco ventral occipitotemporal esquerdo. No entanto, salienta que a questão do processo visual deve conter significados simbólicos para promover alguma alteração, nessa que parece ser uma área estritamente ligada a linguagem (DEHAENE e COHEN, 2011).

Para o entendimento de fenômenos não observáveis, a ciência por muitas vezes também acaba utilizando-se de comparações para tornar o entendimento mais palpável ao público leigo (CARMO, 2006; SILVA e TERRAZAN, 2005). O uso de analogias se estrutura, principalmente, em dois domínios: o análogo que representa o conhecimento familiar aos alunos, e o alvo (ou específico), que representa o conhecimento abstrato vinculado ao discurso científico (BARBOSA et al, 2012). Conforme teóricos da área da neurociência apontam, cada sujeito inserido em uma sala de aula traz consigo um sistema organizado de imagens e representações (FRITH, 2011). Dessa forma, a analogia como recurso, deve almejar a elucidação para determinado grupo de conceitos científicos, unindo-se ao conhecimento prévio do estudante (BARBOSA et al, 2012).

### **Planejamento multimodal e as funções executivas**

Conforme apontam programas internacionais de avaliação e as nossas diretrizes curriculares, o processo para aprender ciência envolve um desafio representacional em uma variedade de contextos (BRASIL, 2013; PISA, 2012). Que esse processo esteja contemplando o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos envolvidos, onde os estudantes devem demonstrar habilidades como identificar questões e evidências, elaborar, avaliar e comunicar conclusões (ZOMPERO et al, 2017).

Nesse sentido, o planejamento pedagógico baseado em métodos representacionais variáveis relacionados a aspectos da neurociência buscam o desenvolvimento de habilidades comportamentais que incluem a cognição e a emoção dos estudantes (DIAS, 2014). Essas habilidades já estão amplamente difundidas em estudos científicos, e são denominadas como

Funções Executivas (LEZAK, 1982), cuja importância de sua promoção e desenvolvimento no âmbito educacional já é reconhecida através de programas como o PIAFEX – Programa de Intervenção e Autorregulação e Funções Executivas (DIAS, 2014).

Conforme supracitado, essas funções são habilidades ligadas ao desenvolvimento cognitivo e emocional do indivíduo, onde segundo Lent (2010) “razão e emoção são aspectos genéricos de um mesmo contínuo, e expressam as mais sofisticadas propriedades do cérebro humano.” (LENT, 2010, pg. 715).

O controle cognitivo envolve receber, processar e interpretar informações que entram pelos canais sensoriais simultaneamente. Essa tarefa é coordenada por uma importante região do nosso cérebro, o córtex pré-frontal, considerado o responsável pelo nosso comportamento inteligente (LENT, 2010).

Importante salientar que essa região assim como outras já mencionadas estão conectadas com várias outras em todo encéfalo, como núcleos talâmicos, o cerebelo, a amígdala, o hipocampo e o tronco encefálico (LENT, 2010). Estudos apontam que neurônios pré-frontais revelaram-se multimodais, sendo ativados pelos diferentes estímulos que recebemos, tais como visuais, auditivos, táteis, gustatórios entre outros (LENT, 2010). Cabe ao professor durante a prática pedagógica oferecer situações fundamentadas em experiências ricas em estímulos, que promovam a ativação desses neurônios e, conseqüentemente, novas sinapses (CARVALHO, 2011).

Portanto em uma abordagem educacional pluralizada, com enfoque em múltiplas representações conceituais, conforme Gardner (2015), duas coisas acontecem:

“Primeiro, torna-se acessível para mais alunos. Se alguns aprendem melhor ouvindo histórias, outros o conseguem fazendo trabalhos artísticos ou atividades em grupo (...) Em segundo lugar, uma educação pluralizada favorece uma compreensão mais ampla” (GARDNER, 2015, pg. 35).

Conforme dito anteriormente, o estado de atenção implícita do indivíduo é, extremamente, importante para o processo de aprendizagem, e está relacionado ao desafio e o prazer, que são estados comportamentais regulados por receptores dopaminérgicos<sup>5</sup>, o que sugere serem controlados pelo nosso sistema de recompensa através de vias mesolímbicas<sup>6</sup> (LENT, 2010). Dessa forma, uma atividade que busque a participação ativa dos estudantes, onde visualizem uma espécie de “prêmio” ao atingir o objetivo da atividade, deve ser vista de forma positiva entre os mediadores desse processo ensino.

Conforme Roberto Lent:

“(...) as atividades da razão que envolvem raciocínio lógico para a resolução de problemas e tomada de decisões, a fixação de objetivos e o planejamento das ações correspondentes, começam com a focalização da atenção para as informações que chegam, vindas do meio externo ou da própria mente” (LENT, 2010, pg. 743).

---

<sup>5</sup>Receptores implicados em processo neurobiológicos tais como, a motivação, o prazer, a cognição, memória e aprendizagem (LENT, 2010).

<sup>6</sup>Tipo de via dopaminérgica (LENT, 2010).

Professores podem utilizar algum tipo de recompensa como estratégia motivacional, planejando a situação de aprendizagem, juntamente, àqueles elementos já reconhecidos como promotores de motivação: apresentar desafios, promover curiosidade, diversificar planejamentos de atividades, propor competições (MEDEIROS e FIGUEREDO, 2010).

A neurociência aponta que o processo de amadurecimento do córtex pré-frontal pode se estender até ao final da terceira década de vida, ou seja, é necessário planejar qualquer atividade levando em consideração a faixa etária dos estudantes. O cérebro dos adolescentes, longe de estar maduro, passa por extensas modificações estruturais bem além da puberdade, como revelam imagens de ressonância magnética funcional. O córtex pré-frontal ainda em desenvolvimento entre os adolescentes pode auxiliar no entendimento de seus comportamentos instáveis. (OECD, 2007).

No entanto, as funções executivas não envolvem somente o processo cognitivo de cada indivíduo, mas também o seu processo emocional. Sabe-se que cada emoção tem um padrão fisiológico característico, mas adquire uma nuance próprio em cada pessoa. Tanto positivas quanto negativas, as emoções podem provocar um estímulo positivo (prazeroso) ou negativo (desagradável), o que implica que se um estímulo está sendo reforçado pode ser percebido tanto como recompensa, como punição (LENT, 2010).

Assim como o córtex pré-frontal é uma região importante no processo do desenvolvimento cognitivo, a amígdala (ou complexo amigdalóide) é uma região chave nos disparos das reações emocionais, inclusive o medo. Este é visto como um tipo de memória implícita<sup>7</sup>, e de sinapses capazes de plasticidade, especialmente a potenciação de longa duração<sup>8</sup>. Mas a amígdala também modula a memória explícita<sup>9</sup> segundo a influência de estímulos emocionais relevantes. Essa modulação emocional é possibilitada pelas conexões que existem entre o complexo amigdalóide e o córtex que fica em torno do hipocampo. (LENT, 2010).

Aprendemos a refrear nossos impulsos agressivos, através da boa educação, do diálogo e da compreensão entre as pessoas, ou seja, a razão pode “conter” a emoção. Por conta disso, o córtex pré-frontal pode ser considerado um modulador (geralmente um inibidor) da amígdala, controlando a sua influência sobre as estruturas que disparam as manifestações fisiológicas e os comportamentos emocionais. Por exemplo, quando ocorre transmissão sináptica serotoninérgica<sup>10</sup>, o córtex bloqueia os comportamentos agressivos que seriam disparados pelas regiões mais baixas, dentre elas o complexo amigdalóide (LENT, 2010).

A falta de um planejamento adequado com instrumentos que não visam explorar diversos aspectos de um mesmo conteúdo pode contribuir para uma aprendizagem deficiente. Dessa forma, uma alternativa para os profissionais da educação seria voltar suas atenções

---

<sup>7</sup>Forma de memória que não precisa ser descrita por meio de palavras (hábitos, habilidades motoras e regras (LENT, 2010).

<sup>8</sup>Um mecanismo de plasticidade neuronal dependente da atividade neural, que muitos acreditam ser um dos substratos celulares do processo de formação de memórias (LENT, 2010).

<sup>9</sup>Forma de memória que pode ser descrita por meio de palavras (LENT, 2010).

<sup>10</sup>Ligada a processos fisiológicos como, temperatura corporal, humor, agressividade e percepção sensorial (LENT, 2010).

sobre a importância das diferentes formas de metodologias de ensino, ao invés de se sustentarem numa única modalidade de ensino, e em hipóteses que apontam a causa perante impedimentos neurológicos por parte dos estudantes (SILVA, 2015).

Algumas habilidades cognitivas são consideradas importantes no processo de ensino e de aprendizagem das ciências da natureza. Entre elas observar, registrar, analisar dados, comparar, perceber evidências, fazer inferências, concluir, aprimorar o raciocínio e argumentar. Portanto, ao se requisitar e aprimorar o exercício de habilidades cognitivas para investigação científica, necessariamente se está estimulando e desenvolvendo o uso de funções executivas (ZOMPERO et al, 2017).

### **Múltiplas representações como estratégia metodológica no ensino de ciências**

É necessário elucidar que a defesa da utilização de metodologias variáveis no ensino de ciências não tem por objetivo criticar determinado modelo de prática pedagógica, assim como não elenca hierarquicamente modos mais eficazes (BICA e ROEHRS, 2015). Duval (2006) apresenta em um estudo sobre o ensino da matemática, que a distinção de quatro tipos de representação registrou a variedade e o espaço cognitivo da representação convergindo de acordo com o registro de origem e o registro de destino. Ou seja, permitiu definir algumas variáveis para analisar a complexidade cognitiva subjacente a qualquer atividade, seja para um objetivo de pesquisa, ou para um objetivo de educação (DUVAL, 2006).

É reconhecido que a aprendizagem do discurso científico pode ser potencializada quando associada à compreensão e à integração de diferentes formas de representação (KOZMA & RUSSEL, 1997; KEIG & RUBBA, 1993). Cada representação apresenta níveis de eficácia e fraqueza diferentes em relação à precisão e capacidade de dar significado a determinado grupo de conceitos, dessa forma se faz necessária reflexão sobre quais representações utilizar na prática docente (KLEIN, 2012).

O professor através do planejamento e da mediação deve propor, juntamente, aos estudantes a tarefa de entender os diferentes aspectos das representações e seu uso integrado, no momento em que estão aprendendo ciência. Eles têm necessidade de compreender que diferentes modos encerram distintos propósitos, como o caso, por exemplo, de uma representação gráfica, tabular ou algébrica, usadas para indicar medidas extraídas em um experimento para identificar a relação entre elementos (KLEIN, 2012).

Uma mudança que vem ocorrendo ao longo do tempo, é a presença e a utilização de imagens como forma de representação conceitual, se consolidando como um facilitador conceitual (GONZALEZ E ESCUDERO, 2015). No ensino de Biologia e Química, por exemplo, há uma crescente ampliação do emprego de imagens nos próprios livros didáticos, entre as quais encontram-se as representações de partículas microscópicas, os esquemas e as fotografias, em que é visível a diferença na apresentação visual e na abordagem utilizada ao longo dos diversos capítulos (SANGIOGO e MARQUES, 2015).

Ainsworth (1999) aponta três razões para que ocorra essa integração entre as representações conceituais e a aprendizagem. Primeiramente, uma nova representação convém para complementar, confirmar ou reforçar conhecimentos passados. Segundo, uma nova representação propicia restrição e refinamento de uma interpretação. Finalmente,

diferentes representações capacitam o estudante a identificar um conceito abstrato através de diferentes modos representacionais, e ainda serve como um elo entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo que está sendo apresentado para o aprendiz (KLEIN, 2012).

### **Considerações Finais**

Estudantes possuem diferentes motivações e preferências em relação ao estilo ou ao modo de aprender, assim como afinidade com diferentes áreas do conhecimento. Também variam em suas habilidades mentais específicas, ritmos de aprendizagem, nível de motivação e interesse para uma determinada disciplina. Suas experiências vividas e/ou vínculos mantidos com o grupo social a que pertencem, também são fatores que, certamente, influenciam na qualidade e na profundidade da aprendizagem (LABURÚ, 2011).

Por conta disso, torna-se questionável um esquema educacional baseado num único formato representativo que somente dá conta das necessidades de um tipo particular de aluno ou grupo de alunos e exclui outros (LABURÚ, 2011). A multiplicidade semiótica e funções de comunicação deve ser aproveitada no âmbito didático em função das necessidades cognitivas individuais (PERALES PALLACIOS, 2006).

Concomitantemente, vivemos em mundo envolvido e dependente de ciência e tecnologia, se fazendo necessário otimizar o ensino de ciências e oportunizar aos estudantes, instrumentos e ferramentas planejados sob um viés cognitivo, para compreender o mundo moderno. Realizando uma interface das pesquisas neurocientíficas, utilizando-se de seus conceitos inovadores em prol de um ensino mais centrado no aprendizado, considerando o corpo e a mente dos estudantes de forma mais integralizada (FERNANDES, 2015).

E isso traz prioridades para as políticas educacionais, se fazendo necessário pensar em uma estrutura escolar menos arbitrária, que vise recolher toda a gama de potencialidade humanas (PINKER, 2004). Estudantes, assim como qualquer pessoa possuem diferentes personalidades, e reagem diferentemente às personalidades das outras pessoas, inclusive a do professor.

### **Referências**

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, 33, p. 131-152, 1999.

BARBOSA, J.U. et al. Analogias para o ensino de bioquímica no ensino médio. **Revista Ensaio**, v.14, n. 1, jan. 2012, p. 195-208.

BICA, M.S.N.; ROEHRS, R. A abordagem dos conceitos de substância, mistura e densidade utilizando os fundamentos das múltiplas representações. **Experiências em ensino de ciências**, v.10, n.2, 2015.

BRASIL, Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica/ Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. – Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CAMPOS, A.L. Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación em la búsqueda del desarrollo humano. **La educ@ción**, n.143, jun. 2010.

CARMO, E. A. **Analogias como instrumentos úteis para o ensino do conteúdo químico no nível médio**. Belém: UFPA, 2006. Dissertação (Mestrado em Educação e Matemática) – Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006. Disponível em: <[http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/1831/5/Dissertacao\\_AnalogiasInstrumentosUteis.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/1831/5/Dissertacao_AnalogiasInstrumentosUteis.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2017

CARVALHO, F.A.H. Neurociências e Educação: uma articulação necessária na formação docente. **Trabalho, Educação e Saúde**, v.8, n.3, p. 537-550, nov. 2010.

CHIESA, B. Um ABC do Cérebro. **Revista Neuroeducação**, 1 ed. São Paulo: Segmento, n.1, p. 43, 2012.

DEHAENE, S.; COHEN, L. The unique role of the visual word form area in reading. **Trends in cognitive sciences**, v. 15, n. 6, p. 254-262, jun. 2011.

DIAS, N.M. Promoção do desenvolvimento de funções executivas em crianças: apresentação do Piafex e evidências de estudos nacionais. **I Seminário Tecnologias Aplicadas a Educação e Saúde**, UNEB, campus I, out. 2014.

DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. **Educational Studies of Mathematics**, v.61, p.103-131, 2006.

FERNANDES, C.T. et al. Possibilidades de aprendizagem: reflexões sobre neurociência do aprendizado, motricidade e dificuldades de aprendizagem em cálculo em escolares entre sete e doze anos. **Ciência & Educação**, 21 (2), p. 395-416, 2015.

FREITAS, D.P.S.; MOTTA, C.S.; MELLO-CARPES, P.B. As bases neurobiológicas da aprendizagem no contexto da investigação temática freiriana. **Trab. Educ. Saúde**, v.13 n.1, p.109-122, 2015.

FRITH, U.; MAGUIRE, E.; BISHOP, D. **Neuroscience: implications for education and lifelong learning**. Royal Society, Londres, fev. 2011.

GARDNER, H. As inteligências Múltiplas, **Revista Neuroeducação**, n.3, pg. 35, 2015.

GARVETT, M.M.; DOLAN, R.J.; BEHRNS, T.E.J. A map of abstract relational knowledge in the human hippocampal-entorhinal cortex. **eLife**, 6, p. 1-20, 2017.

GONZÁLEZ, S.B.; ESCUDERO, C. El modelo atómico y las representaciones de los adolescentes. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.10, n.3, 2015.

HERCULANO-HOUZEL, S. **Neurociências na educação**. Rio de Janeiro: CEDIC, 2009.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning and specific prior knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, NJ v. 30, n. 8, p. 883-903, 1993.

KLEIN, T.A.S.; LABURÚ, C.E. Multimodos de Representação e teoria da Aprendizagem Significativa: Possíveis Interconexões na Construção do Conceito de Biotecnologia. **Revista Ensaio**, 14(2), p.137-152, 2012.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to diferente representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, NJ, n. 34, p. 949-968, 1997.

LABURÚ, C.E.; BARROS, M.A.; SILVA, O.H.M. Multimodos, Múltiplas Representações, Subjetividade e Aprendizagem Significativa. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de neurociência**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LEZAK, M. D. The problem of assessing executive functions. **International Journal of Psychology**, 17(1-4), p. 281-297, 1982.

MEDEIROS, T.G.; FIGUEREDO, C.J. O papel das recompensas como estratégia motivacional em sala de aula de inglês. **Revista de Educação, Linguagem e Literatura da UEG-Inhumas**, v.2, n. 1, p. 53-73, mar. 2010.

MELTZOFF, A.N. et al. Foundations for a new Science of learning. *Science*, 325, p.284-288, jul. 2009.

MOREIRA, M.A.; MANSINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2009.

OECD, **Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science**, Paris: OECD, 2007. Disponível em < <http://www.oecd.org/site/educeri21st/40554190.pdf> >. Acesso em: 10 mar. 2017.

PERALES PALLACIOS, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias.

**Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 13-30, Barcelona, 2006.

PEREIRA, M.V.; MOREIRA, M.C.A. Atividades prático-experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro no Ensino de Física**, v. 34, n.1, pag. 265-277, abr. 2017.

PINKER, S. **Tábula Rasa: a negação contemporânea da natureza humana**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

PISA 2012 **assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy**. Paris: OECD, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en> >. Acesso em: 17 abr. 2017.

SANGIOGO, F.A.; MARQUES, C.A. A não transparência de imagens no ensino e na aprendizagem de química: as especificidades nos modos de ver, pensar e agir. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.20(2), p.57-75, 2015.

SILVA, C.L. Vygotsky e a neurociência, **Revista Neuroeducação**, nº4, pg. 65 2015.

SILVA, E.L.; MARCONDES, M.E.R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. **Ciência & Educação**, v.21, n.1, p.65-83, 2015.

SILVA, L. L.; TERRAZAN, E. A. O uso de analogias no ensino de modelos atômicos.

In: **Simpósio nacional de ensino e física**, 16, 2005. Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: SBFísica, 2005. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/sys/resumos/T0666-1.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

SOARES, M.H.F.B. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: teoria, métodos e aplicações. In: **Encontro Nacional de Ensino de Química**, 14, Curitiba, UFPR, 2008.

UCHO, A.M.; FRANCISCO JUNIOR, W.E.; FRANCISCO, W. Produção e avaliação de uma história em quadrinhos para o ensino de química. *XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia*. Salvador, jun. 2012.

VYGOTSKY, L. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

ZOMPERO, A.F.; GONÇALVES, C.E.S.; LABURÚ, C.E. Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. **Ciência & Educação**, v.23, n.2, p. 419-436, 2017.

## **ANEXO I: normas de formatação da revista científica *Ciência e Educação* – ISSN versão *on-line* 1980-850X**

### **Diretrizes para autores**

*Ciência & Educação* publica artigos científicos e de revisões de literatura resultantes de pesquisas empíricas ou teóricas originais sobre temas relacionados à Educação Científica (Ciências, Física, Química, Biologia, Geociências, Educação Ambiental, Matemática e áreas afins) incluindo críticas, defesas e comentários sobre artigos publicados na própria revista.

#### Apresentação dos trabalhos

*Ciência & Educação* aceita colaborações em português, espanhol e inglês. Os originais devem ser enviados com texto digitado em Word for Windows, Libre Office ou softwares compatíveis, fonte Times New Roman, corpo 12, espaço simples, com até 15 laudas. O tamanho do papel é A4 e as margens devem ser configuradas: 3 cm para as margens superior e esquerda e 2 cm para as margens inferior e direita.

#### Artigo original

Todos os originais submetidos à publicação devem conter resumo em língua vernácula e em inglês (abstract), bem como até cinco palavras-chave alusivas à temática do trabalho, em português ou espanhol e inglês.

Os padrões de referências e de citações seguem as normas mais atualizadas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR6023 e NBR10520, respectivamente.

Na folha de rosto devem constar o título do trabalho (em português ou espanhol, e em inglês) e afiliação completa de todos os autores na seguinte ordem: **departamento** ou **unidade** (por extenso, **instituto** ou **faculdade** (por extenso), **universidade** (por extenso), **sigla** (entre parêntesis), **cidade, estado, país, e-mail** e endereço do primeiro autor, para correspondência.

Na primeira página do texto devem constar o título completo do artigo em português ou espanhol e em inglês, resumo em português ou espanhol e abstract, com até 150 palavras. Também devem ser atribuídas até cinco palavras-chave em português e em inglês (keywords), separadas por ponto final. Esses descritores (palavras-chave/keywords) devem refletir da melhor maneira possível o conteúdo abordado no artigo, de forma a facilitar a pesquisa temática dos usuários.

#### Tabelas

Tabelas devem ser representadas segundo as normas de apresentação tabular do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1993). A identificação da tabela deve figurar na parte superior da mesma, em algarismo arábico, precedido da palavra tabela, seguida pelo título, item obrigatório, todos em fonte menor do que a do texto. Toda tabela deve citar a

fonte, inscrita a partir da primeira linha de seu rodapé, para identificar o(s) responsável(is) pelos dados numéricos. A identificação deste(s) deve ser precedida da palavra Fonte ou Fontes.

Toda tabela deve ter cabeçalho para indicar o conteúdo das colunas. A moldura de uma tabela **não** deve ter traços verticais que a delimitem à esquerda e à direita. Recomenda-se que uma tabela seja apresentada em uma única página e que tenha uniformidade gráfica nos corpos e tipos de letras e números, no uso de maiúsculas e minúsculas e no uso de sinais gráficos.

### Ilustrações

Ilustrações de quaisquer tipos (desenhos, fotos, esquemas, fluxogramas, gráficos, mapas, organogramas, plantas, quadros etc.) devem ter extensão .jpeg, com resolução mínima de 400 dpi. Quando se tratar de gráficos e imagens coloridas, os autores devem enviar gráficos e imagens em versão colorida e em versão preto e branco ou tons de cinza. A versão on-line disponibilizará a versão colorida.

A ilustração deve ser inserida o mais próxima possível do texto a que se refere. A identificação deve figurar na parte superior da ilustração, em algarismo arábico, seguido do título. Na parte inferior da ilustração, deve ser citada a fonte, item obrigatório, que identifica o(s) responsável(is) pela mesma. A identificação deve ser precedida da palavra Fonte ou Fontes. Esses dados devem ser digitados em fonte menor do que a do texto.

### Notas de rodapé

Numeradas em algarismos arábicos, devem ser sucintas e usadas somente quando estritamente necessário. Além disso, devem estar em fonte menor e alinhadas à esquerda, no final da página.

### Transcrições

Devem ser colocadas entre aspas e em itálico (por exemplo: transcrição de entrevista, de discurso etc.).

### Citações

As chamadas de citações por sobrenome de autor e data devem ser em letras maiúsculas e minúsculas e, quando entre parêntesis, devem ser em letras maiúsculas. Devem ser citados até três autores, com sobrenomes separados por ponto e vírgula. Para mais de três autores, usar o sobrenome do primeiro e a palavra et al.

1. Citações diretas ou literais no texto: devem subordinar-se à forma: (sobrenome de autor, data, página). Com até três linhas, as citações devem ficar entre aspas e **sem itálico**. Com mais de três linhas, as citações devem seguir o seguinte padrão: recuo de 4 cm na margem, fonte menor, sem aspas e **sem itálico**.

2. Citações indiretas: quando o autor for citado no texto, colocar sobrenome do autor e ano (entre parêntesis).

Exemplos:

- Seu caráter interdisciplinar compreende "[...] uma área de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia, tendo em vista suas relações, conseqüências e respostas sociais" (BAZZO; COLOMBO, 2001, p. 93).
- Na mesma perspectiva, Peixoto e Marcondes (2003) discutem visões equivocadas da ciência presentes nas interpretações de alunos inscritos em um programa especial de formação de professores de química para o Ensino Médio.

3. Citações de diversos documentos de um mesmo autor publicados no mesmo ano são distinguidas pelo acréscimo de letras minúsculas, em ordem alfabética, após a data e sem espaçamento.

- Reside (1927a)
- Reside (1927b)

4. Todos os autores citados devem constar das referências listadas no final do texto, em ordem alfabética, segundo as normas.

Referências

### Livro

- SILVA, F. **Como estabelecer os parâmetros da globalização**. 2. ed. São Paulo: Macuco, 1999.
- MINAYO, M. C. S. **O desafio de conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 7. ed. São Paulo; Rio de Janeiro: Hucitec-Abrasco, 2000.

### Capítulo de livro

Regra 1: Autor do livro igual ao autor do capítulo

- SANTOS, J. R. dos. Avaliação econômica de empresas. In: \_\_\_\_\_. **Técnicas de análise financeira**. 6. ed. São Paulo: Macuco, 2001. p. 58-88. (páginas inicial e final do capítulo são obrigatórias)

Regra 2: Autor do livro diferente do autor do capítulo

- ROSA, C. Solução para a desigualdade. In: SILVA, F. (Org.). **Como estabelecer os parâmetros da globalização**. 2. ed. São Paulo: Macuco, 1999. p. 2-15. (páginas inicial e final do capítulo são obrigatórias)

Regra 3: Quando o autor for uma entidade:

- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente e saúde**. 3. ed. Brasília: SEF, 2001. v. 9.

Regra 4: Quando houver mais de um autor, separá-los com ponto-e-vírgula:

- Mergulhão, M. C.; Vasaki, B. N. G. **Educando para a conservação da natureza**: sugestão de atividades em educação ambiental. São Paulo: EDUC, 1998.

**Nota**: quando existirem mais de três autores, indica-se apenas o primeiro, acrescentando-se a expressão et al. (sem itálico). Exemplo:

- Sanz, M. A. et al. **Ciencia, tecnología y sociedad**. Madrid: Noesis, 1996.

Regra 5: Séries e Coleções

- Migliori, R. **Paradigmas e educação**. São Paulo: Aquariana, 1993. 20 p. (Visão do futuro, v. 1).

Regra 6: Livro em meio eletrônico

- Alves, C. **Navio negroiro**. [S.l.]: Virtual Books, 2000. Disponível em: . Acesso em: 04 mar. 2004 (dia, mês abreviado, ano).

## Periódico

A regra para autores segue a mesma orientação de livros.

Regra 1: Artigos de revistas

- Villani, A.; Santana, D. A. Analisando as interações dos participantes numa disciplina de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 2, p. 197-217, 2004.

Em meio eletrônico:

- Rodrigues, R. M. G. Tarefa de casa: um dos determinantes do rendimento escolar. **Educação e Filosofia**, São Paulo, v. 12, n. 24, p. 227-254, jul./dez. 1998. Disponível em: . Acesso em: 04 mar. 2004. (dia, mês abreviado, ano).

## Teses e dissertações

Bozelli, F. C. **Analogias e metáforas no ensino de física**: o discurso do professor e o discurso do aluno. 2005. 234f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.

**Nota:** quando o trabalho for consultado on-line, mencionar o endereço eletrônico: Disponível em: . Acesso em: 04 mar. 2004. (dia, mês abreviado, ano).

### **Trabalho apresentado em evento**

(Atas, anais, proceedings, resumos, entre outras denominações)

ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de problemas: uma perspectiva Kuhniana. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 1998. 1 CD-ROM.

**Nota:** quando o trabalho for consultado em material impresso, é obrigatório inserir as páginas inicial e final do mesmo. Se o evento estiver publicado em meio eletrônico, especificar a descrição física do documento (CD-ROM, disquete etc). Para consultas on-line mencionar o endereço eletrônico e a data de acesso. Disponível em: . Acesso em: 04 mar. 2005. (dia, mês abreviado e ano).

### Ordenação das referências

Todos os documentos citados no texto devem constar na lista de referências, que, por sua vez, deve estar ordenada de acordo com o sistema alfabético e alinhada à esquerda da página.

Referências de mesmos autores podem ser substituídas por um traço sublinear (equivalente a seis espaços) e ponto, desde que apareçam na **mesma página**.

Exemplos:

- RUBBA, P. A.; HARKNESS, W. L. Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about science technology-society interactions. **Science Education**, Hoboken, v. 77, n. 4, p. 407-431, 1993.
- \_\_\_\_\_.; SCHONEWEG, C.; HARKNESS, W. L. A new scoring procedure for the views on science-technology-society instrument. **International Journal of Science Education**, London, v. 18, n. 4, p. 387-400, 1996.

Obras com mesmo autor e título, mas de edições diferentes:

- FREIRE, G. **Sobrados e mucambos**: decadência do patriarcado rural no Brasil. São Paulo: Ed. Nacional, 1936. 405 p.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1938. 410 p.

**Nota:** cabe ao(s) autor(es) verificar se os endereços eletrônicos (URL) citados no texto e/ou referências estão ativos.

As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, por ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, segundo os exemplos abaixo. No corpo do texto, as citações devem ser feitas no formato autor-data, com apenas a primeira letra do sobrenome de cada autor em letra maiúscula. Ex.: (Campbell & Stanley, 1963, p. 176); “Segundo Vygotsky (2000)...”.

*Para um, dois, três ou mais autores:*

Um autor: Newton, I.

Dois ou três autores: Newton, I.; Darwin, C. R. & Maxwell, J. C.

Mais que três autores: Newton, I. et al. (no corpo do texto; na lista ao final do artigo devem aparecer sempre os nomes de todos os autores).

### **Periódicos impressos**

Exemplo:

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.

### **Periódicos eletrônicos**

Exemplo: Mcdermott, L. C. (2000). Bridging the gap between teaching and learning: the role of physics education research in the preparation of teachers and majors. *Investigações em Ensino de Ciências* Acesso em 10 jun., 2006, [http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/v5\\_n3\\_a1.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/v5_n3_a1.htm).

### **Livros no todo**

Exemplo:

Feynman, R. (1967). *The character of physical law*. Cambridge: MIT Press.

### **Para capítulos de livros**

Exemplo:

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N. L. GAGE (Ed.), (pp. 171-246). Chicago: Rand McNally.

### **Trabalhos publicados em atas de congressos, simpósios, etc.:**

Exemplo:

Costa, S. S. C., & Moreira, M. A. (2006). *Atualização da pesquisa em resolução de problemas: informações relevantes para o ensino de Física*. In: Moreira, M. A. et al. (Ed.). I Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, Porto Alegre: 2005. Atas... Porto Alegre: Instituto de Física, p. 153-167.

Para citações de outros tipos de documento, seguir as normas internacionais da APA 5th (<http://library.uww.edu/GUIDES/APACITE.htm>).

[1] Nota de rodapé, quando pertinente.

## **Condições para submissão**

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e inédita e não está em processo de avaliação por outra revista. Não sendo o caso, justificar em "Comentários ao editor";
2. Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, Libre Office, ou outro editor de texto;
3. Todos os endereços URL no texto estão ativos (ex. <http://pkp.sfu.ca>);
4. O texto está digitado em espaço simples, fonte Times New Roman, tamanho 12;
5. As tabelas e ilustrações estão inseridas no texto, não em seu final;
6. O texto segue a formatação da revista segundo as **Diretrizes para autores**;
7. A identificação do(s) autor(es) foi removida da primeira página do **texto**, conforme indicado nas diretrizes;
8. Para citações e notas de rodapé deve ser usado o sistema de chamada autor-data, com a lista de referências no final do artigo;
9. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve ser removido em "Propriedades do documento", opção do menu "Arquivo" do MS Word. O mesmo deve ocorrer em editores de texto similares.