



RELAÇÃO ENTRE EMOÇÕES, FORMAÇÃO DE MEMÓRIAS E APRENDIZAGEM: uma revisão sistemática

*Paulo Marcelo Pedroso Pereira*¹

*Carla Marina Costa Paxiúba*²

*Celson Pantoja Lima*³

RESUMO

Este trabalho de revisão sistemática objetivou compreender a relação entre emoções, formação de memórias e aprendizagem. Para tanto, foi formulada a string de busca: Emotions AND Long-term memory AND Learning, na base de dados Scopus. Os artigos foram selecionados considerando os critérios de inclusão: artigos que contivessem pelo menos uma das palavras-chave no resumo; que apresentassem bases conceituais para o entendimento do funcionamento do sistema de memórias; que tivessem relação com o processo de aprendizagem e artigos que buscassem relacionar emoções e aquisição de memória; foram excluídos artigos resultantes de experimentos com animais; que envolvessem distúrbios neurofisiológicos; artigos direcionados para públicos específicos; artigos resultantes de avaliação de eventos específicos; artigos relacionados exclusivamente ao sono e artigos indisponíveis para download. Como técnica de análise de dados, foi considerada a Análise de conteúdo, de Bardin. Foram selecionados vinte e um trabalhos. As evidências sugeriram a influência da valência emocional anteriormente presente no processo de aprendizagem como sendo um potencializador da formação de memórias, em comparação aos estímulos neutros; o papel do sistema límbico para a consolidação das memórias; as bases dos estímulos estressores, com aumento do cortisol, podendo interferir negativamente na formação das memórias e as emoções negativas como fator de aprimoramento na formação de memória de itens. Ao final de cada categoria de análise, refletiu-se sobre a aplicação dos achados no contexto educacional.

Palavras-chave: Estímulos emocionais. Sistema de Memórias. Educação.

RELATIONSHIP BETWEEN EMOTIONS, MEMORY FORMATION AND LEARNING: a systematic review

¹ Mestre, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento; Amazon Innovation Group – AMIGO, Brasil, Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-5870-6266>. E-mail: pmpp2004@hotmail.com

² Doutora, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento; Amazon Innovation Group – AMIGO, Brasil, Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-9062-6079>. E-mail: carlamarina@gmail.com

³ Doutor, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento; Amazon Innovation Group – AMIGO, Brasil, Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-8074-8566>. email.to.celson@gmail.com

ABSTRACT

This systematic review paper aimed to understand the relationship between emotions, memory formation and learning. To carry out the paper, the following search string was formulated: Emotions AND Long-term memory AND Learning, used in the Scopus database. The articles were selected considering the following criteria: as inclusion, articles that contained at least one of the keywords in the abstract; articles that presented conceptual bases for understanding how the memory system works; articles that were related to the learning process and articles that sought to relate emotions and memory acquisition; as exclusion, articles resulting from animal experiments; articles involving neurophysiological disorders; articles aimed at specific audiences, such as the elderly or children; articles resulting from the evaluation of specific events, such as great tragedies; articles related exclusively to sleep and articles unavailable for download. As a data analysis technique, the Content Analysis by Bardin was considered. After analysis, twenty-one papers were considered. The evidence found was based on experiments that suggested the influence of the emotional valence previously present in the learning process as being an enhancer of the formation of memories, compared to neutral stimuli; the role of the limbic system in consolidating memories; the bases of stressful stimuli, with an increase in cortisol, which can negatively interfere in the formation of memories and negative emotions as an improvement factor in the formation of item memory. At the end of each category of analysis, the application of the findings in the educational context was reflected.

Keywords: Emotional stimulus. Memory system. Education.

RELACIÓN ENTRE EMOCIONES, FORMACIÓN DE MEMORIAS Y APRENDIZAJE: una revisión sistemática

RESUMEN

Este trabajo de revisión sistemática tuvo como objetivo comprender la relación entre las emociones, la formación de las memorias y el aprendizaje. Para esto se formuló la siguiente cadena de búsqueda: Emotions AND Long-term memory AND Learning, utilizada en la base de datos Scopus. Los artículos fueron seleccionados considerando los siguientes criterios: como inclusión, artículos que contuvieran al menos una de las palabras clave en el resumen; artículos que presentaban bases conceptuales para comprender el funcionamiento del sistema de memoria; artículos relacionados con el proceso de aprendizaje y artículos que buscaban relacionar emociones y adquisición de memoria; se excluyeron los artículos resultantes de experimentos con animales; artículos relacionados con trastornos neurofisiológicos; artículos dirigidos a públicos específicos, como ancianos o niños; artículos resultantes de la valoración de hechos concretos, como grandes tragedias; artículos relacionados exclusivamente con el sueño y artículos no disponibles para descargar. Como técnica de análisis de datos, se consideró el Análisis de Contenido de Bardin. Luego del análisis, veintiún trabajos hicieron parte de las discusiones. La evidencia encontrada se basó en experimentos que sugirieron la influencia de la valencia emocional previamente presente en el proceso de aprendizaje como potenciador de la formación de memorias, frente a estímulos neutros; el papel del sistema límbico en la consolidación de memorias; las bases de los estímulos estresantes, con un aumento del cortisol, que puede interferir negativamente en la

formación de memorias y emociones negativas como factor en la mejora de la formación de la memoria de los ítems. Al final de cada categoría de análisis, se reflejó la aplicación de los hallazgos en el contexto educativo.

Palabras clave: Estímulos emocionales. Sistema de memorias. Educación.

INTRODUÇÃO

Uma das funções da educação é desenvolver novos conhecimentos ou comportamentos, sendo mediada por um processo que envolve a aprendizagem. Quando o sujeito aprende, pode-se considerar que o mesmo adquiriu competência para resolver problemas ou realizar tarefas, lançando mão de habilidades e conhecimentos adquiridos ao longo do tempo. Tais comportamentos são produtos da atividade do cérebro humano, órgão que compõe o sistema nervoso. Sensações, percepções, emoções, pensamentos, memórias, ou seja, as diferentes funções mentais estão associadas ao funcionamento do cérebro (COSENZA; GUERRA, 2011).

Nesta abordagem, pode-se depreender que, se o comportamento depende do cérebro, a aquisição de novos comportamentos também resulta de processos que ocorrem no cérebro de quem aprende. Uma importante consequência destas evidências são as estratégias pedagógicas para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, que, juntamente com as experiências de vida do sujeito, desencadeiam a neuroplasticidade, processo que modifica a estrutura cerebral de quem aprende. Tais modificações promovem novos comportamentos, adquiridos pelo processo de aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011).

Conhecer, portanto, a organização e as funções do cérebro, que envolvem desde funções cognitivas como atenção e sistemas de memória, até as relações entre cognição, emoção e desempenho, contribui para que o processo de ensino-aprendizagem possa ser pensado e desenhado com base em evidências neurocientíficas, com vistas ao desenvolvimento de uma educação mais eficiente.

Neste contexto, as emoções podem ser consideradas como fenômenos que assinalam a presença de algo importante em um

determinado momento na vida do indivíduo. Elas se manifestam por meio de alterações na fisiologia e nos processos mentais e mobilizam recursos cognitivos como atenção e percepção. Além disso, a amígdala – estrutura cerebral pertencente ao sistema límbico, ao qual se atribui o controle das emoções – interage com o hipocampo e pode influenciar o processo de consolidação das memórias, o que é considerado essencial para a aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011).

Kandel et. al (2014) também discutem a aprendizagem como uma mudança no comportamento, que resulta da aquisição de conhecimento acerca do mundo, e a memória é o processo pelo qual esse conhecimento é codificado, armazenado e posteriormente evocado. Para Cosenza e Guerra (2011), como uma consequência desta percepção do mundo exterior, a aprendizagem se configura como um processo de formação e consolidação de células nervosas, fruto de modificações químicas e estruturais no sistema nervoso. Portanto, para discutir aprendizagem é necessário que se considere o significado e funcionamento das memórias.

A memória compreende várias subdivisões, as quais são processadas por sistemas neurais específicos. A Memória de Trabalho (MT) é uma memória transitória e a Memória de Longo Prazo (MLP) busca registrar de forma duradoura informações absorvidas por meio dos órgãos sensoriais e exige quatro tipos de processamento: codificação, armazenamento, consolidação e evocação. A codificação é o processo pelo qual novas informações são observadas e conectadas com informações preexistentes na memória. O armazenamento refere-se aos mecanismos e sítios neurais que permitam a retenção da MLP. A consolidação é o processo que faz a informação ainda lábil e armazenada temporariamente ficar mais estável. A evocação é o processo pelo qual a informação armazenada é evocada (KANDEL, et al 2014).

A partir de tais premissas, o presente estudo busca responder o seguinte problema de pesquisa: quais os efeitos causados por estímulos emocionalmente carregados na formação de memórias e aprendizagem? Como objetivo, esta revisão busca compreender a relação entre emoções,

formação de memórias e aprendizagem, a partir de pesquisas empíricas produzidas dentro da temática. Como consequência dos achados, o texto traz reflexões sobre a aplicação dos resultados no contexto educacional.

METODOLOGIA

Esta revisão considerou as seguintes fases para sua elaboração: (1) elaboração da pergunta de pesquisa; (2) busca na literatura; (3) seleção dos artigos; (4) extração dos dados; (5) avaliação da qualidade metodológica; (6) síntese dos dados; (7) avaliação da qualidade das evidências; e (8) redação e publicação dos resultados (GALVÃO; PEREIRA, 2014), fases estas sintetizadas no quadro 01:

Quadro 01 – Fases para elaboração da pesquisa

Fases da Revisão	Procedimentos
Elaboração da pergunta de pesquisa	Elaborada a partir do método PICOS (GALVÃO; PEREIRA, 2014)
Busca na literatura	Por meio da plataforma de busca Scopus
Seleção dos artigos	Considerando os critérios de inclusão e exclusão
Extração dos dados	Por meio da análise dos resultados dos estudos
Avaliação da qualidade metodológica	Identificação de pesquisas experimentais, com a presença de variáveis pertencentes à questão de pesquisa
Síntese dos dados	Elaboração do quadro-síntese, contendo objetivo, resultados e conclusão
Avaliação da qualidade das evidências	Análise da relação entre as emoções, a formação de memórias e aprendizagem
Redação e publicação dos resultados	Estruturação do artigo de revisão, a partir das normas da revista

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Para a formulação da pergunta de pesquisa, foram considerados os seguintes itens, a partir do acrônimo PICOS: população, intervenção, comparação, desfecho e tipo de estudo, sendo elaborada a questão, já anunciada anteriormente: quais os efeitos causados por estímulos emocionalmente carregados na formação de memórias e aprendizagem? A descrição dos itens e os componentes da questão de pesquisa são apresentados no quadro 02:

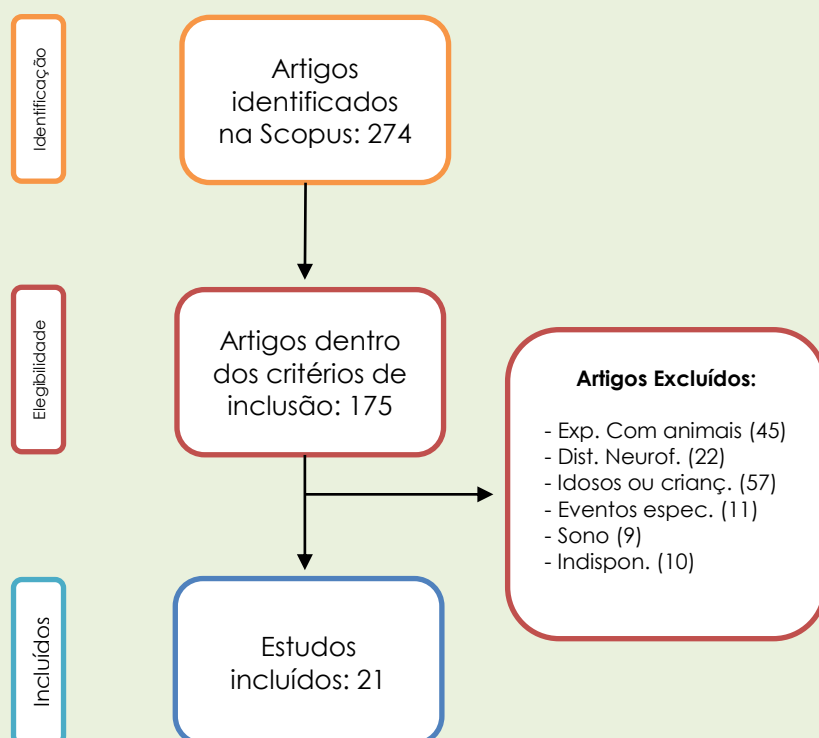
Quadro 02 – Componentes da pergunta de pesquisa, a partir do PICOS

Descrição	Componentes da pergunta
População (P)	Adultos em geral
Intervenção (I)	Estímulos emocionalmente carregados
Comparação (C)	Estímulos neutros
Desfecho (O)	Formação de memórias e aprendizagem
Tipo de estudo (S)	Pesquisas experimentais

Fonte: Elaboração própria, 2021.

No levantamento inicial da literatura, realizada no dia 22 de maio de 2020, foram encontrados 274 (duzentos e setenta e quatro) trabalhos, por meio da base de dados *Scopus*, com a *string* de busca: *Emotions AND Long-term memory AND Learning*. Para a seleção dos trabalhos, foram analisados o título, o resumo e as palavras-chave, a partir dos seguintes critérios: como inclusão, foram considerados os artigos que apresentassem experimentos com estímulos emocionais e neutros; artigos que buscassem relacionar emoções e formação de memórias e artigos que tivessem relação com o processo de aprendizagem. Dentro dos critérios de inclusão, foram encontrados 175 estudos. Destes, foram excluídos artigos resultantes de experimentos com animais (45); artigos que envolvessem distúrbios neurofisiológicos (22); artigos direcionados para públicos específicos, como idosos ou crianças (57); artigos resultantes de avaliação de eventos específicos, como grandes tragédias (11); artigos relacionados exclusivamente ao sono (9) e artigos indisponíveis para *download* (10) (Figura 01):

Figura 01 – Estratégia de busca e seleção



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Após esta etapa, verificou-se que 21 (vinte e um) artigos traziam fundamentos e evidências para responder à questão de pesquisa, e que foram lidos na íntegra. Em seguida, foram separados por categorias de análise, a fim de sistematizar tais evidências nas discussões do trabalho. Após a discussão de cada categoria, reflexões sobre as implicações das pesquisas estudadas no processo educacional foram realizadas, com vistas a promover um diálogo entre neurociências e educação.

Como técnica de análise de dados, foi considerada a Análise de conteúdo de Bardin (2002). Na etapa da pré-análise, a escolha do universo decorreu dos objetivos propostos, ou seja, de compreender a relação entre emoções, formação de memórias e aprendizagem; o contato inicial com os textos deu-se por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, conforme já descrito; foram selecionados os artigos considerando a *string* de busca e os critérios de inclusão e exclusão delimitados e o objetivo

central foi traçado para compreender a relação entre as variáveis em estudo.

Com relação à codificação, Bardin (2002) indica três escolhas necessárias: o recorte (unidade de registro), a enumeração e a classificação e agregação (categorização). Neste trabalho, a unidade de registro utilizada foi o tema, a fim de identificar sua relação com a resposta à questão de pesquisa. Na etapa da enumeração, as formas de contagem definidas foram presença ou ausência das unidades de registro. Em relação à categorização, esta revisão optou pela análise semântica por meio de categorias temáticas. As categorias foram separadas a partir de agrupamentos temáticos que contribuíam para a resposta à questão de pesquisa: Sistema límbico e memórias, Estímulos e formação de memórias, Estresse e formação de memórias e a Relação entre emoções, formação de memórias e aprendizagem. Para a preparação do material, limitou-se à obtenção de cópia virtual dos artigos e seus arquivamentos de forma digital.

Em relação à exploração do material, foi feita a leitura integral dos vinte e um artigos selecionados. Por fim, para o tratamento dos dados e interpretação, foram utilizadas as categorias elencadas, analisando a coerência interna dos artigos, a partir da identificação dos experimentos descrito; da relação entre objetivos propostos e os resultados obtidos e da relação entre os elementos metodológicos e os dados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise dos trabalhos, foi possível identificar as seguintes categorias: inicialmente, com questões neurofisiológicas (sistema límbico) que podem embasar a relação entre emoções e formação das memórias; em seguida, um conjunto de estudos que experimentou o papel dos estímulos emocionalmente carregados no processo de retenção de memórias; depois, estudos que revelaram resultados sobre o papel do estresse na formação de memórias, além da relação entre as principais variáveis em estudo.

Sistema límbico e memórias

Taylor (2001) discutiu a natureza emocional da racionalidade e as formas inconscientes de conhecimento, também chamada de memória implícita, do campo da Neurobiologia e da Psicologia, e ofereceu uma explicação fisiológica da relação interdependente entre emoção e razão e o papel da memória implícita no processo de aprendizagem.

Para o autor, pesquisas não apenas fornecem suporte para que as emoções possam afetar os processos da razão, mas, mais importante, indicam que as emoções foram consideradas indispensáveis para que a racionalidade ocorra. Além disso, o autor salientou que as pesquisas sobre o cérebro trazem à tona novas ideias sobre uma forma de MLP que tem sido negligenciada, a da memória implícita, que recebe, armazena e recupera fora da consciência do indivíduo. Da memória implícita emergem hábitos, atitudes e preferências inacessíveis à lembrança consciente, mas essas são formas de eventos anteriores que influenciam o comportamento humano e são uma parte essencial do entendimento do ser.

Sobre as áreas do cérebro relacionadas ao objeto de discussão deste artigo, Phelps (2004) estabelece que o complexo da amígdala e do hipocampo estão ligadas a dois sistemas de memória independentes. Em situações emocionais, esses dois sistemas interagem de maneira sutil, mas importante. Especificamente, a amígdala pode modular a codificação e o armazenamento de memórias dependentes do hipocampo. O complexo hipocampal, ao formar representações episódicas do significado emocional e da interpretação dos eventos, pode influenciar a resposta da amígdala quando estímulos emocionais são encontrados. Embora sejam sistemas independentes de memória, eles agem em conjunto quando a emoção encontra a memória.

Ainda no âmbito das funções da amígdala, segundo McGaugh (2006), estímulos emocionais aumentam a MLP se comparados com estímulos neutros imediatamente anteriores. De acordo com o estudo, a modulação da memória induzida pela excitação é mediada pela ativação β -noradrenérgica da amígdala, influenciando diretamente no mecanismo de

consolidação da memória, ou seja, ocorrem alterações estruturais nas sinapses, buscando a estabilidade da informação.

Corroborando com tais achados, segundo [Çalışkan e Stork \(2018\)](#), as regiões límbicas (hipocampo, amígdala e córtex pré-frontal medial) são estruturas-chave de uma rede neural em todo o cérebro que traduz eventos emocionalmente consideráveis em memórias duradouras. Para os autores, a comunicação nessa rede em geral depende dos padrões de atividade do estado comportamental que são normalmente gerados e/ou retransmitidos através do hipocampo. Segundo os autores, tornou-se evidente que alterações adaptativas nos padrões de atividade de rede dependentes do hipocampo fornecem um meio importante de ajustar a plasticidade sináptica.

LoPresti et al (2008) desenvolveram um estudo cujo objetivo foi investigar, por meio de Ressonância Magnética Funcional, a MT por duas pistas sociais críticas: identidade e emoção. Os sujeitos realizaram uma tarefa que exigia que correspondessem a imagem à expressão emocional ou à identidade, após um período de 10 segundos. Tais imagens eram rostos retirados de um banco de dados vinculados a uma universidade. As imagens apresentavam expressões faciais classificadas dentro de três valências: positiva moderada, negativa e neutra. Neuroanatomicamente, as previsões se concentraram no córtex orbitofrontal (OFC) e na amígdala, pois essas regiões já haviam sido implicadas anteriormente no processamento emocional e na MLP, e estudos demonstraram o OFC sustentado e atividade do lobo temporal medial durante a MT visual. A partir dos achados da pesquisa, foi encontrada atividade transitória durante a visualização das imagens representando emoção e identidade no sulco temporal superior e no córtex occipital inferior, respectivamente. A atividade prolongada do período de retardo foi evidente no OFC, amígdala e hipocampo, tanto para testes de emoção quanto de identidade. Os resultados sugeriram que, embora o processamento inicial da emoção e da identidade seja realizado em regiões temporal e occipital anatomicamente segregadas, a memória

relacionada ao período sustentado dessas duas características críticas é mantida pelo OFC, amígdala e hipocampo.

Até aqui, verificou-se que as regiões límbicas estão no cerne de uma rede neural em todo o cérebro que relacionam emoções e memórias, evidenciando fisiologicamente uma relação interdependente entre emoção e razão. Destaca-se que a amígdala pode modular a codificação e o armazenamento de memórias dependentes do hipocampo e este, por sua vez, ao formar representações do significado emocional e da interpretação dos eventos, pode influenciar a resposta da amígdala quando estímulos emocionais são encontrados. A ativação β -noradrenérgica da amígdala influencia diretamente na consolidação da memória.

Reflexões para o contexto educacional

Em relação ao ponto específico da memória implícita, depreende-se que pode haver uma aplicação direta no processo educacional, especialmente quando se trata da memória de procedimentos, pois envolve habilidades sensório-motoras que são acumulados no cotidiano (COSENZA; GUERRA, 2011), ou seja, é preciso desenvolver estratégias metodológicas que façam com que esta memória oculta possa vir à tona e o aprendiz possa pôr em prática as habilidades necessárias para a resolução de problemas ou o desenvolvimento de atividades em geral que requeiram a memória de procedimentos.

Com esta categoria evidenciada pelos achados das pesquisas, salienta-se, a partir de Cosenza e Guerra (2011), que as emoções precisam ser consideradas no ambiente educacional, ou seja, é necessário que se planeje uma ambientação que proporcione a mobilização das emoções positivas, como entusiasmo, curiosidade, envolvimento, desafio, enquanto que as negativas, como ansiedade, apatia, medo, frustração, devem ser evitadas para que não prejudiquem a aprendizagem.

Vê-se, portanto, que o conhecimento fornecido pelos achados neurocientíficos pode indicar direções, considerando as especificidades de cada contexto educacional. Porém, o ambiente escolar deve ser

estimulante, de forma que os aprendizes se sintam reconhecidos, ao mesmo tempo em que as ameaças precisam ser identificadas e reduzidas (COSENZA; GUERRA, 2011).

Estímulos e formação de memórias

Para que os mecanismos de memória sejam ativados, experimentos evidenciaram o papel dos estímulos neste processo. É mister observar que a aprendizagem é uma consequência desta relação de causa e efeito: estímulos (emoção) e memórias. Nesta perspectiva, Nielson e Bryant (2005) investigaram os efeitos de uma pequena recompensa não contingente, intrínseca ou extrínseca, na recuperação tardia da memória. Os participantes (n = 108) estudaram e recordaram uma lista de 30 substantivos imagináveis e afetivamente neutros. Os grupos experimentais receberam então uma recompensa intrínseca (por exemplo, elogios) ou uma recompensa extrínseca (por exemplo, U\$ 1). Após um período de uma semana, o desempenho de recuperação dos participantes para a lista de palavras foi significativamente melhor nos grupos de recompensas extrínsecas, quer a recompensa fosse esperada ou não, quando comparados aos controles. Aqueles que receberam a recompensa intrínseca tiveram um desempenho um pouco melhor que os controles, mas a diferença não foi significativa. Assim, pelo menos algumas formas de estímulo e recompensa, mesmo quando semanticamente não relacionadas ao material aprendido, podem efetivamente modular a consolidação da memória.

De forma similar, Nielson, Yee e Erickson (2005) desenvolveram uma pesquisa onde 35 participantes adultos jovens e saudáveis aprenderam uma lista de substantivos comuns e depois viram um vídeo semanticamente não relacionado, com valência neutra ou emocionalmente estimulante. O vídeo foi mostrado após a aprendizagem da lista de palavras, a fim de evitar interferência dos estímulos na codificação ou atenção, o que poderia influenciar a consolidação da memória. Foi verificado que o aumento da frequência cardíaca foi significativamente maior no grupo que viu o vídeo

emocionalmente estimulante em comparação com o neutro. O grupo de participantes que viu o vídeo emocionalmente estimulante lembrou significativamente mais palavras do que o grupo que viu o vídeo neutro nos períodos de 30 minutos e 24 horas após o experimento, apesar do desempenho comparável da memória do grupo antes da manipulação dos estímulos. Esses resultados sugeriram que os estímulos emocionais, mesmo de uma fonte não relacionada, são capazes de modular a consolidação da memória.

Para Nielson e Powless (2007), a consolidação das memórias recém-formadas ocorre lentamente, permitindo que sejam alteradas pela experiência por algum tempo após a sua formação. Vários mecanismos, segundo eles, incluindo os estímulos, podem modular a consolidação da memória quando submetidos logo após a aprendizagem, sendo o tempo para ocorrer o estímulo uma variável importante neste estudo. Ao todo, 212 (duzentos e doze) participantes aprenderam uma lista de palavras, que foi seguida por um videoclipe com estímulo nas valências positiva ou negativa (ou seja, comédia ou cirurgia, respectivamente) após períodos de 0, 10, 30 ou 45 minutos. O estímulo de qualquer valência induzida até 30 minutos após o aprendizado, mas não após 45 minutos, melhorou significativamente a recuperação em uma semana. Os resultados sugeriram que há uma certa dependência do tempo do estímulo após a aprendizagem para a modulação da memória e que é o grau de excitação, e não a valência, que tem o papel de modular a memória.

Em outro estudo, Nielson e Lorber (2009) examinaram o efeito do estímulo induzido após a aprendizagem de palavras que variavam tanto na qualidade do estímulo quanto na valência, bem como a influência de três fatores de diferenças individuais que sabidamente influenciam a resposta ao estímulo: supressão emocional, reavaliação emocional e predisposição ao estímulo. Neste estudo, 76 adultos (57 mulheres) visualizaram e classificaram 60 palavras que variavam normativamente de alto a baixo em estímulo e valência. Dez minutos depois, eles assistiram a um vídeo de 3 minutos com valência cômica ou neutra. O estímulo induzido após a aprendizagem

aprimorou a memória evocada em 1 semana, abrangendo a longa tarefa sem preferência por tipo de palavra ou posição serial, contrastando com relatos de efeitos de estímulos que interagem com as qualidades do estímulo. É importante ressaltar, segundo os autores, que a predisposição ao estímulo levou a um aprimoramento maior na modulação da MLP, enquanto o uso da reavaliação emocional, que reduz a resposta ao estímulo, inibiu a capacidade do estímulo de induzir o aprimoramento da memória.

Segundo Nielson e Meltzer (2009), o estímulo fisiológico ou emocional moderado induzido após a aprendizagem modula a consolidação da memória, ajudando a distinguir memórias importantes das triviais. No entanto, a contribuição da consciência subjetiva ou da interpretação do estímulo para esse efeito é incerta. A alexitimia, que é uma incapacidade de descrever ou identificar os estados emocionais e de estímulos, mesmo que as respostas fisiológicas ao estímulo estejam intactas, fornece uma ferramenta para avaliar o papel da interpretação do estímulo. Neste experimento, os participantes que obtiveram pontuação alta e baixa de alexitimia (N=30) aprenderam uma lista de 30 palavras, seguida de recordação imediata. Os participantes viram então um vídeo estimulante (cirurgia oral) ou um vídeo neutro (escovação de dentes). A memória foi testada 24 horas depois. A resposta fisiológica ao estímulo foi comparável entre os grupos, mas a resposta subjetiva ao estímulo foi prejudicada na alexitimia alta. No entanto, o atraso no reconhecimento de palavras foi aprimorado pelo estímulo, independentemente do *status* da alexitimia. Assim, os resultados sugeriram que a resposta subjetiva ao estímulo, ou seja, a avaliação cognitiva, não era necessária para a modulação da memória.

Bergmann et al (2012) também investigaram os efeitos de estímulos tanto com valências distintas quanto com diferentes graus de excitação em uma tarefa interligada entre itens de MT e MLP. Segundo os pesquisadores, a emoção pode facilitar ou prejudicar a memória, dependendo do que, quando e como a memória é testada, e se o paradigma em questão é administrado como uma tarefa de MT ou de MLP. Para eles, enquanto os estímulos isolados que despertam emoções têm mais probabilidade de

serem lembrados, a memória para o relacionamento entre duas ou mais partes de componentes (ou seja, memória relacional) parece ser pior na presença de estímulos emocionais, pelo menos em algumas tarefas de memória relacional. Os achados forneceram evidências adicionais de que os processos durante a codificação e pós-codificação, o intervalo de tempo entre o estudo e o teste e a interação entre valência e grau de excitação podem modular os efeitos da emoção na memória.

Reflexões para o contexto educacional

As pesquisas revelam que um determinado estímulo com valor emocional positivo ou negativo pode influenciar diretamente no processo de aprendizagem. Verifica-se que detalhes do ambiente são capazes de ser identificados como mobilizadores, ainda que passem despercebidos pela consciência. O córtex cerebral, nesse caso, ao perceber as respostas corporais desencadeadas, pode se confundir e identificar erroneamente a origem da emoção ao fazer associações com outros fatores ambientais imediatos também percebidos de forma consciente. Como exemplo, cita-se um professor que pode estar irritado por ter chegado atrasado na escola porque um pneu do carro furou, mas achar que o motivo da irritação seja a presença de um aluno indisciplinado. Neste sentido, é necessário estar atento aos estímulos emocionalmente carregados, sabendo que o autoconhecimento emocional é uma habilidade que pode ser aprendida e aperfeiçoada (COSENZA; GUERRA, 2011).

Estresse e formação de memórias

No estudo de Tollenaar et al (2008), foram examinados os efeitos do aumento do cortisol induzido pelo estresse na recuperação da MLP durante e após o estresse psicossocial agudo. No experimento, 70 (setenta) estudantes do sexo masculino foram expostos a uma tarefa de estresse psicossocial ou a uma tarefa de controle não estressante. Durante e após essa tarefa, a recuperação foi testada para associações de pares de

palavras emocionalmente negativas e neutras idiossincráticas, aprendidas 1 dia ou 5 semanas antes. Dentro da condição de estresse, a recuperação de palavras negativas, cinco semanas após a aprendizagem, foi prejudicada durante e após a tarefa de estresse em comparação ao grupo controle. Além disso, durante a tarefa de estresse, quando a atividade simpática foi aprimorada, a recuperação prejudicada de palavras neutras e emocionais estava significativamente relacionada à resposta aprimorada ao cortisol. Por outro lado, após a tarefa de estresse, quando os níveis de cortisol ainda estavam aumentados, mas a atividade simpática estava baixa novamente, nenhuma associação foi encontrada entre o aumento do cortisol e a recuperação de material neutro ou emocional. Esses resultados sugeriram que, quando o estímulo é alto, o aumento do cortisol pode prejudicar a recuperação da memória.

Zoladz et al (2011) examinaram como a administração do estresse em diferentes momentos antes da aprendizagem afeta a MLP (24 horas) para informações neutras ou emocionalmente relevantes. Os participantes submergiram sua mão dominante em um banho de água gelada (estresse) ou em um banho de água morna (sem estresse) por 3 minutos. Imediatamente (Experimento 1) ou 30 minutos (Experimento 2) após a manipulação do banho de água, os participantes foram apresentados a uma lista de 30 palavras, variando em valência emocional. No dia seguinte, a memória dos participantes para a lista de palavras foi avaliada por meio de testes de reconhecimento livres. Em ambos os experimentos, os participantes estressados apresentaram maiores pressão arterial, níveis de cortisol salivar e classificações subjetivas de dor e estresse do que os participantes não estressados em resposta à manipulação do banho de água. O estresse submetido imediatamente antes da aprendizagem (Experimento 1) aumentou o reconhecimento de palavras positivas, enquanto o estresse aplicado 30 minutos antes da aprendizagem (Experimento 2) prejudicou o reconhecimento livre de palavras negativas. O reconhecimento dos participantes das palavras positivas no Experimento 1 foi associado positivamente às respostas da frequência cardíaca à

manipulação do banho-maria, enquanto o reconhecimento livre dos participantes das palavras negativas no Experimento 2 foi negativamente associada às respostas da pressão arterial e do cortisol à manipulação do banho-maria. Esses achados sugeriram que os efeitos diferenciais do estresse pré-aprendizagem na MLP podem depender da proximidade temporal do estressor com a experiência de aprendizagem e da valência emocional das informações a serem aprendidas.

Trammell e Clore (2014) desenvolveram três experimentos para examinar a hipótese de que o estímulo induzido pelo estresse melhora a MLP para experiências associadas a tais estímulos. Em cada experimento, a exposição a um estressor (imersão do braço em água gelada) interferiu negativamente na MLP. Apesar de variar os estímulos (palavras, figuras), sua valência emocional, o tempo entre a aprendizagem e as induções de estresse (0 a 1 minuto) e as oportunidades para o ensaio pós-aprendizagem, cada experimento produziu uma reversão significativa do efeito hipotético. Ou seja, a exposição a um estressor interferia negativamente na MLP.

Reflexões para o contexto educacional

Verifica-se que o estresse deve ser identificado e evitado no âmbito do contexto educacional. As situações que mais frequentemente causam estresse são aquelas em que o estudante se sente desamparado, quando encontra dificuldades que não consegue superar ou julga que são intransponíveis. Agentes estressores como ameaças de colegas ou um mau relacionamento com os professores; excesso de conteúdo ou processo de avaliação com tensão excessiva; bem como dificuldades acadêmicas mal resolvidas podem ser fontes que interferem negativamente no processo educacional. Nesta linha de pensamento, nota-se a necessidade de se estar atento não só às emoções dos alunos, mas de todos os envolvidos no processo. A linguagem emocional é corporal antes de ser verbal, e muitas vezes a postura, as atitudes e o comportamento do educador ou do aluno assumem uma importância da qual nem sempre é valorizada. Por conta

desses fatores, o que é transmitido pode ser bem diferente do que se pretendia ensinar (COSENZA; GUERRA, 2011).

Relação entre emoções, formação de memórias e aprendizagem

O estudo de Cocenas-Silva, Bueno e Detroit-Volet (2013) objetivou examinar o efeito da emoção na duração da MLP. Foi realizado um experimento onde, no primeiro dia, os participantes aprenderam uma tarefa temporal em uma condição de controle de alta excitação ou neutro que foi seguida por uma tarefa de interferência de 15 minutos. Depois de 24 horas, no dia 2, eles receberam um teste. Nesse teste de evocação, eles julgaram se as durações de comparação eram ou não semelhantes à duração padrão aprendida anteriormente. Os resultados mostraram que a discriminação temporal foi mais precisa na condição emocional do que na condição neutra. Assim, a emoção fortaleceu os traços de memória, aumentando sua resistência contra os efeitos de interferência.

Em outro estudo, Wang (2015) investigou o efeito da emoção negativa na consolidação da memória de itens e memória de origem (associação de palavras). A associação de palavras é fundamental para entendimento de conceitos, analogias e inferências durante o processo de aprendizagem. Os participantes aprenderam palavras lidas por homens ou mulheres. Depois, eles assistiram a um videoclipe com tema negativo ou neutro. Os testes de memória foram realizados 25 minutos ou 24 horas após o aprendizado. O estudo produziu os seguintes resultados: primeiro, a emoção negativa aprimorou a consolidação da memória de itens medida pela memória de reconhecimento no período de 25 minutos e a consolidação aprimorada da memória de itens medida pelo reconhecimento livre nos períodos de 25 minutos e 24 horas; segundo, a emoção negativa teve pouco efeito na consolidação da memória de origem, tanto no período de 25 minutos quanto no de 24 horas. Verificaram-se evidências dos efeitos diferenciais da emoção negativa na memória de itens e na memória de origem, e têm implicações no uso da emoção como estratégia para intervir na

consolidação da memória e, por conseguinte, no processo de aprendizagem.

Wang e Sun (2015) realizaram dois experimentos para examinar os efeitos dependentes do tempo da emoção negativa na consolidação de itens e monitoramento interno da memória de origem. No experimento 1, os participantes (N = 121) aprenderam uma lista de palavras. Eles foram convidados a ler em voz alta metade das palavras e pensar na metade restante. Foram instruídos a memorizar cada palavra e sua operação cognitiva associativa ("leitura" versus "pensamento"). Imediatamente após a aprendizagem, eles deveriam recordar-se livremente e assistiram a um videoclipe de 3 minutos, neutro ou negativo, quando 5, 30 ou 45 minutos haviam decorridos após a aprendizagem. Vinte e quatro horas depois, eles retornaram para fazer testes surpresa de itens e memória de origem. O experimento 2 foi semelhante ao experimento 1, exceto que os participantes, sem realizar um teste imediato de recuperação livre, realizaram testes de memória de origem para todas as palavras codificadas imediatamente e 24 horas após a aprendizagem. O experimento 1 mostrou que a emoção negativa melhorou a consolidação da memória de itens, independentemente do atraso na obtenção da emoção, e que a emoção negativa melhorou a consolidação da memória de origem quando foi provocada com um atraso de 5 minutos, mas reduziu a consolidação da memória de origem quando foi obtida com um atraso de 30 minutos; quando provocada com um atraso de 45 minutos, a emoção negativa teve pouco efeito. Além disso, o experimento 2 replicou o efeito de aprimoramento na memória de origem no período de 5 minutos, mesmo quando os participantes foram testados em todas as palavras codificadas. Este estudo replicou parcialmente estudos anteriores sobre memória de itens e amplia a literatura, fornecendo evidências de um efeito dependente do tempo da emoção negativa na consolidação da memória de origem com base no monitoramento interno.

Tyng et al (2017) buscaram evidências para entender os efeitos da emoção na aprendizagem e na memória e os papéis funcionais

desempenhados por várias regiões do cérebro e suas interações mútuas em relação ao processamento emocional. Segundo os autores, a emoção tem uma influência substancial nos processos cognitivos, incluindo percepção, atenção, aprendizagem, memória, raciocínio e solução de problemas. Segundo os achados, a emoção também facilita a codificação e ajuda a recuperar as informações com eficiência. No entanto, os efeitos da emoção na aprendizagem e memória podem variar, pois estudos relataram que a emoção melhora ou prejudica a aprendizagem e a retenção na MLP, dependendo de vários fatores, conforme levantados nesta revisão sistemática. Achados de neuroimagem indicaram que a amígdala e o córtex pré-frontal cooperam com o lobo temporal medial de maneira integrada, o que proporciona a consolidação da memória moduladora da amígdala; o córtex pré-frontal mediando a codificação e formação da memória; e o hipocampo para aprendizagem bem-sucedida e retenção de MLP.

O estudo de Baudonnat et al (2013) demonstrou que a dopamina tem sido fortemente associada a aspectos de aprendizagem e motivação por reforço em situações simples, onde há um número limitado de estímulos para orientar o comportamento e uma gama restrita de resultados. Em situações normais, no entanto, existem muitas sugestões em potencial e estratégias que podem ser adotadas, e é fundamental que os sujeitos determinem o que pode ser relevante em termos comportamentais em ambientes tão complexos. Isso requer não apenas detectar discrepâncias com o que eles experimentaram recentemente, mas também, identificar semelhanças com experiências passadas armazenadas na memória. Os autores evidenciaram o papel da dopamina na determinação de como e quando aprender sobre o mundo e como desenvolver políticas de escolha adequadas à situação enfrentada. Foram encontradas evidências de que a dopamina é moldada pela motivação e pela memória e, por sua vez, molda a formação da memória baseada em recompensa.

Para relacionar práticas de aprendizagem com aquisição de memórias mais duradouras, Gerbier e Toppino (2015) discutiram achados

comportamentais de neuroimagem e neurofisiológicos, relacionados ao efeito do que eles chamaram de práticas distribuídas. Segundo eles, para obter retenção duradoura, as informações devem ser praticadas repetidamente e de forma distribuída ao longo do tempo, potencializando assim os processos de aprendizagem, uma vez que tais práticas podem afetar a morfologia dos neurônios. Os autores evidenciaram que os estímulos espaçados de células do hipocampo podem desencadear o desenvolvimento de novas extensões dendríticas neuronais, o que sugere a criação de novas sinapses, potencializando a aprendizagem, além de aumentar a sobrevivência das células neurais mais novas.

Entender os mecanismos de funcionamento das memórias contribui para o entendimento das vias mais seguras de potencialização da aprendizagem. Segundo Dunsmoor (2015), os modelos neurobiológicos da MLP propõem um mecanismo pelo qual as memórias inicialmente fracas são fortalecidas por meio da ativação subsequente que envolve as vias neurais comuns minutos a horas depois. Segundo o autor, este modelo sináptico de marcação e captura foi levantado como hipótese para explicar como informações irrelevantes são seletivamente consolidadas após experiências marcantes. O estudo mostrou que a informação é seletivamente consolidada se informações conceitualmente relacionadas, representadas gradualmente em um substrato neural comum, são destacadas por meio de uma experiência de aprendizagem emocional. Verificou-se que a memória para objetos neutros era aprimorada seletivamente se outros objetos da mesma categoria fossem combinados com choque. Esses achados forneceram evidências para um aprimoramento generalizado da memória retroativa, em que informações irrelevantes podem ser retroativamente creditadas como relevantes e, portanto, lembradas seletivamente, se informações conceitualmente relacionadas adquirirem relevância no futuro, por meio de algum vínculo emocional.

Pôde-se constatar, em suma, que a relação entre emoções, formação de memórias e aprendizagem se dá em decorrência do funcionamento dos sistemas límbico e de recompensa, pela modulação dos estímulos

emocionais na consolidação das memórias, considerando grau e valência específicos para que haja interferência positiva ou negativa no processo de aprendizagem.

Reflexões para o contexto educacional

Os experimentos apresentados enfatizam a melhoria da modulação na consolidação de memórias, e de como este processo pode contribuir para criar um ambiente educacional mais propício à aprendizagem. Destaque para a memória de trabalho, que é um componente essencial para garantir o bom funcionamento das funções executivas que, por sua vez, são responsáveis pela interação do sujeito com mundo, influenciando diretamente nas tomadas de decisão.

Neste sentido, no ambiente educacional as funções executivas são primordiais para que o estudante possa ter sucesso em todas as etapas da educação, e as considerações sobre a influência das emoções se fazem presentes neste contexto. Contudo, é preciso levar em conta que as funções executivas se desenvolvem de forma gradual. O ambiente escolar deve ser bem estruturado para propiciar o desenvolvimento delas, valorizando as histórias individuais e respeitando as desigualdades. Os educadores precisam criar condições para que os estudantes se desenvolvam em termos de planejamento, desempenho, compreensão e expressão, a fim de que aprimorem a capacidade de autorregulação e saibam reconhecer limites, mas também identificar oportunidades, avaliar riscos e refletir sobre os próprios erros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar evidências científicas que sugerem a relação entre emoções, formação de memórias, com ênfase na MLP, e aprendizagem, sendo esta última entendida tanto quanto referindo-se a uma mudança no comportamento que resulta da aquisição de conhecimento, quanto como um processo de formação e consolidação de

células nervosas, fruto de modificações químicas e estruturais no sistema nervoso.

Tais evidências foram pautadas nos experimentos apresentados, os quais sugeriram que informações aprendidas em um contexto emocional são melhor moduladas pela MLP quando comparados com eventos neutros. As memórias emocionais envolvem a integração de redes neurais cognitivas e emocionais, nas quais a ativação da amígdala aumenta o processamento de estímulos emocionais, modulando a consolidação da memória junto ao hipocampo, ao lobo temporal medial, bem como aos córtices visual, frontal e parietal, o que potencializa a aprendizagem. Verificou-se também que fatores como o estresse e o tempo de estímulos emocionalmente impactantes anteriores à aprendizagem potencializam o sucesso do aprendiz.

Em resposta à questão de pesquisa, constatou-se que efeitos causados por estímulos emocionalmente carregados na formação de memórias e aprendizagem estão evidenciados na melhoria da consolidação da memória de longo prazo, gerando estímulos à plasticidade sináptica. Além disso, quando o hipocampo forma representações de significado emocional, há uma influência direta na resposta da amígdala, modulando a codificação e o armazenamento de memórias. Verificou-se também que o córtex orbitofrontal é importante no controle social das respostas emocionais e cuida da associação do processamento emocional com o processamento cognitivo ou racional do cérebro, com influência direta na aprendizagem. O controle dos componentes emocionais, portanto, deve ser respeitado e desenvolvido, o que pode contribuir para o aumento da aprendizagem e para a preparação de sujeitos mais capazes de viver a vida em sociedade, em busca de realização pessoal.

REFERÊNCIAS

BAUDONNAT, M. et al. Heads for learning, tails for memory: reward, reinforcement and a role of dopamine indetermining behavioral relevance across multiple timescales. **Frontiers in neuroscience**, 7 (175), 2013.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2002.

BERGMANN, H. C. et al. The Effects of Valence and Arousal on Associative Working Memory and Long-Term Memory. **PLoS ONE**, 7 (12), 2012.

ÇALIŞKANA, G.; STORK, O. Hippocampal network oscillations as mediators of behavioural metaplasticity: Insights from emotional learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, 154, 37-53, 2018.

COCENAS-SILVA, R.; BUENO, J. L. O.; DROIT-VOLET, S. Emotion and long-term memory for duration: Resistance against interference. **Behavioural Processes**, 97, 6-10, 2013.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e Educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DUNSMOOR, J. E. et al. Emotional learning selectively and retroactively strengthens memories for related events. **Nature**, 520, 345-348, 2015.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, 23(1):183-184, jan-mar 2014.

GERBIER, E.; TOPPINO, T. The effect of distributed practice: Neuroscience, cognition, and education. **Trends in Neuroscience and Education**, 4, 49-59, 2015.

KANDEL, E. R. et al. **Princípios de Neurociências**. 5. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

LOPRESTI, M. L. et al. Working Memory for Social Cues Recruits Orbitofrontal Cortex and Amygdala: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Delayed Matching to Sample for Emotional Expressions. **The Journal of Neuroscience**, 28 (14), 3718 –3728, 2008.

MCGAUGH, J. L. Make mild moments memorable: add a little arousal. **Trends in Cognitive Sciences**, 10 (8), 345-347, 2006.

NIELSON, K. A.; BRYANT, T. The effects of non-contingent extrinsic and intrinsic rewards on memory consolidation. **Neurobiology of Learning and Memory**, 84, 42–48, 2005.

NIELSON, K. A.; LORBER, W. Enhanced post-learning memory consolidation is influenced by arousal predisposition and emotion regulation but not by stimulus valence or arousal. **Neurobiology of Learning and Memory**, 92, 70-79, 2009.

NIELSON, K. A.; MELTZER, M. A. Modulation of long-term memory by arousal in alexithymia: The role of interpretation. **Consciousness and Cognition**, 18, 786–793, 2009.

NIELSON, K. A.; POWLESS, M. Positive and negative sources of emotional arousal enhance long-term word-list retention when induced as long as 30 min after learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, 88, 40–47, 2007.

NIELSON, K. A.; YEE, D.; ERICKSON, K. I. Memory enhancement by a semantically unrelated emotional arousal source induced after learning. **Neurobiology of Learning and Memory**, 84, 49–56, 2005.

PHELPS, E. A. Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. **Current Opinion in Neurobiology**, 14, 198–202, 2004.

TAYLOR, E. W. Transformative learning theory: a neurobiological perspective of the role of emotions and unconscious ways of knowing. **International Journal of Lifelong Education**, 20 (3), 218-236, 2001.

TOLLENAAR, M. S. et al. The effects of cortisol increase on long-term memory retrieval during and after acute psychosocial stress. **Acta Psychologica**, 127, 542–552, 2008.

TRAMMELL, J. P.; CLORE, G. L. Does stress enhance or impair memory. **Cognition & Emotion**, 28 (2), 361-374, 2014.

TYNG, C. M. et al. The Influences of Emotion on Learning and Memory. **Frontiers in Psychology**, 8, ISSN 1454, 2017.

WANG, B. Negative emotion elicited in high school students enhances consolidation of item memory, but not source memory. **Consciousness and Cognition**, 33, 185-195, 2015.

WANG, B.; SUN, B. Timing matters: Negative emotion elicited 5 min but not 30 min or 45 min after learning enhances consolidation of internal-monitoring source memory. **Acta Psychologica**, 157, 56-64, 2015.

ZOLADZ, P. R. et al. Pre-learning stress differentially affects long-term memory for emotional words, depending on temporal proximity to the learning experience. **Physiology & Behavior**, 103, 467–476, 2011.

Submissão em: 10 de fevereiro de 2021.

Aprovado em: 15 de julho de 2021.

Publicado em: 16 de julho de 2021.

