

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

ELISA MICHELSTAEDTER BROCHADO

**EVOCAÇÃO E JANELA DE RECONSOLIDAÇÃO DA MEMÓRIA: aplicações para o
ensino de neurofisiologia**

Belo Horizonte

2023

ELISA MICHELSTAEDTER BROCHADO

EVOCAÇÃO E JANELA DE RECONSOLIDAÇÃO DA MEMÓRIA: aplicações para o ensino de neurofisiologia

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Neurociências.

Orientadora: Profa. Dra. Grace Schenatto Pereira Moraes

Belo Horizonte

2023

043

Brochado, Elisa Michelstaedter.

Evocação e janela de reconsolidação da memória: aplicações para o ensino de neurofisiologia [manuscrito] / Elisa Michelstaedter Brochado. – 2023.
125 f.: il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Grace Schenatto Pereira Moraes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-graduação em Neurociências.

1. Neurociências. 2. Neurofisiologia. 3. Memória. 4. Aprendizagem. I. Moraes, Grace Schenatto Pereira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 612.8



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Realizou-se, no dia 31 de março de 2023, às 15:00 horas, Sala Wilson Beraldo - ICB, Bloco A4, sala 175, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 257ª defesa de dissertação, intitulada *Evocação e janela de reconstrução da memória: aplicações para o ensino de neurofisiologia*, apresentada por ELISA MICHELSTAEDTER BROCHADO, número de registro 2021661142, graduada no curso de ADMINISTRAÇÃO, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em NEUROCIÊNCIAS, seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Grace Schenatto Pereira Moraes - Orientador (UFMG), Prof(a). Lígia Araújo Naves (UFMG), Prof(a). Antonio Jaeger (UFMG).

A Comissão considerou a dissertação: Aprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 31 de março de 2023.

Carlos Magno Machado Dias - Secretário(a)

Belo Horizonte, 31 de março de 2023.

Assinatura dos membros da banca examinadora:

Prof(a). Grace Schenatto Pereira Moraes (Doutora)

Prof(a). Lígia Araújo Naves (Doutora)

Prof(a). Antonio Jaeger (Doutor)



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Jaeger, Professor do Magistério Superior**, em 19/04/2023, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ligia Araujo Naves Kushmerick, Professora do Magistério Superior**, em 24/04/2023, às 14:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Grace Schenatto Pereira Moraes, Professora do**



Magistério Superior, em 27/04/2023, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2184067** e o código CRC **36C0D5C1**.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha mãe, Carmem, e ao meu pai, Antônio, por exercerem a parentalidade com maestria e por me inspirarem a ser uma pessoa melhor. Obrigada por me proporcionarem uma vida em que o amor sempre esteve presente. Sigo com a grande responsabilidade de honrar quem são e tudo aquilo que me foi concedido. Tudo que eu sempre fiz foi por vocês, por causa de vocês e sempre será.

Ao meu irmão, Vitor, por ser o meu exemplo de determinação, inteligência, ética, competência, amor e bondade. Obrigada por tantas vezes ter sido a minha força e a minha inspiração durante essa trajetória.

À minha orientadora, Grace, por me permitir integrar o seu grupo de pesquisa, pelos ensinamentos e inspiração. Obrigada por me incentivar, apostar em mim e contribuir para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Tenho grande respeito, gratidão e admiração por você e espero continuar a minha carreira acadêmica seguindo os seus passos.

À Flávia, Paula, Caio, Harrison, Lara, Bia, Aline, Matheus, Léo, Flávio, João, Edson e a todos os meus amigos do NNC. Que grande honra fazer parte de um laboratório em que muitos pensam parecido, são movidos pelos mesmos objetivos e guiados por valores compatíveis. Em vocês encontrei, além de profissionais e pessoas brilhantes, amigos que quero levar para a vida inteira. Muito obrigada por me incentivarem quando nem eu acreditava que era possível.

Aos professores do laboratório, Grace, André e Márcio, agradeço por todos os ensinamentos, pela inspiração e por proporcionarem esse grupo de pesquisa.

À minha amiga-irmã, Fernanda, por me apoiar todos os dias, por me permitir trabalhar com uma causa tão nobre e ao mesmo tempo compreender que por muitas vezes precisei priorizar a minha carreira acadêmica. Obrigada por sempre me incentivar e por querer a minha felicidade.

A todos os meus amigos e familiares que não só compreenderam os meus sumiços e a correria da vida, mas que me apoiaram e torceram por mim nessa caminhada.

RESUMO

Janelas temporais de instabilidade molecular podem ocorrer após a evocação de memórias, e é justamente nestes intervalos que se acredita ocorrer o processo de reconsolidação, responsável por atualizar memórias preexistentes. Para além destes conceitos de neurobiologia da memória, no ambiente educacional, estudantes são constantemente apresentados a novos conceitos e precisam, muitas vezes, integrá-los para compreender funções complexas. No presente estudo, testamos a hipótese de que métodos ativos induzem a evocação de memórias pré-existentes, beneficiando o armazenamento de memórias de conteúdos novos, apresentados dentro da janela de reconsolidação. Trinta e sete estudantes de graduação assistiram a uma aula teórica expositiva-dialogada e 48h depois foram distribuídos em dois grupos: GL (Grupo leitura) que fez a leitura de um texto curto e GT (Grupo teste) que realizou um teste com questões de múltipla escolha e de preencher as lacunas. Ambos materiais didáticos foram relacionados ao conteúdo da aula. A seguir, todos assistiram a uma segunda aula no mesmo formato, porém com conteúdo novo. Um Teste de Memória (TM) sobre o segundo conteúdo foi aplicado 48h depois. No geral, nossos resultados não detectaram diferença entre o GL e o GT. Entretanto, em várias das análises realizadas foi evidenciado um efeito da individualidade quanto ao desempenho nos TMs. Em outras palavras, o estudante com bom desempenho manteve sua performance independente do método utilizado para induzir a evocação. Apesar do nosso estudo apresentar várias limitações, é imperativo que continuemos estudando processos de atualização de memórias no contexto educacional. Somente com evidências, especialmente as extraídas na complexidade de uma sala de aula, será possível adaptar o sistema educacional brasileiro de maneira a potencializar o aprendizado.

Palavras-chave: Atualização da memória. Janela de reconsolidação. Neurofisiologia. Evocação. Memória.

ABSTRACT

Memory retrieval induces a temporal window of molecular instability. It is believed that during this malleable time a preexisting memory trace can be updated through a process termed reconsolidation. Beyond this notion, in educational environment, students are constantly introduced to new concepts and often need to integrate them to understand complex systems. In this study, we tested the hypothesis that active learning methods induce the reactivation of previous consolidated knowledge and facilitate the acquisition and storage of memories for new related concepts presented within the reconsolidation window. Thirty-seven undergraduate students attended an expository-dialogue theoretical lecture and 48 hours later were assigned to each of two groups: GL (Reading Group) who read a short text and GT (Test Group) who performed a test composed by multiple-choice and fill-in-the-blank questions. Both educational materials were related to lecture content. Then, all participants attended a second class in which a new content was presented. Forty-eight hours later, a memory test (TM) about the new concepts was conducted. Overall, our results detected no difference between GL and GT. However, several of the analyzes conducted revealed an effect of the individuality regarding performance on the TMs. In other words, students with high percentage of correct answers maintained their good performance regardless of the method used to induce retrieval. Despite our study having several limitations, it is imperative that we continue to study memory updating processes in the educational context. It will only be possible to adapt the Brazilian educational system to support learning with evidence, especially those drawn from the complexity of a classroom.

Keywords: Memory updating. Reconsolidation window. Neurophysiology. Retrieval. Memory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Etapas da memória	22
Figura 2 -	Processo de incorporação de uma nova memória à um engrama preexistente	26
Figura 3 -	Exemplo de pergunta do bloco 2 apresentada no formato de escala Likert	32
Figura 4 -	Design experimental da rodada 1	36
Figura 5 -	Design experimental da rodada 2	37
Figura 6 -	Percepção dos docentes e monitores sobre a dificuldade de se aprender Fisiologia	38
Figura 7 -	Percepção dos docentes e monitores sobre 19 itens que podem tornar a disciplina de Fisiologia difícil para se aprender	40
Figura 8 -	Percepção dos docentes e monitores sobre os principais fatores que fazem da disciplina de Fisiologia difícil para que estudante aprendam	41
Figura 9 -	Percepção dos docentes e monitores sobre temas complexos em Neurofisiologia	42
Figura 10 -	Análise pareada do desempenho dos participantes com relação aos conceitos básico e complexo	44
Figura 11 -	Relação entre o desempenho individual no teste e no TM analisados por regressão linear	44
Figura 12 -	Análise do desempenho do GL e do GT no TM	45
Figura 13 -	Análise pareada da porcentagem de acerto no TM quando o participante integrou o GL e o GT	46
Figura 14 -	Relação entre o desempenho individual no TM e na prova final do módulo de neurofisiologia quando o participante integrou o GL e o GT	47
Figura 15 -	Análise do efeito do formato da questão no desempenho do GL e do GT no TM	48
Figura 16 -	Análise do efeito do formato da questão no desempenho do GL e do GT no TM da rodada 1 e da rodada 2	49

Figura 17 -	Análise do efeito do conteúdo no desempenho dos participantes no TM	50
Figura 18 -	Porcentagem de questões em branco nos testes na rodada 1 e na rodada 2	51
Figura 19 -	Comparação do desempenho dos participantes no teste e no TM das rodadas 1 e 2	51
Figura 20 -	Análise do desempenho nos diferentes formatos de questão entre a rodada 1 e 2	52
Figura 21 -	Desempenho em questões difíceis pelo GL e o GT	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perfil acadêmico e sociodemográfico dos participantes representados em porcentagem.....	43
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CaMKII	Proteína Cinase Dependente de Cálcio/Calmodulina
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
EEG	Eletroencefalografia
ERP	Potenciais Relacionados a Eventos
fMRI	Ressonância Magnética Funcional
fNIRS	Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo
GL	Grupo Leitura
GL1	Grupo Leitura da Rodada 1
GL2	Grupo Leitura da Rodada 2
GT	Grupo Teste
GT1	Grupo Teste da Rodada 1
GT2	Grupo Teste da Rodada 2
LTP	Potenciação de Longa Duração
LVGCC	Canais de Cálcio Dependentes de Voltagem Tipo L
PFC	Córtex pré-frontal
RD1	Rodada 1
RD2	Rodada 2
T1	Teste sobre o conceito básico da rodada 1
T2	Teste sobre o conceito básico da rodada 2
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TM	Teste de Memória
TM1	Teste de Memória da rodada 1
TM2	Teste de Memória da rodada 2
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Neurociências e Educação.....	15
1.2. Aprendizagem e Memória	17
1.3 Etapas da memória.....	18
1.4 Janela de reconsolidação.....	22
1.5 Atualização da memória	23
1.6 Teste de memória.....	26
2. OBJETIVOS.....	30
2.1 Objetivo geral	30
2.2 Objetivos específicos.....	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 Participantes e contexto acadêmico	31
3.2 Comitê de Ética.....	31
3.3 Questionários sobre a dificuldade de aprendizagem em Fisiologia	32
3.4 Elaboração dos textos para os grupos leitura (GL).....	33
3.5 Elaboração das questões para os grupos teste (GT).....	34
3.6 Elaboração do Teste de Memória	35
3.7 Desenho Experimental	35
3.8 Análise estatística	37
4. RESULTADOS.....	38
4.1 Percepção da complexidade dos conceitos de neurofisiologia	38
4.2 Perfil acadêmico e sociodemográfico dos participantes.....	42
4.3 Conceitos considerados complexos são mais difíceis de recordar.....	43
4.4 A memória de conceitos complexos de neurofisiologia não é favorecida pelo teste	44
4.5. Fatores individuais são determinantes no desempenho dos estudantes	46
4.6 O formato da questão não afeta o desempenho no TM.	47
4.7 A natureza do conteúdo afeta o desempenho dos participantes	50
4.8 A diferença no desempenho em questões difíceis pode ser explicada por	52
diferenças individuais.....	52
5. DISCUSSÃO	54

6. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS.....	71

1. INTRODUÇÃO

1.1. Neurociências e Educação

Aprendizados ocorrem ao longo de toda a existência humana. Os primeiros indícios são observados nos primórdios da vida, quando recém-nascidos aprendem a realizar funções simples e logo identificam as melhores estratégias para desenvolver funções cada vez mais complexas. Assim, eles não só são capazes de armazenar e reativar uma quantidade expressiva de conhecimentos a todo instante, mas, aprendem a integrar conhecimentos que já existem, promovendo novas maneiras de se pensar, sentir e agir (LENT, 2019; LA ROSA, 2004).

Mais recentemente, a humanidade descobriu que poderia potencializar essa habilidade e desenvolveu um modo estruturado e facilitador da aprendizagem, a Educação. Um privilégio exclusivo da espécie humana, a sala de aula é um local em que o tempo é reservado para monitorar o progresso, as dificuldades e os erros dos aprendizes. Assim, de forma organizada e eficiente, indivíduos aprendem a aprender (DEHAENE, 2020; LENT, 2019).

Aprender é um fator inerente ao ser humano e crucial para que este possa se adaptar em um mundo dinâmico, evitar prejuízos que já enfrentou e para alcançar sua realização pessoal e profissional (GUERRA, 2011). Para a Educação, a aprendizagem vai além da absorção passiva de informações, mas, constitui um processo ativo de assimilar novos conceitos, contrastar e remodelar conhecimentos preexistentes (NOGARO; BATTESTIN, 2016).

A Educação tem por objetivo criar condições favoráveis para que estudantes possam aprender e desenvolver competências. Assim, ela se preocupa em oferecer um ambiente seguro, infraestrutura e materiais adequados, metodologias de ensino eficientes e profissionais equipados para conduzir o conhecimento. A contribuição da Educação para a aprendizagem é inquestionável (GUERRA, 2011). Ainda assim, segundo Lent (2019), existe um potencial de contribuição de diferentes disciplinas para a Educação, e dentre elas, a que oferece maior potencialidade de repercussão conceitual e prática é a Neurociência.

As neurociências compreendem o âmbito multidisciplinar do conhecimento que se dedica ao estudo do sistema nervoso desde os níveis moleculares até os de funções complexas, com o intuito de desvendar como o fluxo de informações através de redes neurais consegue produzir percepções, aprendizagens, lembranças, pensamentos e os comportamentos dos indivíduos (KANDEL, 2021). Ao longo dos anos, as neurociências estabeleceram interfaces com outras áreas do conhecimento, dentre elas a Educação (THOMAS; ANSARI; KNOWLAND, 2019; TOLMIE, 2015).

O campo da Neurociência Educacional tem o papel de transpor as descobertas de estudos sobre os mecanismos neurais da aprendizagem para políticas e agentes educacionais, fundamentando as práticas pedagógicas já existentes e demonstrando que metodologias que respeitam as bases biológicas do aprendiz podem trazer benefícios e maior eficiência na aprendizagem (THOMAS; ANSARI; KNOWLAND, 2019; GUERRA, 2011).

O cérebro é o protagonista da integração e do processamento de informações gerando respostas adaptativas e, portanto, é contemplado pelo campo da Neurociência Educacional como centro biológico da aprendizagem. Para que a aprendizagem se concretize, considerando uma perspectiva fisiológica, o cérebro precisa estar em um estado adequado e, para isso, o indivíduo deve se atentar a sua qualidade de sono, condicionamento físico, nível de estresse e considerar a influência dos fatores ambientais (THOMAS; ANSARI; KNOWLAND, 2019). Diante desse conhecimento, estabelecer um diálogo entre os agentes envolvidos na aprendizagem pode promover as condições necessárias para que o cérebro esteja preparado para aprender (LENT, 2019).

A transposição dos achados da Neurociência Educacional para Educação, segundo Guerra (2011), ainda é limitada e está em processo de construção. Enquanto as neurociências preocupam-se em compreender os princípios do funcionamento neural, proporcionando a compreensão dos fenômenos investigados, a Educação vai além das propriedades físicas, sofrendo grande influência de aspectos sociais que incluem a dinâmica entre o professor e o estudante, a sala de aula, a escola, a família, os gestores e a comunidade. Sendo assim, as descobertas sobre como o cérebro aprende não são aplicadas imediatamente no ambiente educacional, mas, cabe à Neurociência comunicá-las.

Teorias neurobiológicas envolvidas na aprendizagem podem inspirar metas e práticas educacionais. Quando o estudante compreende como o seu cérebro aprende, pode adotar estratégias eficientes e que vão impulsionar as suas potencialidades. Quando o professor aprende sobre o seu importante papel em promover mudanças comportamentais, seu trabalho se torna mais significativo e possibilita o desenvolvimento de metodologias de ensino mais adequadas. Quando os gestores entendem como o ambiente e as práticas pedagógicas influenciam na aprendizagem, podem adotar medidas para oferecer o ensino em condições ideais para a aprendizagem (AMARAL; GUERRA, 2020).

Considerando a exigência contemporânea de atender as demandas de um mundo em constante mudança, é fundamental que se busque soluções e conhecimentos interdisciplinares. Por exemplo, o campo da Neurociência Educacional vem implementando novas tecnologias a fim de registrar a atividade cerebral contínua e fenômenos fisiológicos derivados de cérebros

que estão engajados em atividades interativas e realistas nos cenários educacionais. Essas tecnologias podem facilitar o diálogo e aproximar a Neurociência e a Educação acelerando a obtenção de dados para a criação e implementação de metodologias embasadas em sala de aula (BROCKINGTON et. al, 2018).

A Educação pode se beneficiar das informações geradas pelas pesquisas neurocientíficas para a abordagem das dificuldades educacionais e suas intervenções. Enquanto isso, ao se aproximar da Educação, pesquisadores da área das Neurociências poderão compreender as dificuldades enfrentadas no dia a dia para orientar a aprendizagem. Investir em novas pesquisas e técnicas que permitam avançar na compreensão de como o cérebro aprende e em maneiras inovadoras de se comunicar e traduzir essas informações pode trazer avanços e melhorar os currículos, métodos de ensino e a política educacional (CAREW; MAGSAMEN, 2010).

1.2. Aprendizagem e Memória

O sistema nervoso humano nasceu talhado para aprender e se modificar (GUERRA, 2011). Diante de uma perspectiva biológica, a aprendizagem se inicia pela codificação de diferentes tipos de energia presentes no ambiente. Células especializadas na detecção de estímulos, os receptores sensoriais, traduzem as informações externas em linguagem neural, um processo chamado de transdução, e, assim, o cérebro é capaz de gerar sensações e percepções, integrar e atribuir significado ao estímulo encontrado e formar modelos interiorizados das experiências (KANDEL, 2021; LENT, 2010).

A Educação conduz a aprendizagem por meio do uso de práticas pedagógicas que visam ao desenvolvimento e modificação de habilidades, comportamentos e atitudes, dotando o indivíduo de novos conhecimentos para que possa estabelecer e aplicar estratégias para resolver problemas e cumprir tarefas essenciais (GUERRA, 2011). Em sala de aula, todo estímulo relevante que passa pelos órgãos dos sentidos dos estudantes tem potencial para se tornar um aprendizado (AMARAL; GUERRA, 2020). A comunicação entre professor e aluno requer a interação entre dois cérebros e, ao longo do tempo, com a constante troca de informações, aprendizados e o conteúdo armazenado, os dois cérebros podem acabar por modificar-se mutuamente (LENT, 2019).

Para explorar como a educação altera o cérebro levando a mudanças de comportamento, é fundamental investigar uma das funções mais importantes relacionadas à aprendizagem, a memória. A relação entre essas funções foi observada pela primeira vez, em nível cognitivo,

pelo médico e psicólogo William James (1890) ao propor que um dos objetivos centrais da psicologia deveria ser compreender os princípios que regem a formação e a manutenção de novas memórias, incluindo como e por que antigos conhecimentos poderiam bloquear ou facilitar a formação de novos aprendizados.

Analisada em nível anatômico, as memórias resultam da interação complexa entre estruturas encefálicas que trabalham em conjunto para produzir representações mentais e dar sentido ao mundo e podem ser alteradas diante de novos aprendizados por meio de um mecanismo de influências múltiplas, também conhecido como neuroplasticidade (KANDEL, 2021). Segundo Lent (2019), a neuroplasticidade pode ser definida como a propriedade que o cérebro tem de se modificar de forma permanente ou temporária sempre que seja influenciado por si próprio, por outros cérebros ou na interação com o ambiente. Assim, a plasticidade é a base da aprendizagem.

Sob a perspectiva fisiológica, o aprendizado é caracterizado pelo processo de adquirir ou modificar conhecimentos, competências, habilidades, valores e comportamentos como consequência da experiência. Já a memória é a retenção ao longo do tempo de representações internas da compreensão estruturada do mundo, codificadas em neurônios, que podem ser reconstruídas ou reativadas e potencialmente guiar o comportamento (DUDAI, 1992, 2002, 2007). Diante dessa perspectiva, para que um aprendizado possa ser aplicado no presente e no futuro, é impreterível que uma memória para esse conhecimento tenha sido formada.

1.3 Etapas da memória

É bem estabelecido que a memória não é uma entidade única, mas, um conjunto de diferentes sistemas que participam de múltiplos processos. Cada sistema é classificado de acordo com a natureza do aprendizado adquirido, o processamento mnemônico que ativa, os mecanismos neurais que recruta e os reflexos comportamentais que produz (SCHACTER; TULVING, 1994; SQUIRE, 2004). Esses diferentes sistemas atuam de forma independente e simultânea para permitir que memórias sejam formadas e modificadas e para guiar as ações dos indivíduos para que atinjam objetivos (FERBINTEANU, 2019; SQUIRE, 2004).

De acordo com a natureza da informação a memória pode pertencer a dois grandes grupos: memórias explícitas ou declarativas e memórias implícitas ou não-declarativas (FERBINTEANU, 2019; SQUIRE, 2004). A primeira se refere às memórias que podem ser expressas por meio da linguagem e são evocadas conscientemente. Já a segunda, trata-se de

sistemas de memórias que não podem ser declaradas, são procedurais, automáticas e não apresentam processamento consciente (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2019).

As memórias declarativas podem ainda ser subdivididas em conceituais ou semânticas, àquelas relacionadas ao conhecimento de conceitos e fatos sobre o mundo, e episódicas, que se referem ao conhecimento sobre eventos e lembranças autobiográficas. As memórias episódicas são ricas em detalhes contextuais, portanto, armazenam elementos sobre o conteúdo em si, sobre quando e onde o evento foi aprendido (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2019; IZQUIERDO, 2018; SQUIRE, 2004; DUDAI, 2002).

Ao considerar o aspecto temporal, as memórias podem ser categorizadas como memórias de curta duração (duram de segundos até 6 horas) ou de longa duração (duram de 6 horas até anos). As memórias de curta-duração podem ser consideradas como um armazenamento temporário até que as memórias de longa duração sejam formadas (IZQUIERDO, 2018). Em nível fisiológico, a memória declarativa de longa duração pode ser estabelecida como um processo que envolve 3 etapas essenciais: aquisição, consolidação e, finalmente, evocação da informação (IZQUIERDO, 2018).

Antes que a aquisição de um conhecimento ocorra, um grupo de neurônios poderá demonstrar maior excitabilidade do que outros. De acordo com uma teoria, chamada de “Teoria da Alocação”, o neurônio que exibe alta excitabilidade se torna um bom candidato para hospedar elementos da memória de um episódio, podendo, assim, integrar a rede que dará suporte a retenção desse conhecimento ao longo do tempo (CHEN et al., 2020; FRANKLAND; KÖHLER; JOSSELYN, 2015; LAU et al., 2020; MAU; HASSELMO; CAI, 2020). Durante a consolidação, essas células altamente excitáveis fortalecem as conexões entre si por meio da potenciação e da plasticidade sináptica e entram em coordenação temporal, ou seja, apresentam o mesmo padrão temporal de disparo, resultando em alta conectividade funcional (MAU; HASSELMO; CAI, 2020; ; FRANKLAND; KÖHLER; JOSSELYN, 2015). Nessa etapa, as conexões entre os neurônios ativados durante o processo de aquisição tornam-se estabelecidas, formando um traço de memória, isto é, uma representação física no cérebro, chamada de Engrama (DUDAI, 2002; MOSCOVITCH, 2007). Tonegawa et al., (2015) definem o engrama como uma população específica de neurônios que apresenta alterações físicas ou químicas duradouras em consequência de uma experiência. Quando o processo de consolidação é finalizado, a atividade dos neurônios que formam o engrama diminuiu e a memória encontra-se alocada e estável (FRANKLAND; KÖHLER; JOSSELYN, 2015).

Após o processo de consolidação, a memória pode ser lembrada pelo indivíduo de forma voluntária e consciente. A evocação é a recordação da memória (DUDAI, 2004). Uma visão

defendida na literatura é de que uma memória é o produto da interação entre o engrama e dicas ambientais ou internas, em um processo denominado “Ecforia” (LAU et. al., 2020). Quando esses elementos interagem, o engrama é reativado e a memória é evocada (TONEGAWA et. al., 2015; MOSCOVITCH, 2007; DUDAI, 2002;). Em humanos, a evocação da memória pode ocorrer por processos de reconhecimento (GAZZANIGA, IVRY & MANGUN, 2019) . A memória de reconhecimento (*memory recognition*) é um tipo de memória declarativa que permite ao indivíduo julgar corretamente o tipo de estímulo a que está sendo exposto, baseado em memórias de experiências vividas anteriormente (RUGG; YONELINAS, 2003). Foram identificados dois tipos de processos mnemônicos relacionados à memória de reconhecimento: a recordação (*recollection*) e a familiaridade (*familiarity*) (RENOULT et al., 2019; STARESINA; WIMBER, 2019; RUGG; YONELINAS, 2003; MONTALDI; MAYES, 2010; YONELINAS, 2003).

Evidências indicam que o lobo temporal medial é ativado durante a recordação e a familiaridade, e que esses diferentes processos ativam subdivisões distintas desta mesma região do cérebro (MONTALDI; MAYES, 2010; EICHENBAUM; YONELINAS; RANGANATH, 2007). O hipocampo e as áreas associativas corticais estão envolvidos na codificação e na evocação de memórias episódicas. Visões atuais sugerem que enquanto as áreas associativas servem como um repositório de longo prazo para elementos isolados que carregam informações exclusivas sobre um episódio codificado (KANDEL, 2021; FRANKLAND; JOSSELYN; KÖHLER, 2019), o hipocampo é responsável por integrar esses elementos durante a evocação, formando uma memória episódica única (KANDEL, 2021). Em contraste, as áreas fora do hipocampo, especialmente o córtex perirrinal, são ativadas durante o reconhecimento com base em processos de familiaridade. Esses achados também sugerem que a natureza das representações deve ser considerada na distinção entre sistemas de memória (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2019; EICHENBAUM; YONELINAS; RANGANATH, 2007).

A recordação consiste em um processo evocativo mais elaborado, envolvendo o restabelecimento de características episódicas contextuais e emocionais do estímulo original (SCALICI, CALTAGIRONE & CARLESIMO, 2017; EICHENBAUM; YONELINAS; RANGANATH, 2007). O processo de familiaridade, por outro lado, é incapaz de reativar detalhes adicionais relacionados ao evento consolidado. A experiência de evocação, nesse caso, reflete um processo de detecção de sinais através do qual a força da memória relacionada a um evento é aumentada por um tempo suficiente para permitir que o indivíduo diferencie e individualize os estímulos mais familiares como tendo sido aprendidos recentemente. Em outras palavras, a familiaridade permite que o indivíduo reconheça um estímulo anteriormente

encontrado na ausência de informações contextuais sobre o evento em que foi adquirido (RENOULT et al., 2019; YONELINAS et al., 2010; RUGG; YONELINAS, 2003) .

Por mais que a evocação permita ao indivíduo lembrar de informações relevantes ela não consiste em um processo passivo. De fato, a evocação pode levar à desestabilização da memória (LEE; NADER; SCHILLER, 2017). A desestabilização da memória após a sua evocação, em nível sináptico, inicia-se pela ativação de receptores NMDA e de canais de cálcio dependentes de voltagem (LVGCC), permitindo grande influxo de Ca^{2+} na membrana pós-sináptica. A partir disso, ocorre a ativação da proteína cinase dependente de cálcio/calmodulina (CaMKII), que ativará a ação de proteassoma desencadeando processos de degradação de proteínas. Esse processo ocasionará a endocitose de receptores AMPA e consequentemente a depotenciação da sinapse (*synaptic depotentiation*) (DE OLIVEIRA ALVARES; DO-MONTE, 2021; KIDA, 2020).

Para que o indivíduo não perca memórias altamente importantes após a sua desestabilização, é necessário que o sistema mnemônico promova um processo subsequente que levará ao seu restabelecimento. O rearmazenamento de um traço de memória requer que um novo processo de síntese proteica e expressão gênica ocorra. Esse processo é denominado “reconsolidação” (LEE; NADER; SCHILLER, 2017). Receptores NMDA são novamente acionados, permitindo a entrada de Ca^{2+} , ativando as proteínas cinases CaMKIV, ERK e PKA. A ação das cinases aciona o fator de transcrição CREB que modulará a expressão de novos genes capazes de reconsolidar a memória desestabilizada. Por esse mecanismo, o processo de reconsolidação é capaz de realocar a memória e o engrama torna-se estável novamente (Figura 1) (KIDA, 2020; JOSSELYN; KÖHLER; FRANKLAND, 2015; TRONSON; TAYLOR, 2007).

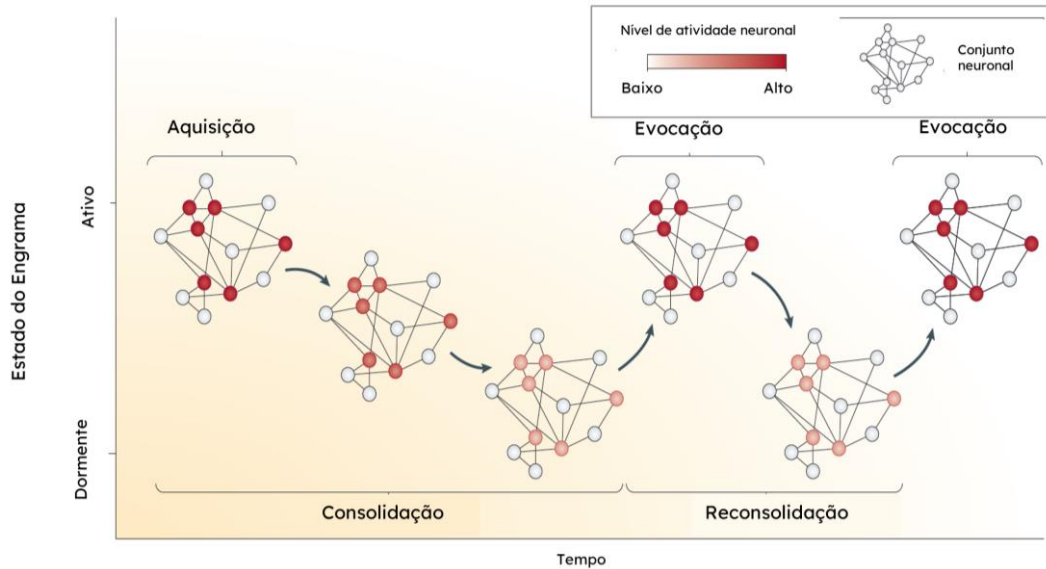


Figura 1. Etapas da memória (Adaptado de Josselyn, Köhler & Frankland, 2015).

1.4 Janela de reconsolidação

Antes que a etapa de reconsolidação seja concluída, durante o período de labilidade pós-evocação, a memória apresenta uma janela temporal de oportunidade na qual poderá sofrer interferências (KIDA, 2020; MAU; HASSELMO; CAI, 2020; TAY et. al, 2019; SINCLAIR; BARENSE, 2019; GONZALEZ et. at., 2019; SANDRINI; CARONNI; CORBO, 2018; LEE; NADER; SCHILLER, 2017; DUDAI, 2007). Esse curto intervalo de instabilidade é chamado de “janela de reconsolidação” (NADER; SCHAFE; LE DOUX, 2000).

Estudos indicam que a janela de reconsolidação possa durar aproximadamente entre 10 minutos e 1 hora após a evocação da memória (TAY et al., 2019; MONFILS et al., 2009). Contudo, já foi mostrado na literatura que quando um engrama é reativado, permanece com a excitabilidade aumentada e instável por até 6 horas (LAU et. al., 2020; CHEN et. al., 2020).

A janela de reconsolidação permite a modificação do traço mnemônico original. Nesse sentido, a interferência gerada na memória pode resultar em três tipos de mudanças: (1) a sua degradação; (2) o seu fortalecimento; (3) a sua atualização (DE OLIVEIRA ALVARES; DO MONTE, 2021; SINCLAIR; BARENSE, 2019; TAY et. al, 2019; SANDRINI; CARONNI; CORBO, 2018). A degradação da memória ocorre quando não há um novo processo de síntese proteica após a sua desestabilização. Assim, o traço mnemônico sofre depotenciação sináptica uma vez que receptores AMPA necessários para a indução e a expressão da potenciação de longa duração (LTP) são endocitados. Como uma nova produção gênica capaz de promover o processo de reconsolidação da memória não é desencadeada, ela se torna indisponível, ou seja, é degradada e ocorre um processo de esquecimento (DE OLIVEIRA ALVARES; DO-MONTE;

KIDA, 2020; GONZALEZ et. at., 2019). O fortalecimento do traço mnemônico acontece quando a reativação da memória promove o aumento da sua retenção ao longo do tempo. O traço original da memória não é alterado, mas, as conexões entre os neurônios do engrama são fortalecidas. Esse processo requer a restabilização da memória quando esta se torna lábil pela evocação. Após uma nova síntese proteica, a memória pode ser realocada com a sua força alterada. Uma forma de gerar o fortalecimento da memória é fazer uso da janela de reconsolidação para promover o reaprendizado de um conteúdo (TAY et. al, 2019; SINCLAIR; BARENSE, 2019; SANDRINI; CARONNI; CORBO, 2018; LEE; NADER; SCHILLER, 2017). A atualização da memória, por sua vez, pode acontecer de duas maneiras. A primeira ocorre quando elementos desatualizados contidos em uma memória são substituídos por novas informações (LEE; NADER; SCHILLER, 2017). Outra forma de atualização se dá pela incorporação de novas informações à um conhecimento preexistente e relacionado por meio do processo de reconsolidação, podendo resultar, não só na modificação, mas, também, no fortalecimento do traço da memória (MAU; HASSELMO; CAI, 2020; VAN KESTEREN et. al 2020).

Um dos grandes desafios da Educação é promover um ensino gradual em que estudantes se tornam capazes de promover a consiliência, isto, buscar a unidade do conhecimento (WILSON, 1999). A consiliência é concretizada quando a integração de conteúdos permite o entendimento sistêmico de um fenômeno (LENT, 2019). O uso da janela de reconsolidação para atualizar memórias configura uma estratégia de grande potencial para a Educação, dado que, por meio dela, memórias adquiridas em tempos diferentes podem ser conectadas, facilitando a compreensão e realização de funções complexas que exigem a integração de novos conceitos ao conhecimento prévio (VAN KESTEREN et. al 2020).

1.5 Atualização da memória

A manutenção a longo prazo de experiências significativas de vida é um importante processo adaptativo. Com base em eventos passados, os indivíduos podem prever episódios futuros e otimizar suas decisões (DE OLIVEIRA ALVARES; DO-MONTE, 2021; ZENTALL, 2013). Contudo, diante de ambientes dinâmicos e probabilísticos, o que é aprendido em um único episódio pode não ser aplicável para os próximos eventos similares. Se um sistema de memória se tornasse totalmente inflexível e, assim, fosse incapaz de se modificar, generalizações para futuros episódios não ocorreriam. Nesse sentido, memórias previamente consolidadas conservariam o seu conteúdo mesmo que elementos codificados sobre um evento

específico se tornassem desatualizados ou perdessem a sua relevância. Como resultado, um indivíduo não conseguiria se adequar às novas condições ambientais e poderia adotar comportamentos indesejáveis ou abaixo do ideal (MAU; HASSELMO; CAI, 2020; RICHARDS; FRANKLAND, 2017).

Quando a experiência viola as previsões do indivíduo, é adaptável que ocorra a atualização da memória original a fim de manter seu significado atual e gerar comportamentos adequados (DE OLIVEIRA ALVARES; DO-MONTE, 2021; MAU; HASSELMO; CAI, 2020; RICHARDS; FRANKLAND, 2017). Segundo Mau, Hasselmo e Cai (2020), a atualização da memória pode ser considerada como o processo de modificações de padrões de disparo existentes para apoiar a incorporação de novas informações atuais aos conhecimentos preexistentes. Em nível fisiológico, quando um novo aprendizado ocorre, uma nova população de células pode exibir excitabilidade acima da média e formar um novo engrama para o evento presente. Enquanto ocorre a aquisição dessa nova informação, um “mapeamento” das memórias já consolidadas é realizado pelo hipocampo. Quando essa estrutura identifica, em seu arsenal, engramas que carregam informações relacionadas ao evento presente, os neurônios que dão suporte as informações em comum se tornam reativados, e por meio de uma propriedade chamada de “complementação de padrão” (*pattern completion*), o hipocampo promove a reativação do engrama por inteiro (STARESINA; WIMBER, 2021; MAU; HASSELMO; CAI, 2020; MADAR; EWELL; JONES, 2019). O engrama reativo poderá estabelecer conexões com o novo traço mnemônico e entrar em um padrão temporal coordenado de ativação. Esses processos permitirão que o novo traço se torne parte do engrama original (Figura 2) (MAU; HASSELMO; CAI, 2020; FRANKLAND; KÖHLER; JOSSELYN, 2015).

Para que uma memória estável seja desestabilizada e possa ser atualizada é preciso que ocorra um certo grau de incompatibilidade entre o que é esperado do evento atual e o que realmente acontece durante o período de evocação (POPIK et al., 2020). A esse grau de incompatibilidade atribui-se o nome “erro de previsão”. O erro de previsão, desencadeado pela surpresa gerada pelo conflito entre a expectativa e a realidade, é proposto como o principal fator gerador de modificações em memórias pré-consolidadas (BEIN; DUNCAN; DAVACHI, 2020; KIDA, 2020; SINCLAIR; BARENSE, 2019). A concepção de que o inesperado governa a mudança da memória faz sentido ao considerar o papel biológico e adaptativo da atualização da memória. Quando a situação atual é quase idêntica à experiência original ou a um conhecimento prévio, não há novos elementos para serem incorporados e, portanto, não existe a necessidade de se modificar o traço mnemônico (DE OLIVEIRA ALVARES; DO-MONTE, 2021; SINCLAIR; BARENSE, 2019).

Muitos estudos de reconsolidação fazem uso de novas informações relacionadas ao conhecimento prévio e de dicas ou lembretes incompletos (*incomplete reminders*) para gerar erros de predição (CHEN et al., 2021; HERMANN et al., 2021; SINCLAIR et al., 2021; BEIN; DUNCAN; DAVACHI, 2020; SOSA et al., 2017) . Quando fragmentos de um conteúdo são reapresentados a um indivíduo, funcionam como dicas para gerar um processamento de evocação da memória. Nesse cenário, as informações incompletas devem ser lembradas. Como existem elementos da memória consolidada que estão omitidos, gera-se uma violação da predição (conteúdo guardado na memória) para aquele evento de aprendizagem. Assim, dicas incompletas podem gerar erros de predição, fazendo com que a memória se torne desestabilizada o que permite a sua “edição” (SINCLAIR; BARENSE, 2019).

Na área da Educação é possível observar oportunidades que geram erros de predição. Quando um estudante realiza uma prova, ele não encontra todas as informações abordadas durante as aulas e, portanto, é exposto a lembretes incompletos sobre o tema aprendido. Além disso, quando o professor ensina um novo conteúdo, as novas informações relacionadas ao conhecimento prévio podem sinalizar um erro de predição (VAN KESTEREN et. al 2020; SINCLAIR; BARENSE, 2019; VAN KESTEREN; BENDAM; MEETER, 2018; SOSA et. al, 2017; BROD; WERKLE-BERGNER; SHING, 2013). A atualização da memória ocorre indefinidamente durante a vida humana e é sugerida como a base para a construção e a ampliação da rede de conhecimentos dos indivíduos. Sendo assim, investigar metodologias didáticas que promovam a evocação e a integração de memórias pode trazer informações fundamentais para melhorar o processo de aprendizagem no cenário educacional (VAN KESTEREN; KRABBENDAM; MEETER, 2018).

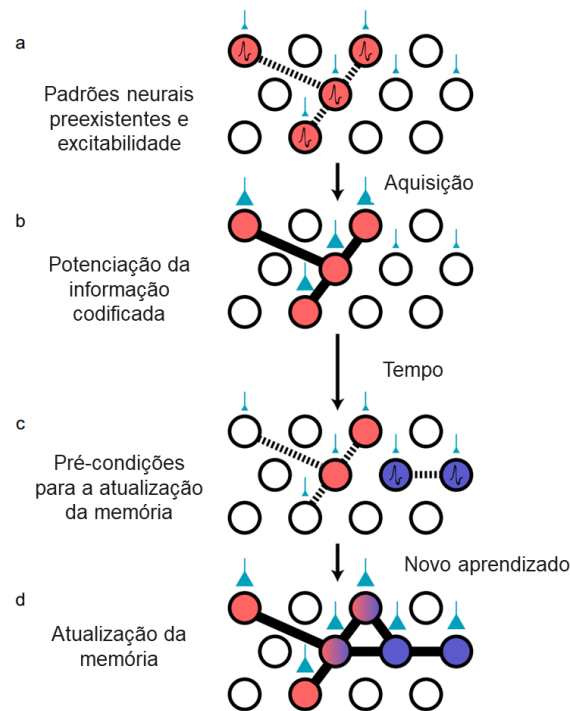


Figura 2. Processo de incorporação de uma nova memória à um engrama preexistente (Adaptado de Mau, Hasselmo & Cai, 2020)

Quando novas informações relacionadas às experiências previamente encontradas são incorporadas, ocorre a facilitação da consolidação e da evocação uma vez que as novas representações não são armazenadas de forma independente, mas integradas, provendo a potenciação da aprendizagem (YE et. al, 2020; YETTON et al. 2019; ZEITHAMOVA; PRESTON, 2017; BROD; WERKLE-BERGNER; SHING, 2013). Assim, a construção do conhecimento ocorre a partir da formação de redes de informações integradas capazes de organizar e direcionar aprendizagens. A evocação seguida de reconsolidação auxilia na construção dessas redes de conhecimentos através da vinculação de conteúdos congruentes. Nesse sentido, é fundamental proporcionar oportunidades para evocação no contexto educacional (YE et. al, 2020; VAN KESTEREN et. al 2020; VAN KESTEREN; BENDAM; MEETER, 2018; SOSA et. al, 2017).

1.6 Teste de memória

Avaliar a memória em animais requer formas de se quantificar suas expressões e mudanças comportamentais. A memória de medo, por exemplo, pode ser medida por meio de um comportamento específico, o congelamento (*freezing*). Ao ser reexposto ao contexto no qual adquiriu uma memória de medo, o animal poderá demonstrar que reativou a memória uma vez

que manifesta altos níveis de congelamento. O comportamento de congelamento é quantificado por observação direta, medindo a sua duração (PHILLIPS; LE DOUX, 1992).

Diferente dos animais, ao lembrar de um evento específico, o indivíduo é capaz de modificar o seu comportamento e expressar o conteúdo evocado por meio da linguagem. Além disso, tecnologias podem ser empregadas para fornecer dados sobre processos de evocação humana. A técnica mais amplamente utilizada em laboratórios para coletar informações em tempo real sobre os processos mnemônicos é o método não invasivo de captura de registros eletrofisiológicos via eletroencefalografia (EEG). A maioria das primeiras investigações de EEG se concentraram em diferentes formas de memória de reconhecimento (STARESINA; WIMBER, 2021). Especificamente, potenciais relacionados a eventos (ERPs) foram usados para distinguir entre esses processos.

Diferentes ERPs foram capturados para o processamento de familiaridade (300-500 ms) e de recordação (> 500 ms). Diante desse conhecimento, é esperado que, durante um teste, respostas muito rápidas dependam mais de processos de familiaridade. Contudo, uma vez que a recordação fornece informações qualitativas sobre o evento aprendido, testes relacionais de reconhecimento, nos quais os indivíduos devem evocar um aspecto específico do evento de estudo ou o seu contexto, levam um tempo de resposta maior e, assim, devem basear-se principalmente em recordação (STARESINA; WIMBER, 2021; RUGG; CURRAN, 2007; RUGG; YONELINAS, 2003).

Algumas tecnologias vêm sendo implementadas em sala de aula a fim de auxiliar os pesquisadores na área da Neurociência Educacional a compreenderem os mecanismos neurais da aprendizagem e das funções que influenciam diretamente esse processo. Estudos recentes utilizando uma técnica de uma neuroimagem, a Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo (fNIRS), revelam a ativação de diferentes áreas durante uma variedade de tarefas cognitivas até mesmo quando o participante se encontra em movimento. Assim, a fNIRS é apropriada para experimentos em ambientes naturalísticos e que requerem a interação social entre indivíduos, como a sala de aula (BARRETO et al., 2021; OKU; SATO; 2021; BROCKINGTON et al. 2018).

Fazendo uso da fNIRS, um estudo investigou os níveis de envolvimento de participantes em tarefas por meio da identificação de acertos e erros em questionários tipicamente aplicados em ambientes virtuais de aprendizagem. Os pesquisadores coletaram dados da região do córtex pré-frontal (PFC) de 18 alunos enquanto assistiam a uma videoaula. Os resultados identificaram que a região dorsolateral se encontra altamente ativada durante a tarefa, indicando o envolvimento de funções como atenção e memória de trabalho. Apesar de achados como esse

que geram evidências a fim de proporcionar melhorias nas metodologias de ensino, o número de estudos que fazem uso de tecnologias para medir a memória de longa duração na Educação ainda é limitado (OKU; SATO; 2021). Em sala de aula, esse tipo de memória é frequentemente acessado pela aplicação de testes (EKUNI; POMPEIA, 2020).

O teste pode ser considerado como um meio para induzir intencionalmente a reativação de uma memória alvo, produzindo um esforço de evocação (KARPICKE, 2017; ROEDIGER; BUTLER, 2011). A realização de testes de memória foi relacionada a uma série de benefícios e implicações (ROEDIGER; KARPICKE, 2006). A antecipação e a realização do teste em si podem levar ao aumento e a sustentação do foco atencional, não só no decorrer de sua realização, mas também durante a aprendizagem de novos conteúdos relacionados e apresentados logo após a sua finalização. Sendo assim, estudos fornecem suporte para a ideia de que a evocação promove um novo aprendizado, aprimorando processos atencionais e organizacionais (CHAN; MEISSNER; DAVIS, 2018; CARPENTER et al., 2013). Outro benefício desencadeado pela realização do teste é a melhora da retenção a longo prazo de um conhecimento adquirido anteriormente. Esse efeito do aumento da persistência da memória gerado pela evocação intencional de informações já consolidadas é chamado de efeito teste (*testing effect*) (KARPICKE, 2017). O efeito teste é demonstrado, durante um experimento, quando os participantes na condição de teste superam os participantes do grupo controle, que geralmente realizam a leitura de um texto sobre o mesmo conteúdo daquele apresentado ao grupo teste, recordando mais itens corretos ou produzindo menos intrusões (CHAN; MANLEY; AHN, 2020).

Testes elaborados para mensurar os diferentes tipos de memória no contexto educacional podem assumir o formato de testes de recordação livre (*free recall*), evocação com dicas (*cue recall*) e de reconhecimento (*recognition*). No teste de recordação livre, participantes respondem a perguntas dissertativas ou abertas. Já em questões de evocação com dicas, os participantes são solicitados a lembrar dos estímulos que foram previamente associados a pistas específicas. Durante o teste, uma parte do conteúdo aprendido é apresentada e serve como dica para que o participante lembre de informações sobre o conteúdo que foram omitidas. O teste de evocação com dicas é composto por questões de preenchimento de lacunas ou de respostas curtas. Já em testes de reconhecimento, os participantes são solicitados a distinguir entre materiais estudados e não estudados, o que acontece em questões de múltipla escolha uma vez que o indivíduo deve reconhecer a resposta correta diante das alternativas (EKUNI; POMPEIA, 2020; MOREIRA et al., 2019).

Os testes de recordação livre, evocação com dicas e de reconhecimento são dependentes de processos mnemônicos qualitativamente diferentes. Enquanto questões dissertativas e de preencher as lacunas, realizadas no contexto educacional, estão vinculadas ao processamento mnemônico de recordação (*recollection*), acredita-se que o desempenho em questões de múltipla escolha seja baseado em familiaridade (*familiarity*) (YONELINAS et al., 2010). Por depender de um processamento de recordação, espera-se que os testes de recordação livre e de evocação com dicas produzam um efeito teste mais significativo do que questões de reconhecimento, considerando que este processo é mais elaborado (KARPICKE, 2017; SMITH; KARPICKE, 2014; ROEDIGER; KARPICKE, 2006; CARPENTER; PASHLER; VUL, 2006).

Evidências comportamentais sugerem que a alteração do traço original de uma memória pode ser observada quando um teste é aplicado (ROEDIGER; BUTLER, 2011). Considerando que a reativação da memória produz uma fase de instabilidade na qual o traço mnemônico está sujeito a modificações e, portanto, pode ser usado para integrar novos conhecimentos relacionados, promovendo a aprendizagem, na presente pesquisa, testamos a hipótese de que no ambiente de sala de aula, a aquisição de conceitos complexos de neurofisiologia é beneficiada se o professor fizer a exposição deste dentro da janela de reconsolidação, desencadeada pelo teste.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar se o uso da janela de reconsolidação da memória, desencadeada pelo teste, beneficia o aprendizado de conceitos complexos de neurofisiologia.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar a percepção de docentes e monitores sobre a dificuldade de se aprender em fisiologia.
- Verificar a percepção de docentes e monitores sobre os fatores que contribuem para a dificuldade de se aprender em fisiologia.
- Verificar a percepção de docentes e monitores sobre o grau de complexidade dos conceitos de neurofisiologia.
- Avaliar o desempenho dos participantes no teste sobre o conceito básico de neurofisiologia.
- Avaliar o desempenho dos participantes no Teste de Memória sobre o conceito complexo de neurofisiologia.
- Correlacionar o desempenho de participantes no Teste de Memória na condição de leitura e na condição de teste.
- Correlacionar o desempenho de participantes no Teste de Memória e na prova final do módulo de neurofisiologia.
- Investigar o efeito do formato da questão no desempenho dos participantes.
- Avaliar o efeito da natureza do conteúdo no desempenho dos participantes.
- Verificar a porcentagem de questões em branco nos Testes de Memória da rodada 1 e da rodada 2.
- Avaliar a porcentagem de questões em branco nos testes sobre o conceito básico da rodada 1 e da rodada 2.
- Verificar o desempenho dos participantes nas questões difíceis dos Testes de Memória das rodadas 1 e 2.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Participantes e contexto acadêmico

O experimento foi realizado em uma sala de aula na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e contou com a participação de 37 estudantes de graduação do curso de Enfermagem, matriculados na disciplina obrigatória Fisiologia Aplicada à Enfermagem (FIB028) no segundo semestre de 2022. Os dados foram coletados nas 6 primeiras aulas da disciplina, que correspondem ao módulo de neurofisiologia. O perfil dos indivíduos que acordaram em participar da pesquisa foi conhecido após o preenchimento do questionário de dados demográficos e acadêmicos (ANEXO 1), adaptado do “Questionário de Diversidade e Inclusão” da Sociedade Brasileira de Física (2018). Esse questionário teve por objetivo coletar informações sobre a idade, a formação acadêmica, o período do curso, a cor, o sexo e o gênero dos participantes.

Durante a fase experimental, a amostra foi dividida em dois grupos: (1) controle, denominado no presente estudo como Grupo Leitura (GL); (2) experimental, intitulado Grupo Teste (GT). Na rodada 1 do experimento, 13 participantes integraram o GL e outros 13 o GT. Para expor os participantes às mesmas condições, os grupos foram invertidos na segunda rodada do experimento. Assim, os estudantes que fizeram parte do GL na primeira rodada, integraram o GT na segunda. Da mesma forma, os participantes que realizaram o teste na primeira rodada, fizeram a leitura na rodada seguinte. Além da inversão dos grupos, a rodada 2 contou com um número maior de participantes. O GL foi composto por 19 indivíduos, enquanto o GT por 15.

3.2 Comitê de Ética

A pesquisa foi realizada em conformidade com os padrões éticos, respeitando a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os procedimentos ocorreram de acordo com as normas nacionais sobre o envolvimento de seres humanos em pesquisas. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da UFMG (ANEXO 2). Todos os indivíduos participaram de maneira voluntária e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) antes da fase experimental da pesquisa (ANEXO 3). A identidade dos participantes foi tratada com padrões profissionais de sigilo e os procedimentos da pesquisa prezaram pela garantia de seu bem-estar físico e psicológico. Os termos foram assinados em duas vias, uma cópia destinada aos pesquisadores e a outra aos participantes.

3.3 Questionários sobre a dificuldade de aprendizagem em Fisiologia

A escolha dos temas abordados durante as aulas do experimento e a seleção dos conceitos básicos e complexos dentro de cada temática foram baseadas na avaliação de dois questionários sobre a dificuldade de aprendizagem em fisiologia, um destinado aos docentes (ANEXO 4) e o outro aos monitores (ANEXO 5) da disciplina. Um convite para a participação nesses questionários foi enviado 1 mês antes da fase experimental da presente pesquisa. Os dados foram coletados de forma virtual por meio da plataforma *Google Forms*. Adaptados dos estudos de Michael (2007) e de Slominski, Grindberg & Momsen (2021), os questionários foram divididos em três blocos: (1) questões para traçar o perfil dos respondentes; (2) avaliação de 19 fatores que podem tornar a disciplina de Fisiologia difícil para que estudantes aprendam; (3) perguntas com o objetivo de identificar temas e conceitos básicos e complexos de neurofisiologia.

As perguntas do primeiro bloco preocuparam-se em compreender, entre outros fatores, o tempo em que docentes e monitores ensinam ou tiram dúvidas sobre fisiologia e se acreditam que a disciplina é de difícil entendimento. As questões do segundo bloco, por sua vez, foram elaboradas para refletir a percepção dos respondentes sobre três fatores relacionados à dificuldade do aluno em aprender fisiologia, sendo eles: (1) a natureza da disciplina; (2) como os alunos aprendem fisiologia; (3) como fisiologia é ensinada. As questões desse bloco foram exibidas no formato de escala Likert, possibilitando a atribuição de notas variando de 1 a 5 de acordo com o nível de concordância com as afirmações apresentadas (Figura 3). A nota mínima representava “discordo totalmente” e a nota máxima correspondia a “concordo totalmente”. Quanto mais alta a nota atribuída, maior a contribuição daquele item para a dificuldade de aprendizagem em fisiologia, na percepção de docentes e monitores.

Os fenômenos fisiológicos precisam ser compreendidos em diferentes níveis organizacionais de forma simultânea (do molecular ao sistêmico).

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

Figura 3. Exemplo de pergunta do bloco 2 apresentada no formato de escala Likert. O número 1 representa “discordo totalmente”, o 2 corresponde a “discordo”, o 3 significa “neutro ou indiferente”, o 4 representa “concordo” e 5 corresponde a “concordo totalmente”.

Na primeira pergunta do bloco 3, docentes e monitores foram apresentados a uma lista contendo diferentes tópicos de neurofisiologia que frequentemente são ensinados em sala de aula. Em seguida, foi solicitado que selecionassem aqueles que apresentam maior dificuldade para que estudantes aprendam. Para quantificar a percepção dos respondentes, os diferentes tópicos apresentados foram classificados de acordo com os sistemas a que pertencem. Assim, os tópicos de potencial de ação, biofísica de membrana, células excitáveis e sinapse foram classificados como temas de neurotransmissão. Já, os conteúdos de contração muscular, reflexos somáticos, planejamento e controle da motricidade voluntária, núcleos da base e cerebelo, foram estabelecidos como temas do sistema motor. Emoção, memória e sono foram considerados temas de funções cognitivas, enquanto, receptores sensoriais, dor, audição e visão, temas do sistema sensorial. Sistema nervoso autônomo também foi apresentado como um possível tópico de difícil compreensão em neurofisiologia.

As perguntas seguintes eram dissertativas e solicitavam que os respondentes apontassem conceitos básicos e complexos dentro de cada tópico selecionado. De acordo com Michael (2007), o termo “difícil” é frequentemente usado por estudantes, professores e o público em geral como a necessidade de um esforço desproporcional para se atingir um objetivo. Assim, os conceitos complexos, neste estudo, foram considerados aqueles de difícil compreensão e que requerem maior esforço para o seu domínio, enquanto os conceitos básicos foram classificados como aqueles que exigem pouco empenho e que são de fácil apropriação.

3.4 Elaboração dos textos para os grupos leitura (GL)

Elaboramos dois textos sobre o conteúdo básico (ANEXOS 6,7), ministrado na primeira aula de cada rodada, baseado em informações extraídas dos livros “*Principles of Neural Science*” (KANDEL, 2021), “*Neuroscience*” (PURVES et al., 2018), “Neurociências: desvendando o sistema nervoso” (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017) e “Cem bilhões de neurônios” (LENT, 2010). Todas as informações presentes nos textos foram apresentadas durante as aulas sobre sinapse (rodada 1) e sobre a organização geral do sistema motor somático (rodada 2). Para se certificar de que o conteúdo apresentado nos textos estava alinhado àquele que o estudante foi ensinado em sala de aula, a pesquisadora revisitou as gravações das aulas antes da elaboração dos textos.

3.5 Elaboração das questões para os grupos teste (GT)

O teste foi utilizado como uma tarefa para induzir de forma intencional a evocação da memória de um conteúdo básico de neurofisiologia previamente adquirido e supostamente consolidado. A atividade foi realizada pelos grupos GT e ocorreu apenas uma vez em cada rodada do experimento. Na rodada 1, o teste foi um exercício composto por 5 questões de preencher as lacunas e 5 questões de múltipla escolha sobre o tema de sinapse, ministrado durante a primeira aula (ANEXO 8). Já na rodada 2, por se tratar de um conteúdo mais extenso, o teste constituiu em uma tarefa formada por 6 questões de preencher as lacunas e 8 questões de múltipla escolha sobre a organização geral do sistema motor somático, o conceito básico da segunda rodada (ANEXO 9).

O formato das questões do teste foi selecionado pelos efeitos atestados na literatura para a aprendizagem. Questões de múltipla escolha e de preencher as lacunas mostraram-se altamente benéficas para os estudantes, aumentando a retenção ao longo do tempo da informação evocada (MOREIRA et al. 2019). Além disso, para encaixar o experimento à dinâmica e programação da disciplina, optou-se por questões de reconhecimento e de evocação com dicas, dado que questões de recordação livre, como as perguntas abertas, podem exigir um tempo maior de elaboração (EBERSBACH et al., 2020).

Preservou-se ao máximo a correspondência entre o texto (GL) e as questões (GT). Por exemplo, durante a construção das questões do teste, frequentemente, copiava-se os parágrafos do texto que seria lido pelo GL, porém, retirava-se algumas palavras chaves, criando, assim, as perguntas de preencher as lacunas. As questões de múltipla escolha seguiram o mesmo princípio. Parágrafos foram transformados em opções de respostas (a,b,c ou d) e sofreram pequenas modificações para que o participante pudesse reconhecer a alternativa correta ou a incorreta dependendo da pergunta em questão. Esse procedimento foi fundamental para que a leitura e o teste pudessem oferecer a mesma quantidade de conceitos acerca do tema abordado, minimizando a possibilidade de favorecer um dos grupos com mais informações, o que poderia resultar em um desempenho superior.

O teste é capaz de gerar efeitos de facilitação da aquisição de materiais relacionados e não testados após intervalos de retenção relativamente longos (24 ou 48 horas) entre a tarefa e um outro teste que induz um esforço de evocação (ROEDIGER; ABEL, 2022). Por esse motivo, e respeitando o calendário de aulas programado, o teste sobre o conceito básico, nas duas rodadas, foi realizado 48 horas antes do teste final, chamado de Teste de Memória.

3.6 Elaboração do Teste de Memória

O Teste de Memória (TM) foi realizado por todos os participantes e ocorreu no último dia do desenho experimental de cada rodada. O TM da primeira rodada foi elaborado a partir do conteúdo da aula sobre integração sináptica (ANEXO 10), enquanto o TM da rodada 2 baseou-se nos conceitos sobre cerebelo e núcleos da base (ANEXO 11). Todo o conteúdo presente nos TMs das duas rodadas estava alinhado àquele apresentado em sala de aula. Cada teste foi composto por 4 questões de preencher as lacunas e 4 questões de múltipla escolha. Além disso, duas questões abertas foram incorporadas em cada TM dado que, segundo McDaniel et. al., (2011), perguntas abertas são mais adequadas para acionar a atualização ou a reconsolidação de conceitos aprendidos.

Apesar de apresentar um formato similar ao do teste sobre os conceitos básicos, nessa pesquisa, o TM teve por objetivo avaliar a aprendizagem e a retenção dos conceitos complexos ministrados durante as aulas. Nesse sentido e diferente do teste como uma tarefa, o TM foi utilizado como uma estratégia de avaliação ou meio para inferir a aprendizagem. Vale ressaltar, porém, que o desempenho dos participantes no TM não influenciou no resultado final da disciplina uma vez que a atividade não valeu nota.

3.7 Desenho Experimental

Rodada 1, Etapa 1 – Consentimento dos participantes e aula 1 sobre o conceito básico.

No primeiro dia da rodada 1, durante os 30 minutos iniciais, apresentamos aos estudantes todo o procedimento e esclarecemos dúvidas. Além disso, os estudantes preencheram o questionário de dados demográficos e acadêmico e assinaram o TCLE. Em seguida, os participantes assistiram a primeira aula teórica dentro do conteúdo programático da disciplina, denominada aula 1. A aula 1 ocorreu por uma hora e trinta minutos e teve como tema “Sinapse”, considerado na presente pesquisa como um conceito básico de neurofisiologia. Os participantes puderam fazer anotações e tirar as suas dúvidas sobre o conteúdo apresentado, preservando a dinâmica habitual de sala de aula.

Rodada 1, Etapa 2 – Teste ou leitura sobre o conceito básico e aula 2 sobre o conceito complexo.

No início da aula seguinte, que ocorreu 48h após a aula 1, os participantes foram distribuídos em dois grupos: Grupo Leitura (GL) fez a leitura de um texto e o Grupo Teste (GT) realizou um teste. O objetivo era de induzir a evocação de memórias. O conteúdo de ambos era sobre conceitos básicos de sinapse, apresentados na aula 1. A duração para a realização da leitura ou do teste foi de 30 minutos. Imediatamente após, os estudantes assistiram a aula 2 por 2 horas sobre o tema “integração sináptica”, considerado neste estudo como um conceito complexo de neurofisiologia.

Rodada 1, Etapa 3 – Teste de memória (TM)

Quarenta e oito horas após a etapa 2, foi solicitado a todos os participantes que respondessem às questões do TM para estimar a sua compreensão acerca do conceito complexo. Os participantes tiveram 1 hora para completar o teste.

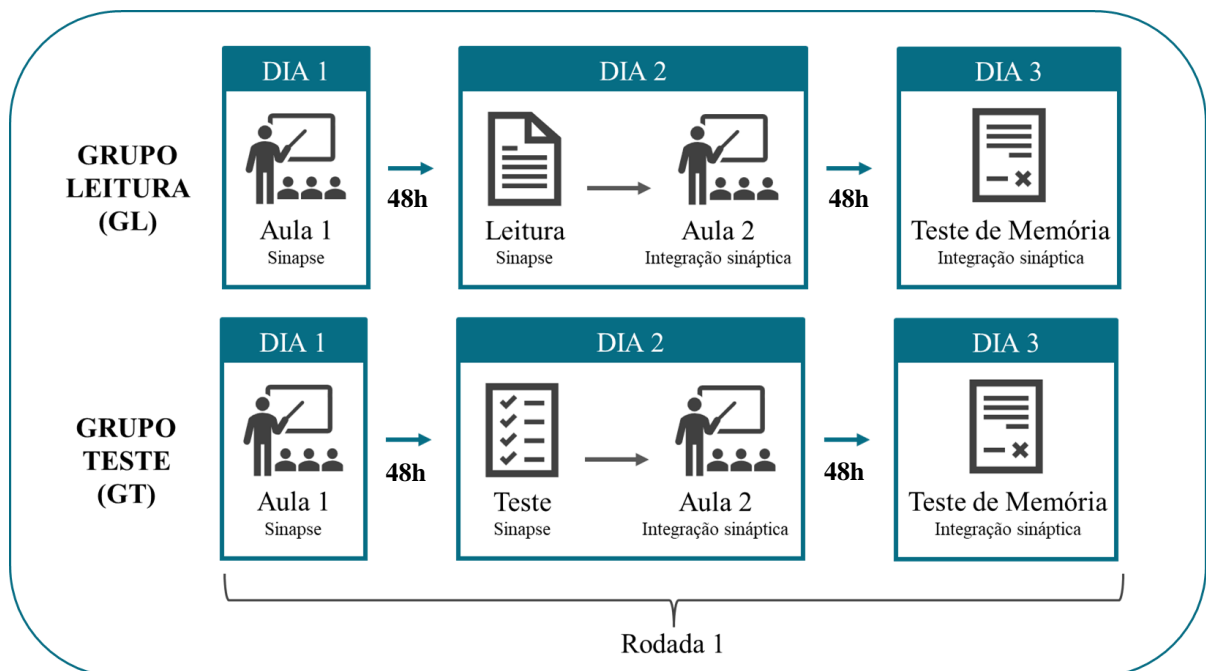


Figura 4. Design experimental da rodada 1.

Na rodada 2, que iniciou 3 dias após o término da rodada 1, repetimos o mesmo procedimento realizado na primeira rodada. Contudo, considerando que ao se tratar do processo de aprendizagem e do cenário educacional todos os estudantes devem ser apresentados com as mesmas oportunidades para aprender de forma efetiva, os grupos foram invertidos. O tema das aulas da rodada 2 também foi distinto daquele ministrado na rodada 1. Assim, o conceito básico

adotado na rodada 2 foi a organização geral do sistema motor somático, enquanto os conceitos complexos corresponderam aos temas “Cerebelo” e “Núcleos da Base”.

Ao final da rodada 2, reconhecendo a importância do *feedback* para a aprendizagem, os participantes tiveram acesso às questões e respostas do teste sobre o conceito básico e do TM das rodadas 1 e 2.

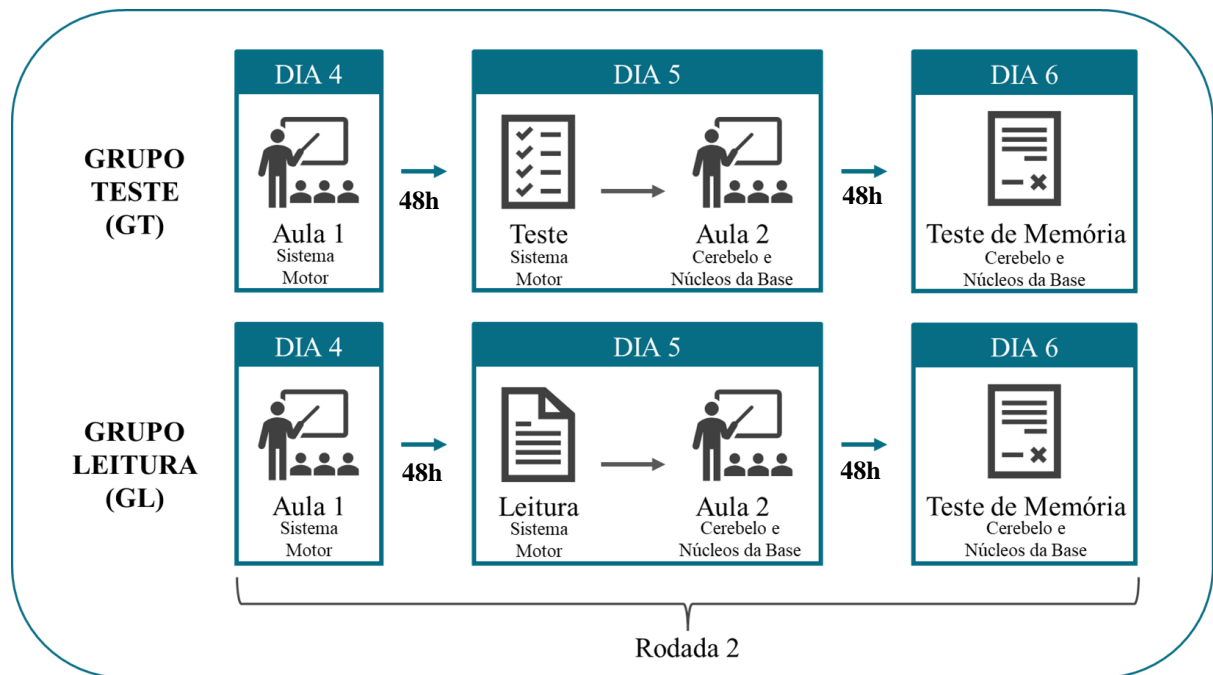


Figura 5. Design experimental da rodada 2.

3.8 Análise estatística

As análises estatísticas dos dados coletados foram realizadas pelo software *GraphPad Prism 9*. Todos os dados foram testados para normalidade com os testes: *Shapiro-Wilk* e *D'Agostino & Pearson*. A comparação entre dois grupos com distribuição gaussiana foi conduzida pelo teste *Unpaired t-test*. Na ausência de normalidade, análises não paramétricas foram conduzidas por meio do teste *Mann-Whitney*. As análises pareadas ocorreram pelo teste *Paired t-test*. Relações entre as variáveis foram analisadas por regressão linear.

4. RESULTADOS

4.1 Percepção da complexidade dos conceitos de neurofisiologia

Para estimar quais conceitos de neurofisiologia são considerados básicos e quais são percebidos como complexos, enviamos um questionário aos 34 docentes (ANEXO 4) e 12 (ANEXO 5) monitores do Departamento de Fisiologia e Biofísica da UFMG. Recebemos respostas de 5 docentes, cuja experiência variou entre 3 e 40 anos. Já os 7 estudantes que retornaram as respostas do questionário declararam prática de 3 meses a 1 ano como monitores.

De acordo com dados coletados, 60% dos docentes (Figura 6.A) e 86% dos monitores (Figura 6.B) consideraram Fisiologia uma ciência difícil e que requer esforço para sua compreensão.

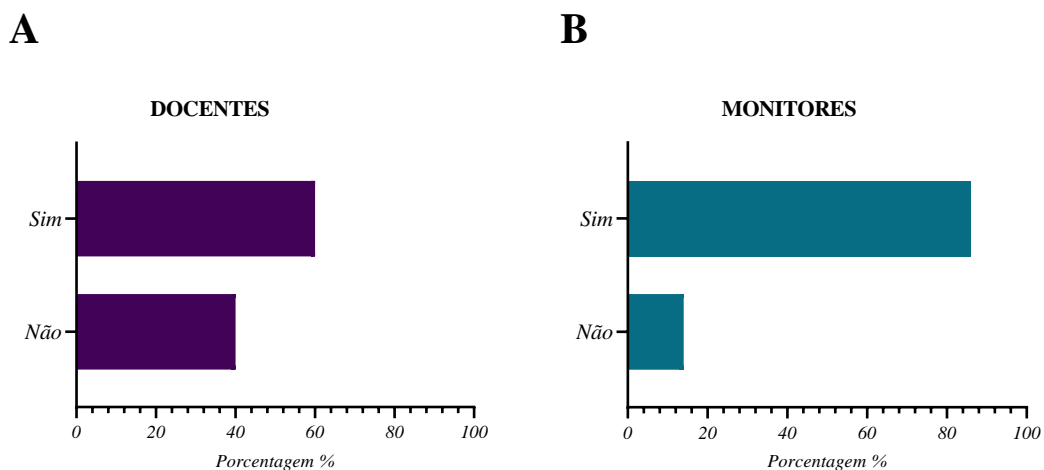


Figura 6. Percepção dos docentes e monitores sobre a dificuldade de se aprender Fisiologia. (A) 60% dos professores consideram a disciplina difícil, enquanto 40% não classificam o curso como sendo difícil para se aprender; (B) 86% dos monitores atribuem dificuldade para se aprender Fisiologia e 14% não acham a disciplina difícil para que estudantes aprendam.

Solicitamos, em seguida, que os participantes avaliassem 19 fatores, exibidos no formato de escala Likert, que poderiam contribuir para a complexidade da disciplina. Segundo a avaliação, 80% dos docentes atribuíram a nota 5 para os itens “aprendizagem integrativa” e “sistemas dinâmicos” (Figura 7.A). Considerando que quanto mais alta a nota atribuída, maior o grau de dificuldade, a maior parte dos professores concordam totalmente que aprender a disciplina requer a integração de conteúdos e a compreensão de processos dinâmicos e que esses fatores contribuem de forma significativa para que Fisiologia se torne uma disciplina de difícil entendimento. Já os monitores classificaram de forma unânime o volume do conteúdo como o item que oferece maior dificuldade para se aprender a matéria (Figura 7.B). Dentre os fatores

com a menor percepção de dificuldade para a aprendizagem da disciplina, destacou-se, pelos docentes, o uso de linguagem imprecisa, jargões e siglas e, na visão dos monitores, o material didático adotado.

A



B

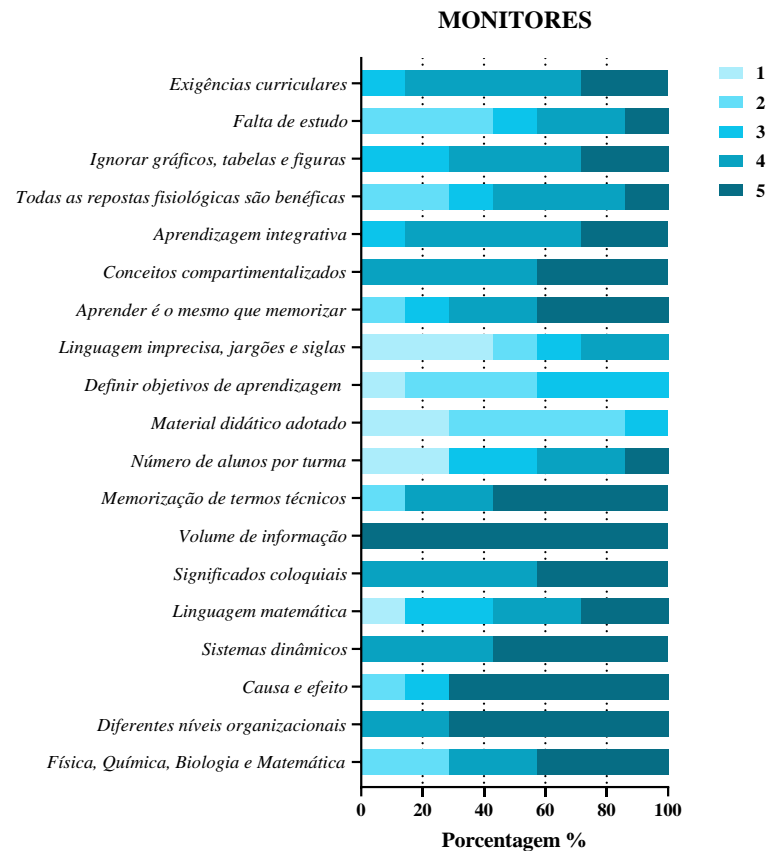


Figura 7. Percepção dos docentes e monitores sobre 19 itens que podem tornar a disciplina de Fisiologia difícil para se aprender. Itens apresentados de modo sintetizado e no formato da escala Likert (1) discordo totalmente; 2) discordo; 3) indiferente (ou neutro); 4) concordo e 5) concordo totalmente). Tons claros representam notas mais baixas e as cores escuras indicam notas mais altas. Dados expressos em porcentagem de respondentes para cada nota. (A) Avaliação, pelos docentes, dos 19 fatores que podem tornar Fisiologia difícil para se aprender. (B) Avaliação, pelos monitores, dos 19 fatores que podem tornar Fisiologia difícil para se aprender.

Apesar de constatadas diferenças na percepção dos principais fatores que contribuem para a dificuldade de aprendizagem em Fisiologia, 57% dos monitores também atribuíram nota 5 para “sistemas dinâmicos”, concordando totalmente que esse fator contribui muito para a dificuldade em se aprender a disciplina. Outros 43% avaliaram o item com a nota 4 (Figura 8.A). Para o fator “aprendizagem integrativa”, 29% dos monitores atribuíram nota 5, enquanto 57% avaliaram o item com a nota 4. Ao mesmo tempo, 14% percebem esse fator como neutro, atribuindo nota 3 (Figura 8.B).

Docentes, por sua vez, dividiram percepções com relação ao volume do conteúdo. Enquanto 40% dos professores concordam totalmente que o volume do conteúdo apresentado na disciplina é um fator dificultador, outros 20% atribuíram nota 4. Ainda, 40% avaliaram esse item como indiferente, assim, não trazendo qualquer tipo de obstáculo para aprendizagem (Figura 8.C).

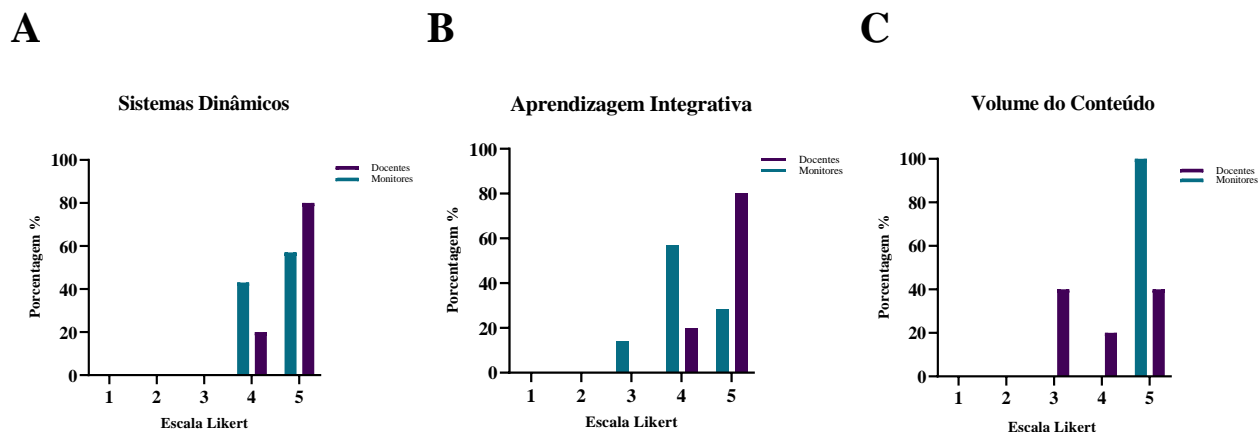


Figura 8. Percepção dos docentes e monitores sobre os principais fatores que fazem da disciplina de Fisiologia difícil para que estudante aprendam. (A) Oitenta por cento dos professores e 57% dos monitores concordam totalmente que a necessidade de se compreender sistemas dinâmicos é um fator que aumenta a complexidade de fisiologia; (B) Oitenta por cento dos professores e 29% dos monitores concordam totalmente que a necessidade de se integrar conteúdo ao aprender é um fator que aumenta a complexidade de fisiologia, enquanto 57% apenas concordam. Ainda, 14% percebem esse fator como neutro; (C) Cem por cento dos monitores atribui dificuldade para se aprender fisiologia ao volume do conteúdo. Quarenta por cento dos professores concordam totalmente e 20% concordam que o volume do conteúdo é um fator dificultador da aprendizagem da disciplina. Quarenta por cento avalia o fator como indiferente.

Atentando-se aos fatores que contribuem para a complexidade de Fisiologia, foi solicitado que docentes e monitores selecionassem temas de neurofisiologia que oferecem maior dificuldade para que estudantes aprendam. Conforme a análise realizada, 60% dos professores acreditam que temas provenientes do sistema motor são conceitos complexos da disciplina. Ainda, 50% dos docentes classificaram temas relacionados ao sistema sensorial, enquanto 20% apontaram temas referentes à neurotransmissão e às funções cognitivas (Figura 9.A).

Na percepção dos monitores, os temas selecionados por 71% estavam relacionados ao sistema motor. Os temas referentes à neurotransmissão e às funções cognitivas foram escolhidos por 43% dos monitores, enquanto conceitos do sistema sensorial foram apontados por 29% (Figura 9.B).

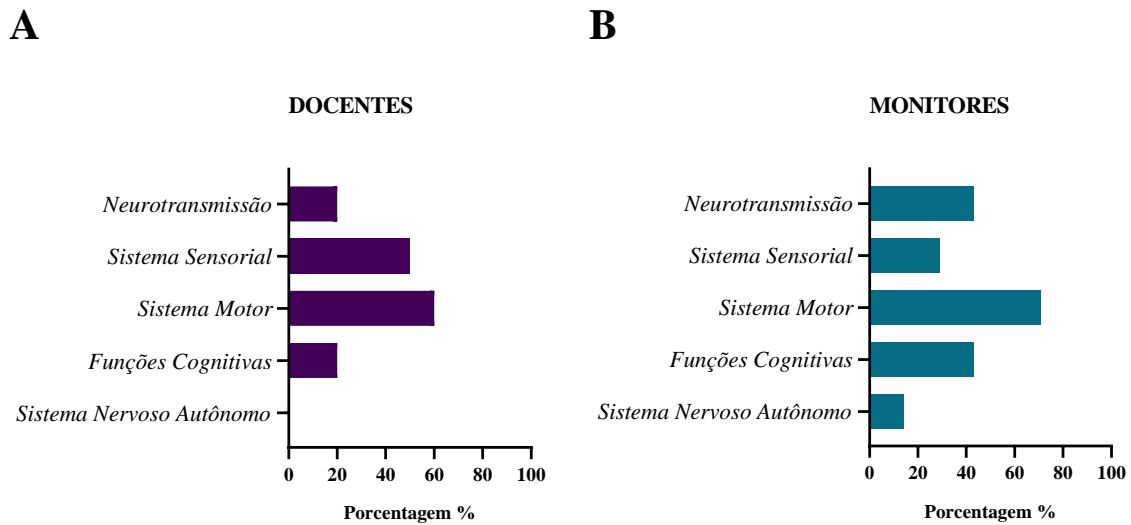


Figura 9. Percepção dos docentes e monitores sobre temas complexos em Neurofisiologia. (A) 60% dos professores consideram temas provenientes do sistema motor como tópicos de difícil compreensão, enquanto 50% apontaram temáticas relacionadas ao sistema sensorial. Já outros 20%, classificaram temas referentes à neurotransmissão e às funções cognitivas; (B) 71% dos monitores atribuem dificuldade para se aprender temas do sistema motor, 43% às temáticas relacionadas à neurotransmissão e às funções cognitivas, 29% aos conteúdos referentes ao sistema sensorial e 14% apontaram conceitos sobre o sistema nervoso autônomo.

Em seguida, os participantes responderam à uma pergunta dissertativa que tinha por objetivo identificar os conceitos mais complexos dentro de cada tema selecionado. Docentes enfatizaram os conceitos de integração sináptica, planejamento de movimentos voluntários, integração motora e visão. Dentre os conceitos ressaltados pelos monitores, encontram-se controle da motricidade voluntária, reflexos posturais, equilíbrio eletroquímico, despolarização, hiperpolarização e tetania perfeita.

A percepção de professores e monitores com relação aos conceitos básicos relacionados aos temas listados também foi avaliada por meio de perguntas dissertativas. Os docentes estabeleceram que os conceitos de potencial de ação e organização cortical são de fácil compreensão. Já organização medular, arco reflexo, potencial de ação e neurotransmissão foram apontados pelos monitores.

4.2 Perfil acadêmico e sociodemográfico dos participantes

O perfil dos indivíduos que participaram do experimento foi conhecido por meio do preenchimento do questionário de dados demográficos e acadêmicos. A maioria dos participantes eram mulheres (92,31%) na faixa etária de 18 a 23 anos e cursavam o 3º período de Enfermagem. Havia participantes que declaravam ser da cor branca (56,41%), parda

(25,64%) e preta (17,95%). Com relação ao gênero, 92,31% se identificam como mulheres cisgênero e 7,69% como homens cisgênero (Tabela 1).

Tabela 1. Perfil acadêmico e sociodemográfico dos participantes representados em porcentagem.

<i>n</i>	<i>Curso</i>	<i>Idade</i>	<i>Semestre</i>	<i>Raça/ Cor</i>	<i>Sexo</i>	<i>Gênero</i>
39	Enfermagem (100%)	18 a 23 (97,44%)	3° (97,44%)	Branca (56,41%)	Feminino (92,31%)	Mulher cisgênero (92,31%)
		Acima de 30 (2,56%)	2° (2,56%)	Parda (25,64%)	Masculino (7,69%)	Homem cisgênero (7,69%)
				Preta (17,95%)		

Fonte: elaborado pela autora.

Apesar de conter dados sociodemográficos de 39 participantes, colhidos de forma anônima, 2 respondentes não foram incluídos nos resultados da fase experimental uma vez que não concluíram todas as etapas da pesquisa.

4.3 Conceitos considerados complexos são mais difíceis de recordar

Para validar a classificação de conteúdos básicos e complexos, comparamos o desempenho dos estudantes nos testes (Teste: conteúdo básico, sinapse e organização geral do sistema motor) com o desempenho nos testes de memória (TM: conteúdo complexo, integração sináptica e núcleos da base/cerebelo). Como esperado, a porcentagem de acerto em questões de conteúdo complexo foi inferior às de conceito básico (Figura 10; $t(27) = 3.356$, $p = 0.0024$).

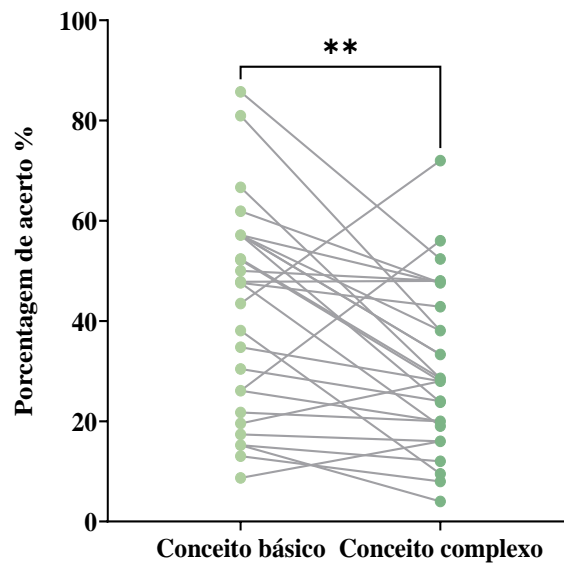


Figura 10. Análise pareada do desempenho dos participantes com relação aos conceitos básico e complexo.

Como os resultados individuais oscilaram entre 10 e 80 % de respostas corretas, nos perguntamos se haveria uma relação entre o desempenho dos participantes quando foram testados sobre o conceito básico e sua performance sobre o conteúdo complexo. Constatamos uma correlação positiva (Figura 11; $R^2=0.3079$, $p=0,0022$) entre as variáveis, sugerindo que os participantes com melhor desempenho no teste sobre o conceito básico, também demonstraram maior porcentagem de acerto no TM.

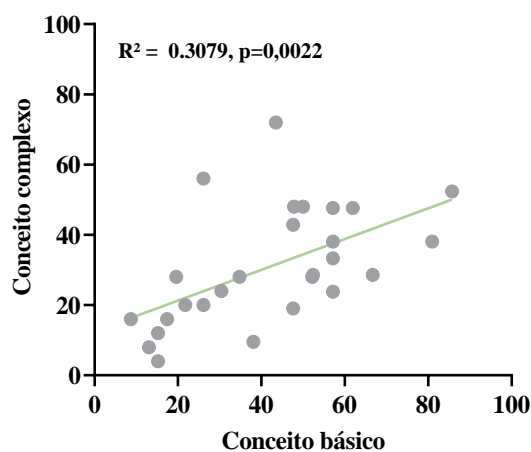


Figura 11. Relação entre o desempenho individual no teste e no TM analisados por regressão linear.

4.4 A memória de conceitos complexos de neurofisiologia não é favorecida pelo teste

Nossa principal hipótese de trabalho era que a apresentação de conceitos complexos, após a realização do teste, facilitaria a sua recordação. Entretanto, nossos resultados mostraram desempenho similar entre os grupos (Figura 12.B; $U = 447$; $p = 0.9912$). Considerando que os conceitos de cada rodada eram distintos e que os grupos se alternaram, analisamos, também de forma isolada, o resultado de cada grupo no TM da rodada 1 (Figura 12.C) e da rodada 2 (Figura 12.D). Nenhuma diferença entre os grupos foi constatada (Rodada 1, $t(24) = 1.036$, $p = 0.3107$; Rodada 2, $t(32) = 0.5402$, $p = 0.5928$). Em conjunto, nossos resultados mostram que os efeitos do teste e da leitura são equiparáveis.

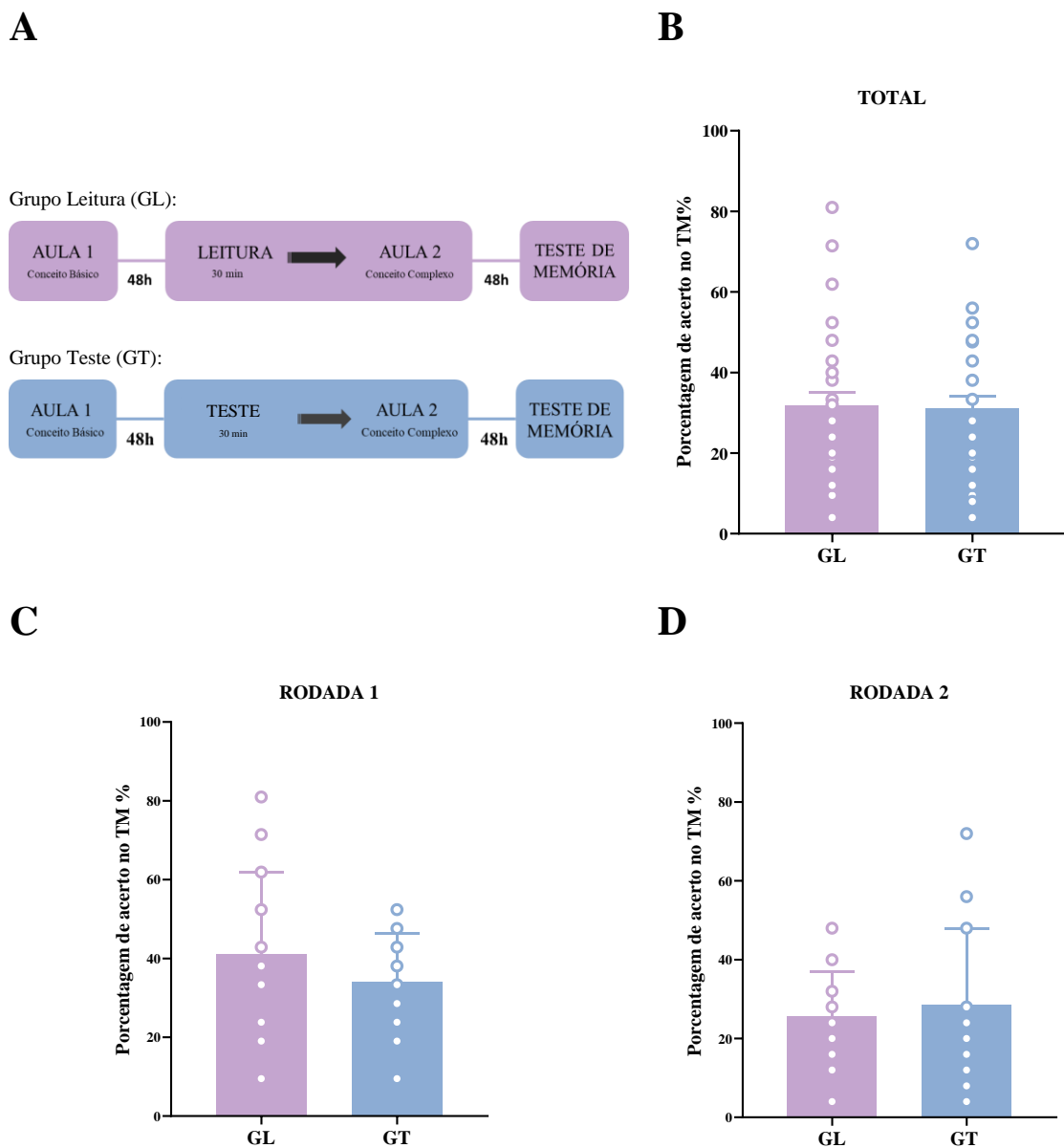


Figura 12. Análise do desempenho do GL e do GT no TM. (A) Desenho experimental: os grupos assistiram a aula 1 no primeiro dia da fase experimental. No segundo dia do experimento (48h depois), os participantes do GL fizeram a leitura dos conceitos chaves sobre a aula 1, enquanto participantes do GT realizaram o teste sobre o mesmo tema por 30 minutos. No último dia (48h depois), os grupos fizeram o TM. Esse procedimento foi repetido

por mais uma vez e os grupos foram invertidos. (B) Porcentagem de acerto nas questões do TM agrupando os resultados das duas rodadas e comparando por grupos. (C) Porcentagem de acerto nas questões do TM na rodada 1 comparadas por grupos. (D) Porcentagem de acerto nas questões do TM na rodada 2 comparadas por grupos.

Adicionalmente, como vinte e três participantes realizaram todas as etapas das duas rodadas, comparamos o efeito da leitura e do teste no mesmo estudante, independente do conteúdo. A análise pareada não demonstrou diferença entre as condições ($t(22)=0,09484$, $p=0,9253$), sugerindo que os efeitos da leitura e do teste foram equiparáveis, mesmo em se tratando dos mesmos indivíduos (Figura 13).

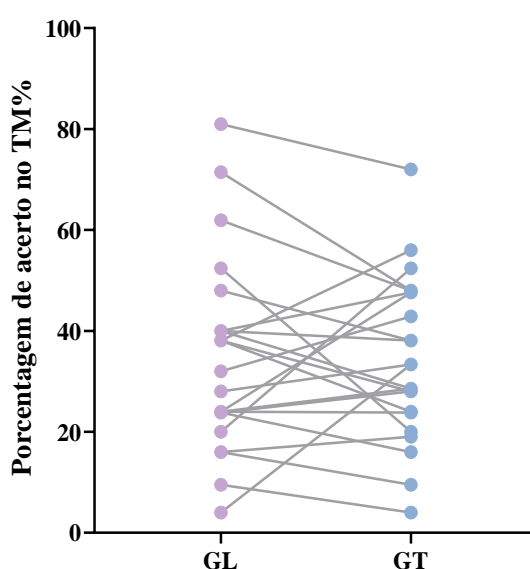


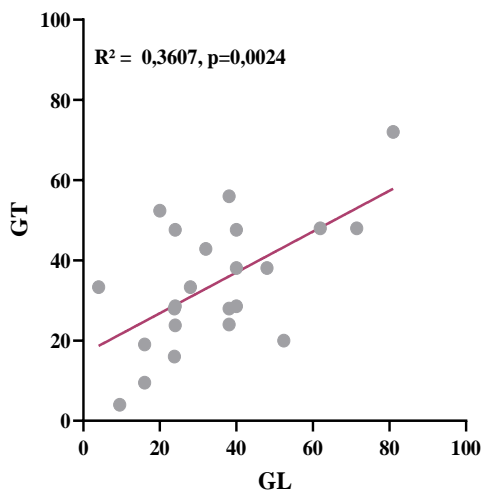
Figura 13. Análise pareada da porcentagem de acerto no TM quando o participante integrou o GL e o GT.

4.5. Fatores individuais são determinantes no desempenho dos estudantes

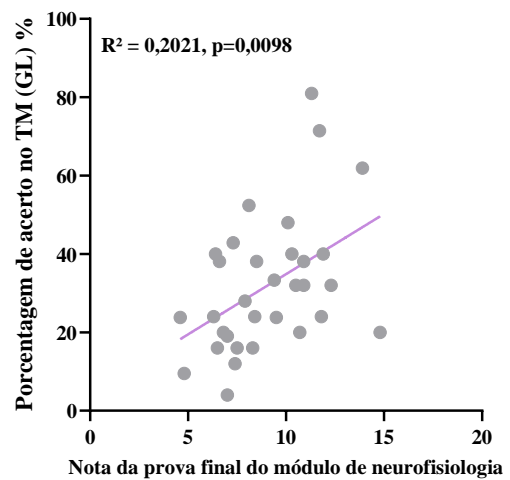
Até aqui, nossos resultados sugerem não haver ganho de desempenho no TM sobre conteúdos complexos, pela exposição ao teste. Entretanto, houve uma grande variabilidade no desempenho dos estudantes, estimulando a análise da variável indivíduo. Primeiramente, avaliamos a correlação entre a porcentagem de acerto nos dois TMs. O resultado revelou uma correlação positiva significativa ($R^2 = 0,3607$, $p=0,0024$), indicando que, independentemente da realização do teste ou da leitura, os participantes com maior porcentagem de acerto no TM na primeira rodada também apresentaram melhor desempenho no TM da rodada 2 (Figura 14. A).

Em seguida, analisamos a correlação entre a nota na prova final do módulo de neurofisiologia e o desempenho no TM. Observamos uma correlação positiva entre as variáveis tanto no GL (Figura 14.B; $R^2 = 0,2021$, $p=0,0098$) quanto no GT (Figura 14.C; $R^2 = 0,3185$, $p=0,0018$), mostrando mais uma vez que cada participante, independente da condição, apresentou performance individual similar em todos os testes. Em outras palavras, a variabilidade nos resultados do TM pode ser explicada por diferenças individuais.

A



B



C

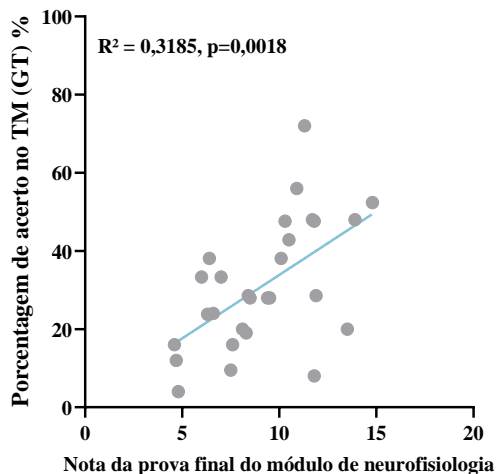


Figura 14. Relação entre o desempenho individual no TM e na prova final do módulo de neurofisiologia quando o participante integrou o GL e o GT analisados por regressão linear.

4.6 O formato da questão não afeta o desempenho no TM.

A seguir, nos perguntamos se o formato da questão poderia ter algum efeito no desempenho dos participantes. Para tal, comparamos a porcentagem de acerto em questões de múltipla escolha e de preencher as lacunas, agrupando os dados do TM das rodadas 1 e 2. Os resultados obtidos indicam que não houve diferença significativa no desempenho dos participantes (Figura 15.A; $U = 1541$; $p = 0,1739$). A fim de verificar se a condição (leitura ou teste) poderia favorecer o desempenho dos participantes nos diferentes formatos de questão, agrupamos a porcentagem de acerto dos grupos GL e GT em questões de múltipla escolha (Figura 15.B) e de preencher as lacunas (Figura 15.C) dos TMs das rodadas 1 e 2 e as comparamos. Não houve diferença entre os grupos, indicando que o desempenho dos participantes nos diferentes formatos de questão não foi afetado pela condição em que se encontravam (Múltipla escolha, $U = 401$; $p = 0,4832$; preencher as lacunas, $U = 419$; $p = 0,6768$).

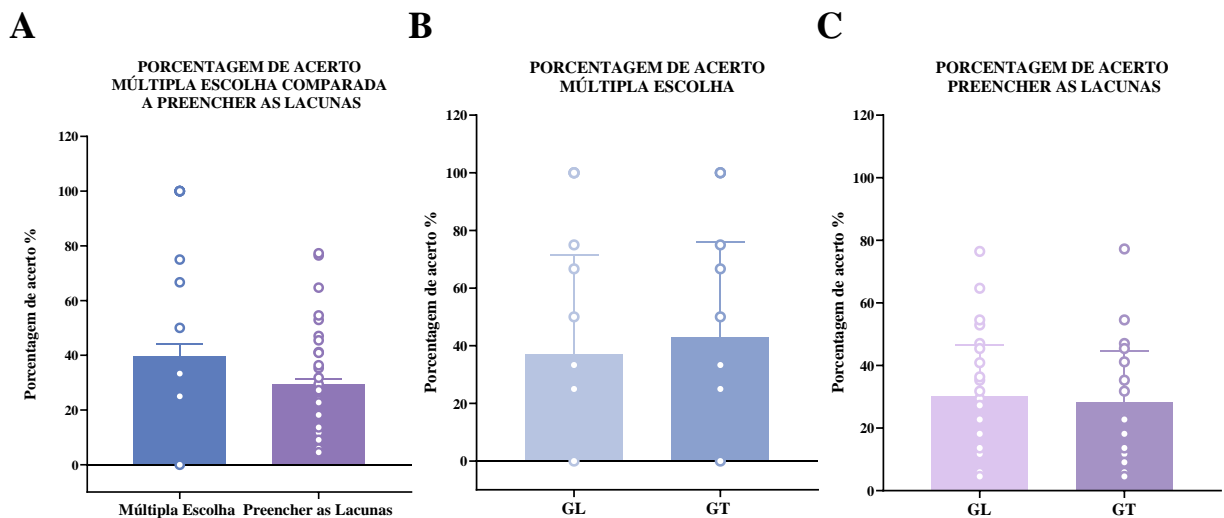


Figura 15. Análise do efeito do formato da questão no desempenho do GL e do GT no TM. (A) O formato da questão não tem efeito no desempenho dos participantes no TM da rodada 1 e 2. (B) O desempenho dos participantes nas questões de múltipla escolha não foi afetado pela condição. (C) O desempenho dos participantes nas questões de preencher as lacunas não foi afetado pela condição.

A seguir, isolamos a variável conteúdo, ao separar as análises por rodadas, e avaliamos se o tipo de questão interferiu no desempenho. Os resultados da rodada 1 constataram que os participantes tiveram desempenho significativamente inferior em questões de preencher as lacunas em comparação a questões de múltipla escolha (Figura 16.A; $U = 120$; $p = 0,001$). Entretanto, essa característica geral não se repetiu quando separamos os participantes em grupo GL e GT (Figura 16.B, $U = 78$; $p = 0,7854$; Figura 16.C, $t(24) = 1,170$, $p = 0,2534$). Esses dados apontam que a condição de teste não produziu um efeito distinto daquele gerado pela leitura

quanto ao tipo de questão. De forma geral, os participantes demonstraram performance inferior nas questões de preencher as lacunas.

Diferente da rodada 1, na rodada 2, o formato da questão não afetou o desempenho dos participantes (Figura 16.D; $U = 465$; $p = 0.1626$). Da mesma forma, o GL e o GT demonstraram porcentagem de acerto similares para as questões de múltipla escolha (Figura 16.E; $U = 120$; $p = 0.4242$) e de preencher as lacunas (Figura 16.F; $t(32) = 0.3587$, $p = 0.7221$).

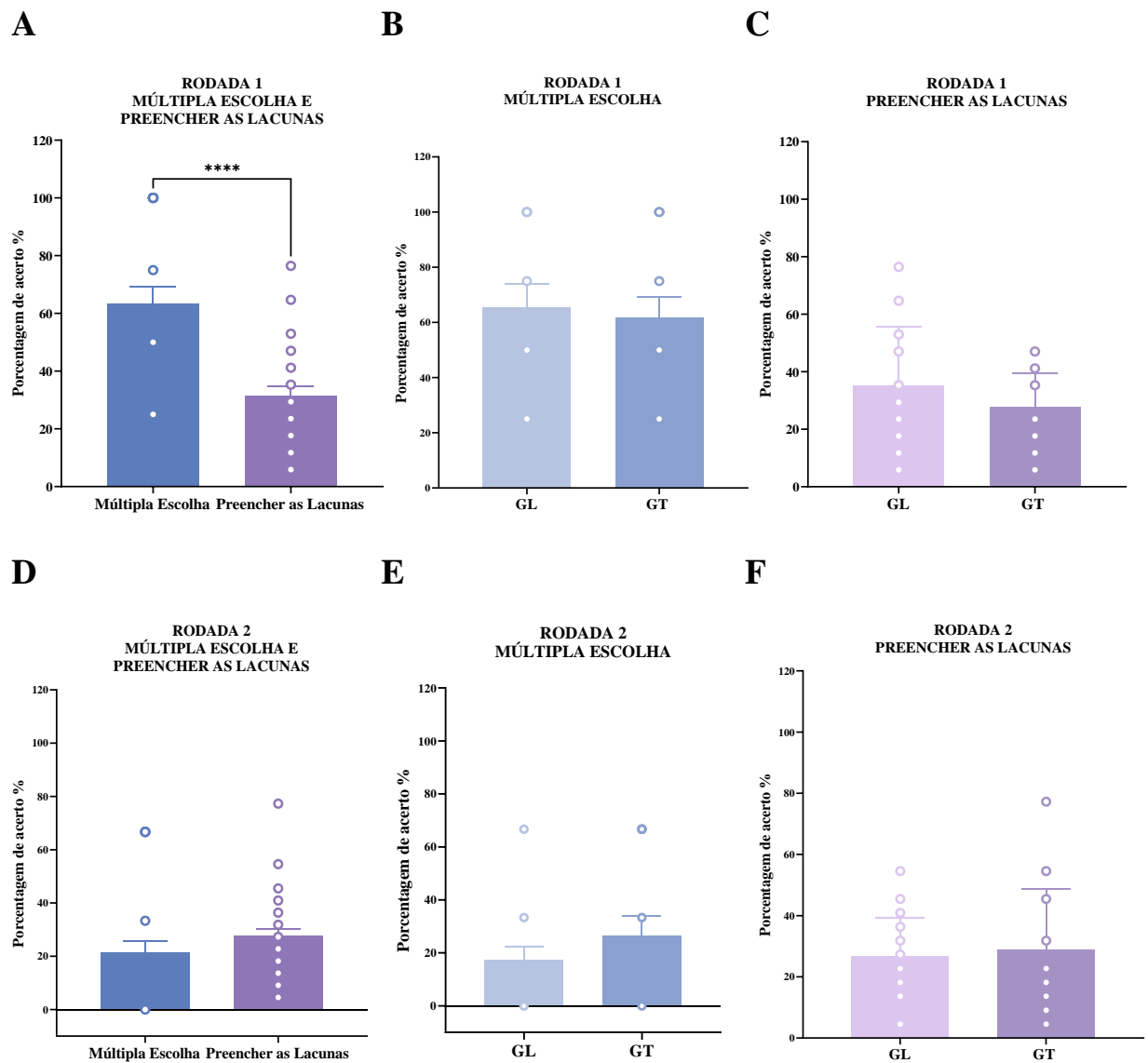


Figura 16. Análise do efeito do formato da questão no desempenho do GL e do GT no TM da rodada 1 e da rodada 2. (A) Participantes, de uma forma geral, demonstraram desempenho inferior em questões de preencher as lacunas comparado a questões de múltipla escolha no TM da rodada 1. (B) O desempenho do GL e GT nas questões de múltipla escolha não se diferiram na rodada 1. (C) Teste e leitura não geraram efeitos distintos no desempenho dos participantes no TM da rodada 1. (D) Não houve efeito do formato da questão no desempenho dos participantes no TM da rodada 2. (E) O desempenho do GL e GT nas questões de múltipla escolha não se diferiram na rodada 2. (F) Teste e leitura não geraram efeitos distintos no desempenho dos participantes no TM da rodada 2.

4.7 A natureza do conteúdo afeta o desempenho dos participantes

A fim de obter um tamanho amostral maior, sem modificar a programação da disciplina e dando a oportunidade de todos os estudantes participarem dos dois grupos (GL e GT), coletamos os dados em duas rodadas. Porém, não tínhamos como controlar que nas duas rodadas fosse o mesmo conteúdo. Assim, analisamos, também, se o conteúdo por si só poderia interferir no desempenho. Primeiramente, comparamos a porcentagem de questões deixadas em branco na rodada 1 (RD1) e na rodada 2 (RD2) no TM, para estimar o grau de dificuldade dos conteúdos. Uma porcentagem significativamente maior de questões em branco foi observada na rodada 2 (Figura 17.A; $t(58) = 2.394$, $p = 0.0199$), sugerindo que o conteúdo abordado no TM da segunda rodada pode ter oferecido maior dificuldade. Complementamos esta análise, estratificando em grupos. O GL da rodada 2 deixou mais questões em branco do que o grupo GL da rodada 1 (Figura 17.B; $t(30) = 2.8141$, $p = 0.0080$). O mesmo resultado não foi observado para o grupo GT (Figura 17.C; $t(26) = 0.5746$, $p = 0.5705$).

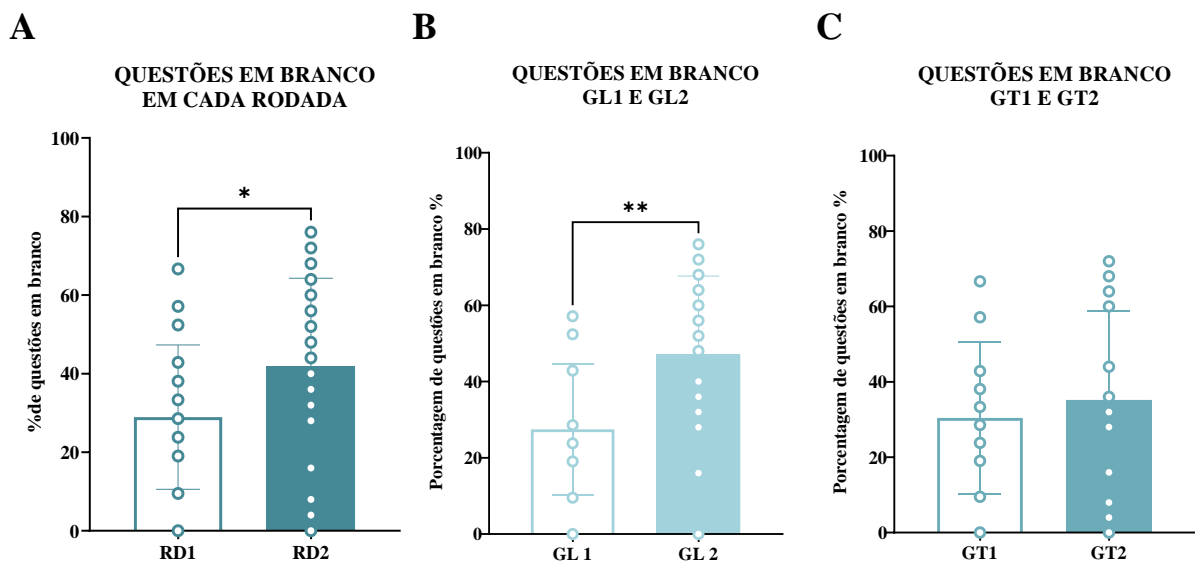


Figura 17. Análise do efeito do conteúdo no desempenho dos participantes no TM. (A) Porcentagem significativamente maior de questões em branco foi observada na rodada 2. (B) O GL da rodada 2 (GL2) deixou mais questões em branco quando comparado ao GL da rodada 1 (GL1). (C) Não houve diferença entre a porcentagem de questões deixadas em branco entre o GT da rodada 1 (GT1) e o GT da rodada 2 (GT2).

Para complementar esta análise, comparamos as rodadas quanto à porcentagem de questões em branco nos testes sobre o conceito básico. Observamos que na rodada 2 houve uma porcentagem significativa e superior de questões deixadas em branco (Figura 18; $U = 28$; $p = 0.008$).

PORCENTAGEM DE QUESTÕES EM BRANCO
NO TESTE DAS RODADAS 1 E 2

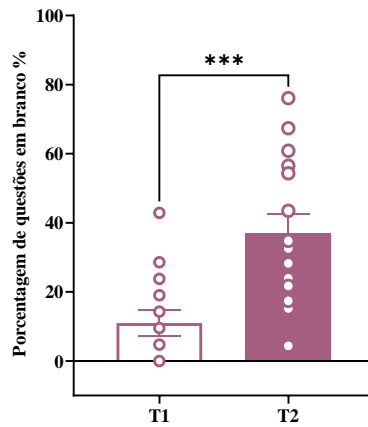


Figura 18. Percentagem de questões deixadas em branco no teste da rodada 1 (T1) e no teste da rodada 2 (T2).

Apesar de não ser possível afirmar que ao deixar questões em branco os estudantes não atingiram o esperado com o teste, o fato de ter havido diferença entre a rodada 1 e 2 nos sugeriu que, de fato, o conteúdo pode ter interferido no desempenho dos estudantes. Então, comparamos o desempenho dos grupos entre as rodadas.

Quanto ao teste sobre o conceito básico, na segunda rodada o desempenho foi significativamente inferior à performance dos participantes que realizaram a tarefa na rodada 1 (Figura 19.A; $t(26)=5.793$, $p < 0.0001$). Interessantemente, quando estratificamos a amostra pelos grupos e analisamos o desempenho no TM, não observamos diferença no GT (Figura 19.B; $t(26) = 0.8907$, $p = 0.3813$), mas a leitura do texto referente à rodada 1 mostrou maior benefício em comparação ao texto utilizado na rodada 2 (Figura 19.C; $t(30) = 2.692$, $p = 0.0115$).

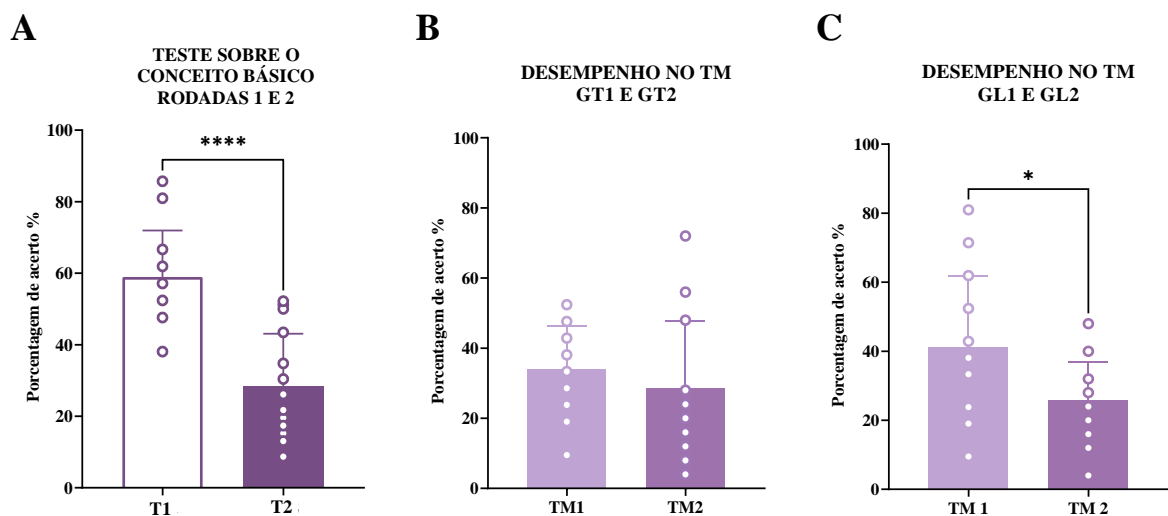


Figura 19. Comparação do desempenho dos participantes no teste e no TM das rodadas 1 e 2.

Por fim, ainda para verificar o efeito do conteúdo no desempenho dos participantes, separamos pelo tipo de questão. Questões de múltipla escolha, referentes ao conteúdo da rodada 1 (RD1), tiveram um número maior de acertos (Figura 20.A; $U= 144$; $p= 0.0001$). Esse resultado não se repetiu para as questões de preencher as lacunas (Figura 20.B; $U= 364$; $p= 0.2468$).

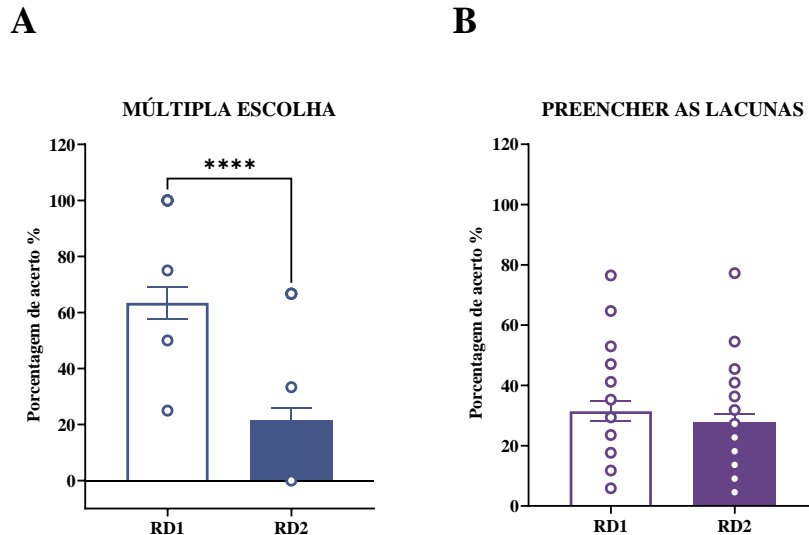


Figura 20. Análise do desempenho nos diferentes formatos de questão entre a rodada 1 e 2.

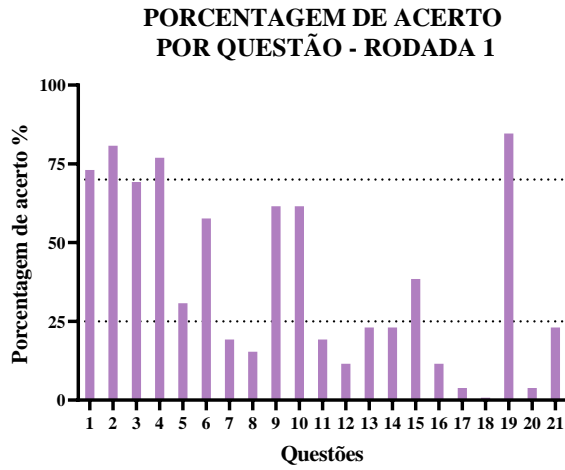
4.8 A diferença no desempenho em questões difíceis pode ser explicada por diferenças individuais

É muito comum na educação que ocorra um descompasso entre docentes e estudantes quanto à percepção do grau de dificuldade de questões avaliativas (PÉREZ et al., 2012; KIBBLE; JOHNSON, 2011; LINGARD et al. 2009; VAN WATERING; RIJT, 2006). Por mais que tenhamos elaborado as questões do TM para terem o mesmo grau de dificuldade, é possível que tenham ocorrido distorções. Com base nas respostas dos estudantes, estabelecemos o critério arbitrário de que as questões difíceis seriam aquelas com menos de 25% de acerto.

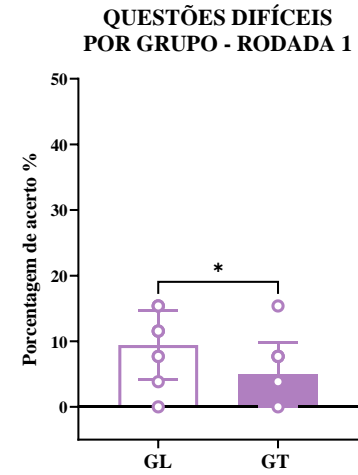
Na rodada 1, 11 questões do TM foram consideradas difíceis (Figura 21.A). Ao compararmos o desempenho dos grupos GL e GT nessas 11 questões, observamos um desempenho superior do grupo que realizou a leitura (Figura 21.B; $t(20) = 2.099$, $p= 0.0488$). Já na rodada 2, 14 questões obtiveram menos de 25% de acerto e foram consideradas difíceis (Figura 21.C). Ao comparar os grupos, observamos uma performance superior do GT (Figura 21.D; $U= 56$; $p= 0.0490$). Entretanto, quando agrupamos as rodadas o efeito desaparece (Figura 21.E; $U= 310$; $p= 0.9650$). Como os indivíduos do GL na rodada 1 são os mesmos do GT da rodada 2, é possível que o efeito observado não tenha relação com o teste e a leitura, mas sim

com o indivíduo. Em outras palavras, o estudante que acertou mais questões difíceis o fez independente do conteúdo e da prévia exposição à leitura ou teste.

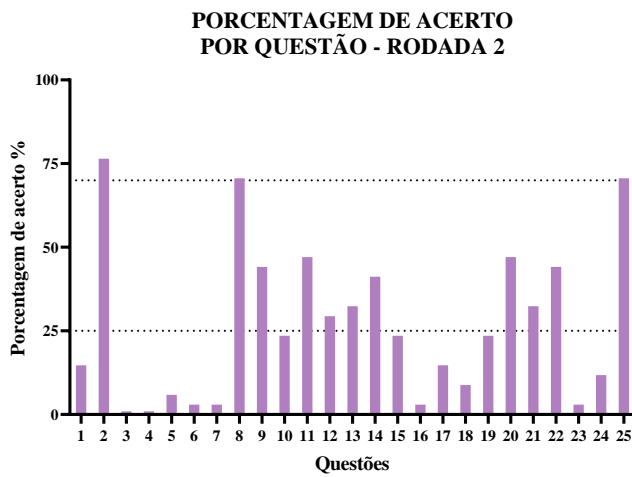
A



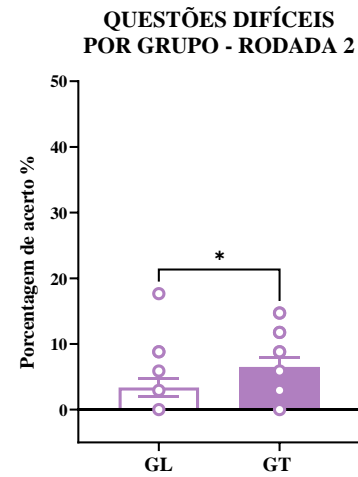
B



C



D



E

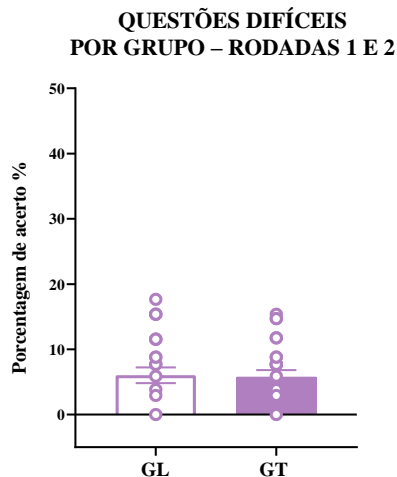


Figura 21. Desempenho em questões difíceis pelo GL e o GT.

5. DISCUSSÃO

Um objetivo importante das neurociências é desvendar como o cérebro retém ao longo do tempo numerosas vivências, enquanto promove o esquecimento ou o não armazenamento de outras informações. Sabe-se que nossas memórias não são entidades estáticas, mas, padrões neurais que se reativam e se modificam diante das experiências. Assim, um sistema mnemônico visa promover o equilíbrio entre a persistência e a flexibilidade da memória, podendo assim, adaptar, continuamente, o seu conteúdo para construir modelos cada vez mais precisos do mundo. Para fazer isso, o cérebro emprega a atualização da memória (MAU; HASSELMO; CAI, 2020; RICHARDS; FRANKLAND, 2017). Diante desse processo, questiona-se: fazer uso da flexibilidade da memória para incorporar novos conteúdos relacionados pode promover a aprendizagem de indivíduos no contexto educacional?

Na presente pesquisa testamos a hipótese de que no ambiente de sala de aula, a aquisição de conceitos complexos de neurofisiologia é beneficiada se o professor fizer a exposição deste dentro da janela de reconsolidação, desencadeada pelo teste. A fim de investigar essa hipótese, foi necessário, primeiro, definir os conceitos básicos e complexos adotados em cada rodada do experimento. Diante da percepção de uma amostra de docentes e monitores de neurofisiologia da UFMG, os conceitos de integração sináptica, cerebelo e núcleos da base foram considerados temas complexos da disciplina, e que exigem maior esforço para a sua apropriação. De fato, ao contrastar o desempenho individual dos participantes com relação ao conceito básico e o complexo, observamos uma performance inferior no TM (Figura 10). Em concordância com esse achado, um estudo conduzido por Colthorpe, Abe e Ainscough (2018) colheu a percepção de 231 estudantes de graduação e identificou que conteúdos provenientes do sistema motor somático foram classificados como os mais desafiadores para se aprender em Fisiologia. No mesmo estudo, participantes também atribuíram alto grau de complexidade à temas de neurotransmissão. Apesar da concordância entre essa investigação e a visão dos docentes e monitores da UFMG, o número de estudos dedicados a identificar o grau de complexidade de conceitos de neurofisiologia ainda é escasso. Pesquisas futuras com um número maior de participantes precisam ser aplicadas para averiguar se de fato os temas adotados como básicos e complexos no experimento que conduzimos são de fácil e difícil entendimento, respectivamente.

Múltiplos estudos foram capazes de mostrar que o conhecimento prévio de estudantes influencia significativamente a aquisição de novos conhecimentos relacionados, supostamente, porque fornece uma estrutura na qual as novas informações podem ser integradas (YE et. al,

2020; VAN KESTEREN et. al 2020; VAN KESTEREN; BENDAM; MEETER, 2018; BROD; WERKLE-BERGNER; SHING, 2013; DOCHY; DE RIJDT; DYCK, 2002). Apesar dessa compreensão, na presente pesquisa não encontramos indícios de que a realização do teste, comparada a leitura, produziu efeitos no desempenho dos participantes no TM (Figura 12). Diante desse resultado, pode-se sugerir que esse método não foi eficiente para, possivelmente, induzir a evocação do conteúdo básico e, assim, favorecer a aprendizagem de conceitos complexos de neurofisiologia pelo processo de reconsolidação, uma vez que não encontramos um melhor desempenho dos participantes nessa condição. Ampliar as investigações sobre a atualização da memória e permitir que achados de pesquisas neurocientíficas sirvam como subsídios para aprimorar a forma com a qual a Educação promove a reorganização cerebral e molda os nossos comportamentos é fundamental diante dos benefícios gerados por esse processo, atestados na literatura.

Quando bem-sucedida, a atualização da memória envolve a aquisição e o fortalecimento de informações atuais, enfraquecendo conteúdos ultrapassados ou diferenciando velhas e novas memórias, a fim de garantir que o traço mnemônico original possa ser “editado” (YE et. al, 2020). Estudos recentes, conseguiram demonstrar que o ato de evocar memórias previamente consolidadas não apenas pode gerar o aumento da retenção dessas informações ao longo tempo, mas também, inibir a interferência de memórias concorrentes, promovendo a modificação aprimorada da memória (VAN KESTEREN et. al 2020; ZEITHAMOVA; PRESTON, 2017; KARPICKE; ROEDIGER, 2008; HUPBACH et al., 2007).

Utilizando uma máquina de ressonância magnética funcional (fMRI), capaz de detectar indícios de integração da memória, Zeithamova & Preston (2017), mostraram que dois estímulos semanticamente relacionados foram codificados de forma mais rápida e precisa quando o segundo estímulo foi apresentado dentro do período de labilidade da memória do primeiro (30 minutos após a evocação) comparado a um intervalo de 24 horas entre a reativação do familiar e a apresentação do novo. Embora essa pesquisa não tenha mostrado uma sobreposição neuronal explícita das representações de memória (engramas incorporados), os resultados comportamentais e de imagem apontam que as memórias são conectadas quando são reativadas e adquiridas próximas no tempo, o que não ocorre para memórias evocadas e formadas dentro de um longo intervalo. Esse estudo demonstrou que a atualização da memória depende do período de labilidade induzido pela evocação e que é capaz de promover a codificação de memórias congruentes (ZEITHAMOVA; PRESTON, 2017).

Uma outra pesquisa, também sobre a atualização da memória, conduzida em um laboratório com 74 estudantes de graduação, visando investigar se memórias relacionadas

poderiam ser incorporadas pelo processo de reconsolidação, constatou que as informações novas apresentadas dentro do período de labilidade de um traço mnemônico reativado não só se conectaram, mas, se tornaram mais fortes, melhorando o desempenho de memória tanto para a memória original quanto para a nova memória incorporada. Esse resultado mostrou que ao se tornarem parte da mesma rede de conhecimentos, essas memórias têm uma probabilidade maior de serem reativadas em conjunto e a sua evocação poderia gerar um aumento da sua força e persistência ao longo do tempo (YETTON et al. 2019).

Diante dessas descobertas com relação a atualização da memória em laboratórios, estimular a investigação sobre esse processo também no cenário educacional poderia significar a criação e o uso de uma estratégia potencial capaz de favorecer desempenhos de estudantes.

Por serem conduzidos em um contexto “ecológico” de aprendizagem, experimentos na linha da Neurociência Educacional não permitem que o participante passe por múltiplas sessões de treino, tendo apenas a aula e seu momento de estudo extraclasse para se apropriar do conteúdo ministrado. Diferente de estudos que ocorrem em laboratórios, em sala de aula, para respeitar a dinâmica e o cronograma das aulas, o pesquisador, frequentemente, faz uso de tarefas que induzem a evocação da memória para inferir o aprendizado, como o teste (RUDY, 2014). Com o desenvolvimento do campo da Neurociência Educacional, novas tecnologias podem ser implementadas para expandir as possibilidades do pesquisador de se certificar de que o participante realmente aprendeu o conteúdo (BROCKINGTON et. al, 2018). Além dessa consideração sobre os parâmetros de aprendizagem, para as neurociências o desempenho de memória pode ser prejudicado quando a memória não se encontra acessível. Nesse cenário, o estudante teria aprendido o conteúdo, porém, por não ter dicas suficientes, ele pode não conseguir reativar a memória para o conteúdo alvo durante o teste (DUDAI, 2012).

No presente estudo, um indício de que os estudantes conseguiram reter e evocar mais informações sobre o conteúdo básico foi revelado por seu desempenho superior no teste comparado ao TM (Figura 10). Contudo, pelo fato de não terem sido encontradas diferenças no desempenho dos participantes entre as condições de leitura e de teste no TM, gera-se o questionamento de que mesmo reativando o conteúdo básico consolidado, durante o teste, essas memórias podem não ter entrado no seu período de labilidade, isto é, podem não ter se desestabilizado, impedindo a incorporação do conceito complexo ao conteúdo básico.

Estudos com humanos mostram que a realização de testes traz benefícios mais significativos à aprendizagem quando espaçadas ao longo do tempo (1 a 7 dias) comparadas a quando são conduzidas à curto prazo (5 minutos). Além disso, podem ser consideradas tarefas ideias, não somente para inferir o conhecimento do estudante em sala de aula, mas também para

fazer com que eles pratiquem lembrar por períodos duradouros, sem interferências, o que geralmente não ocorre enquanto estudam fora da sala de aula (ROEDIGER; ABEL, 2022; EKUNI; POMPEIA, 2020).

Ainda que esses achados relacionados ao tempo como uma variável fundamental para se ter ganhos de aprendizagem com o uso do teste tenham contribuído para a compreensão do efeito da testagem, diante do resultado alcançado pela presente pesquisa, não se sabe a eficácia dessa tarefa para fazer com que uma memória humana seja evocada e se torne desestabilizada, permitindo a sua atualização por meio de mecanismos de reconsolidação. Sendo assim, é preciso estudos adicionais para investigar se, no ambiente educacional, existem ou quais são as condições (*boundaries*) necessárias para que a atualização da memória ocorra.

Alguns achados sugerem que a evocação da memória nem sempre induz de forma confiável a desestabilização e a atualização do traço mnemônico via reconsolidação (HARDWICKE; TAQI; SHANKS, 2016; BUSTOS et al., 2010; WANG et al., 2009; SUZUKI et al., 2004;). Em um estudo em roedores, animais foram reapresentados ao contexto no qual adquiriram uma memória de medo por 3 minutos. Ao inibir a síntese proteica imediatamente após a sessão de reativação, a memória dos animais foi prejudicada, indicando que a inibição de síntese proteica após esse período de 3 minutos de evocação foi capaz de impedir a reconsolidação da memória desestabilizada pela evocação. Contudo, quando a reexposição do animal ao contexto em que adquiriu a memória de medo foi encurtada de 3 para 1 minuto, a memória não sofreu modificações, mesmo com a inibição da expressão gênica. Essa reexposição ao contexto por 1 minuto foi suficiente para que o animal evocasse a memória, uma vez que altos níveis de respostas comportamentais de medo, como o congelamento (*freezing*), foram observados. Sendo assim, a sessão de evocação de 1 minuto foi incapaz de tornar a memória lábil. Esta descoberta indicou que uma memória não é desestabilizada quando a duração da evocação é curta (SUZUKI et al., 2004) e que a duração do período de evocação é um fator altamente relevante para levar a desestabilização de uma memória (KIDA, 2020).

Um protocolo de 3 dias conduzido com 155 estudantes de graduação também evidenciou que a duração da sessão de evocação determina se uma memória de medo humana poderá ser modificada. Pesquisadores demonstraram que a duração de exposição a lembretes (dicas) de memória governa a suscetibilidade da memória a sofrer alterações. Diante de sessões de evocação curtas (1s e 4s) a resposta comportamental dos participantes se modificou, sugerindo que a memória de medo sofreu interferências e pôde ser atualizada. Em contraste, na ausência de lembretes ou diante de lembretes longos (30s e 3 min) a memória mostrou-se persistente e esse achado foi corroborado pela resposta comportamental dos participantes

durante o teste (HU et. al, 2018). A duração da sessão de evocação portanto, influencia a estabilidade da memória e pode ser um fator crítico para permitir a sua atualização (KIDA,2020; HU et. al, 2018; HARDWICKE; TAQI; SHANKS, 2016).

No presente estudo, a sessão de reativação durante o teste foi de 30 minutos, enquanto o TM teve duração de 1 hora. Embora na Educação testes e tarefas que induzem a evocação tenham a mesma duração (SOSA et. al, 2017), não se sabe o quanto cada estudante dedica verdadeiramente o seu tempo para reativar as memórias e responder as questões. Sendo assim, estudos na área da Neurociência Educacional, para averiguar se a duração da sessão de reativação é um fator determinante para desestabilizar uma memória são fundamentais. A partir dos resultados gerados, professores poderão aplicar o teste de forma eficiente, visando, não só promover efeitos de testagem, mas também, facilitar a aprendizagem e a incorporação de conceitos relacionados.

Estudos sobre a reconsolidação da memória com humanos e em modelos animais demonstraram que uma outra característica que poderia impedir que uma memória se tornasse lábil é a sua força (DE OLIVEIRA ALVARES; DO MONTE, 2021; KIDA, 2020; ZHANG et al., 2018; ELSEY; KINDT, 2017; WANG et. al, 2009; SUZUKI et al., 2004). Duas pesquisas demonstraram que uma memória de medo mais forte, gerada pelo aumento do número de choques nas patas de um roedor persistiram mesmo quando a expressão gênica foi inibida durante a reexposição do camundongo ao contexto por 3 minutos. Esta observação sugere que uma memória mais forte é protegida de desestabilização após a sua reativação por esta duração de reexposição. No entanto, quando a duração da reexposição foi estendida para 10 minutos, a inibição da expressão gênica desestabilizou a memória de medo. Esta observação sugere que uma sessão de evocação mais longa é necessária para desestabilizar uma memória de força maior (WANG et. al, 2009; SUZUKI et al., 2004).

Diferente de estudos conduzidos em modelos animais, o número de pesquisas com humanos com o intuito de avaliar a força da memória como uma possível condição para promover o processo de atualização, ainda é muito limitado. Contudo, em sua pesquisa, Soeter & Kindt (2015), demonstraram que memórias consideradas fortes só conseguiram ser desestabilizadas quando participantes receberam uma dose de 40mg de propranolol antes da sessão de reativação. Esse achado indica que por meio de interferências comportamentais, na ausência da intervenção farmacológica, essas memórias conseguiram ser mantidas sem sofrer modificações.

Memórias antigas persistem ao longo do tempo e, por isso, apresentam força maior. Para serem desestabilizadas requerem, além de um período maior de evocação, um grau de erro de

predição mais elevado (DE OLIVEIRA ALVARES; DO MONTE, 2021; TAY et. al, 2019 KIDA, 2020; CHEN et. al, 2020; SUZUKI et al., 2004). Sinclair e Barense (2019) propuseram que erros de predição são a característica principal para acionar o período de labilidade nas memórias. Usando dicas incompletas para induzir erros de predição, as pesquisadoras descobriram que ao interromper vídeos durante a evocação da memória a desestabilizava. Além disso, Sinclair et al. (2021) encontraram que tais erros de predição sinalizavam ao hipocampo para parar de fazer previsões internas (evocar) e alterar o seu padrão de ativação para adquirir e incorporar novas informações na memória original. Em concordância, outros estudos em humanos e animais de laboratório têm mostrado que, na ausência de erro de predição, a evocação não induz a desestabilização e a memória original permanece inalterada (DE OLIVEIRA ALVARES; DO MONTE, 2021; SINCLAIR E BARENSE, 2019).

Uma pesquisa laboratorial foi conduzida com 89 estudantes de graduação com a finalidade de averiguar se memórias de medo fracas e fortes precisariam de estímulos diferentes para se tornarem lábeis. Entre as métricas adotadas, os pesquisadores avaliaram a resposta de sobressalto (*startle response*) e a condutância da pele de participantes durante uma sessão de reativação. Os resultados encontrados evidenciaram que para gerar a atualização da memória é necessário que ocorra uma violação do que se é esperado, portanto, é necessário que haja erros de predição. Um outro achado é de que, diante de memórias de forças diferentes, o grau do erro de predição necessário para induzir a desestabilização da memória precisava ser proporcionalmente alterado. Sendo assim, diferentes níveis de erro de predição também são determinantes para fazer com que uma memória se desestabilize (CHEN et. al, 2020).

Considerando as condições aqui apresentadas (força e idade das memórias), que o erro de predição pode ser representado por novos conteúdos relacionados e que dicas incompletas (*incomplete reminders*) podem levar a erros de predição (SINCLAIR E BARENSE, 2019), é importante reflexionar se na presente pesquisa: (1) o conhecimento prévio dos participantes gerado por anos de ensino estruturado e gradual constitui uma rede de memórias com força elevada e por isso não pôde ser desestabilizada permitindo a incorporação do conteúdo complexo ao básico; (2) Se o teste do presente estudo apresentou dicas eficientes e desencadeou o grau de erro de predição necessário para induzir um processo de evocação capaz de desestabilizar as memórias sobre o conteúdo básico.

Nos atentando a essa segunda consideração mencionada, especificamente, um fator que se pode questionar é se o formato das questões aplicadas no teste pode ter impedido o processo de desestabilização e atualização da memória uma vez que nossos resultados não indicaram diferenças de desempenho entre o GL e o GT nos diferentes formatos de questão (Figura 15).

Apesar de estudos mostrarem o aumento da retenção ao longo do tempo de memórias evocadas por meio de testes compostos por questões de preencher as lacunas e de múltipla escolha (MOREIRA et al., 2019; JAEGER; EISENKRAEMER; STEIN, 2015), há evidências de que tarefas utilizando o formato de preencher as lacunas podem produzir baixo efeito de testagem (DE JONGE; TABBERS; RIKERS, 2015), pois não requerem a integração e a elaboração do conteúdo (KARPICKE; AUE, 2015). Além disso, foi constatado por estudos sobre a atualização memória humana, investigando mecanismos de reconsolidação, que alguns paradigmas podem melhorar a memória para a experiência original (efeito teste) enquanto outros permitem a incorporação de novas informações relacionadas (STEMERDING et. al, 2022; HARDWICKE; TAQI; SHANKSA, 2016). Sendo assim, um número maior de estudos que fazem uso dessa combinação de questões e, também, aqueles que adotam outros formatos, como a recordação livre (*free-recall*), são necessários a fim de avaliar o seu efeito não só na persistência do conteúdo evocado, mas, também, na atualização da memória.

Um outro ponto levantado pelos resultados encontrados na presente pesquisa é o efeito da natureza do conteúdo no desempenho dos participantes. Na rodada 1, os participantes foram apresentados aos temas de sinapse e integração sináptica, enquanto na rodada 2, aprenderam sobre a organização geral do sistema motor somático, cerebelo e núcleos da base. Em um dos resultados encontrados, observamos uma porcentagem maior de questões deixadas em branco na rodada 2 em comparação à rodada 1 (Figura 17.A). Além disso, ao investigar o mesmo parâmetro com relação ao desempenho no teste das duas rodadas, encontramos um número maior de questões em branco também no teste da rodada 2 (Figura 18). Em concordância, participantes demonstraram maior porcentagem de acerto no teste da rodada 1 (Figura 19.A). Evidenciamos, ainda, uma diferença de desempenho com relação a questões de múltipla escolha entre a rodada 1 e a rodada 2 (Figura 20.A). Como de forma geral, ou seja, independente do grupo em que o participante se encontrava, os estudantes apresentaram desempenho inferior nas questões de múltipla escolha na rodada 2 e diante desse conjunto de evidências, pode-se sugerir que os conteúdos sobre a organização geral do sistema motor somático, cerebelo e núcleos da base, configuraram temas mais desafiadores para a aprendizagem dos estudantes quando confrontados aos conceitos de sinapse e integração sináptica. Além disso, um argumento seria de que o conteúdo da primeira rodada, por ser menos complexo, pode ter favorecido o processamento de reconhecimento por familiaridade (*familiarity*), o que não foi observado para questões de evocação com dicas, associadas ao processamento mnemônico de recordação (*recollection*) (Figura 20.B). Mais estudos são necessários para compreender melhor quais tipos de processos mnemônicos de evocação podem resultar na modificação e na

atualização da memória e em que condições elas ocorrem (ROEDIGER; ABEL, 2022; DUDAI, 2012).

Um resultado encontrado com consistência nessa pesquisa foi de que diferenças individuais tem um papel importante no desempenho dos participantes. Uma análise de correlação por regressão linear mostrou que os participantes com melhor desempenho no teste, também demonstraram maior porcentagem de acerto no TM (Figura 11). Esse mesmo resultado foi observado em uma análise de correlação (Figura 14) entre os diferentes tipos de testes (TM e prova final do módulo de Neurofisiologia). Ainda corroborando com esses achados, o estudante que acertou mais questões difíceis o fez independente da realização do teste ou da leitura e do conteúdo apresentado (Figura 21). Esse conjunto de achados mostra que as diferentes condições (leitura ou teste), grau de dificuldade e formato das questões foram incapazes de gerar qualquer efeito no desempenho individual dos participantes e que novas pesquisas são necessárias para investigar a origem dessas diferenças dado que a capacidade de atualizar memórias pode depender de fatores como o conhecimento prévio.

Apesar de não constatada a facilitação da aquisição de conceitos complexos de neurofisiologia quando expostos dentro de uma possível janela de reconsolidação desencadeada pelo teste, o processo de atualização da memória tem um potencial particularmente importante para a Educação uma vez que ao permitir a incorporação de uma memória a outra pode levar a ampliação da rede de conhecimentos de um estudante, o que permitiria ao professor e ao estudante tirar vantagens de um ensino estruturado e gradativo. Além disso, “editar” uma memória possibilita a correção de conteúdos errôneos. Nesse cenário, o feedback oferecido pelo professor pode trazer novas informações a fim de atualizar uma memória falsa formada pelo estudante em algum momento de sua educação e permitir com este retenha o conteúdo apropriado ao longo do tempo (ROEDIGER; ABEL, 2022; TAY et. al, 2019). Portanto, é de crucial importância conduzir mais experimentos dentro dessa temática em sala de aula, com o propósito de oferecer dados fundamentados para que professores possam implementar, de forma confiável, estratégias que promovam a aprendizagem.

Por fim, vale ressaltar a necessidade de se estabelecer uma linguagem mediadora e construir um vínculo cada vez mais ativo entre a Neurociência e a Educação, dado que cada área é capaz de gerar e justificar conhecimentos a partir de suas métricas e objetivos, contribuindo de forma singular para compreensão da aprendizagem (AMARAL; GUERRA, 2022). Ao propor, em conjunto, novos caminhos para se conduzir a aprendizagem, será possível identificar problemas, melhorar a compreensão por meio de pesquisas rigorosas e desenvolver soluções e novas metodologias de ensino alinhadas as condições biológicas do aprendiz

(THOMAS; ANSARI; KNOWLAND, 2019). Essa proposta contribuirá para a construção de um novo olhar sobre o processo educativo e trará novos direcionamentos e significados para os fatores tradicionalmente estudados pelos futuros educadores (AMARAL; GUERRA, 2022).

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa mostrou que é necessário conduzir investigações adicionais sobre a eficácia do teste para gerar a desestabilização e a modificação da memória pela incorporação de novos conteúdos relacionados. Da mesma forma, é imperativo que novos estudos examinem a atualização da memória no contexto educacional com o intuito de identificar as condições necessárias para desencadear o período de labilidade e a modificação da memória evocada, uma vez que esses achados poderiam contribuir para atestar se de fato esse processo da memória é mediado por mecanismos de reconsolidação. Essas investigações poderiam oferecer aos professores a possibilidade de fazer o uso correto da janela de reconsolidação para promover a construção do conhecimento dos estudantes e oferecer meios para que eles desenvolvam processos de aprendizagem eficientes. Ainda, ficou evidente diante dos resultados que diferenças individuais precisam ser analisadas uma vez que produzem efeitos significativos no desempenho dos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.; GUERRA, L. **Olhando para o futuro da aprendizagem**. 2022.
- BARRETO, C. et al. A New Statistical Approach for fNIRS Hyperscanning to Predict Brain Activity of Preschoolers' Using Teacher's. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, 7 maio 2021.
- BEAR, Mark F.; PARADISO, Michael A.; CONNORS, Barry W. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 4 Porto Alegre: Artmed, 2017, 974 p.
- BEIN, O.; DUNCAN, K.; DAVACHI, L. Mnemonic prediction errors bias hippocampal states. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 3451, 10 jul. 2020.
- BROCKINGTON, G. et al. From the Laboratory to the Classroom: The Potential of Functional Near-Infrared Spectroscopy in Educational Neuroscience. **Frontiers in Psychology**, v. 9, p. 1840, 11 out. 2018.
- BROD, G.; WERKLE-BERGNER, M.; SHING, Y. L. The Influence of Prior Knowledge on Memory: A Developmental Cognitive Neuroscience Perspective. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 7, 2013.
- BUSTOS, S.G., GIACHERO, M., MALDONADO, H., MOLINA, V.A. Previous stress attenuates the susceptibility to Midazolam's disruptive effect on fear memory reconsolidation: influence of pre-reactivation D-cycloserine administration. 2010.
- CAREW, T. J.; MAGSAMEN, S. H. Neuroscience and Education: An Ideal Partnership for Producing Evidence-Based Solutions to Guide 21st Century Learning. **Neuron**, v. 67, p. 685–688, 2010.
- CARPENTER, S. K., PASHLER, H., VUL, E. What types of learning are enhanced by a cued recall test? **Psychon. Bull. Rev.** 13, 826–830, 2006.
- CARPENTER, S. K. Cue strength as a moderator of the testing effect: the benefits of elaborative retrieval. **J. Exp. Psychol. Learn. Memory Cogn.** 35, 1563–1569, 2009.
- CARPENTER, S.K., WILFORD, M.M., KORNELL, N., MULLANEY, K.M. Appearances can be deceiving: Instructor fluency increases perceptions of learning without increasing current learning. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 20(6), p. 1350–1356, 2013.
- CHAN, J. C. K., MEISSNER, C. A., & DAVIS, S. D. Retrieval potentiates new learning: A theoretical and meta-analytic review. **Psychological Bulletin**, v. 144(11), p.1111–1146, 2018.
- CHAN, J. C., MANLEY, K. D., & AHN, D. Does retrieval potentiate new learning when retrieval stops but new learning continues? **Journal of Memory and Language**, 2020.
- CHEN, L. et al. The role of intrinsic excitability in the evolution of memory: Significance in memory allocation, consolidation, and updating. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 173, p. 107266, set. 2020.

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

DE OLIVEIRA ALVARES L., DO-MONTE F. H. Understanding the dynamic and destiny of memories. **Neurosci Biobehav Rev.** 2021.

DEHAENE, S. **How we learn: why brains learn better than any machine ... for now.** New York, New York: Viking, 2020.

DE JONGE, M.; TABBERS, H. K.; RIKERS, R. M. J. P. The Effect of Testing on the Retention of Coherent and Incoherent Text Material. **Educational Psychology Review**, v. 27, n. 2, p. 305–315, jun. 2015.

DOCHY, F.; DE RIJDT, C.; DYCK, W. Cognitive Prerequisites and Learning: How Far Have We Progressed since Bloom? Implications for Educational Practice and Teaching. **Active Learning in Higher Education**, v. 3, n. 3, p. 265–284, nov. 2002.

DUDAI, Y. **Why Learning and Memory Should be Redefined (Or, An Agenda for Focused Reductionism) Concepts in Neuroscience**, 1992.

DUDAI Y. Memory, from A to Z. Keywords, Concepts, and Beyond. 332 pp., **Oxford University Press**, Oxford. 2002.

DUDAI, Y. THE NEUROBIOLOGY OF CONSOLIDATIONS, OR, HOW STABLE IS THE ENGRAM? **Annu. Rev. Psychol**, v. 55, p. 51–86, 2004.

DUDAI Y. The endless engram: Consolidations never end. **Annu. Rev. Neurosci.** 35, 227-247. 2012.

DUDAI, Yadin. Memory: It's all about representations. *In*: ROEDIGER III, Henry L.; DUDAI, Yadin; FITZPATRICK, Susan M. **Science of Memory: Concepts**. New York: Oxford University Press, 2007.

EBERSBACH, M.; FEIERABEND, M.; NAZARI, K. B. B. Comparing the effects of generating questions, testing, and restudying on students' long-term recall in university learning. **Applied Cognitive Psychology**, v. 34, n. 3, p. 724–736, maio 2020.

EICHENBAUM, H., YONELINAS, A.P., RANGANATH, C. The medial temporal lobe and recognition memory. **Annu. Rev. Neurosci.** 30, 123–152, 2007.

EKUNI, R.; POMPEIA, S. Prática de lembrar: a quais fatores os educadores devem se atentar? **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 24, p. e220284, 2020.

ELSEY, J.W.B., KINDT, M. Breaking boundaries: optimizing reconsolidation-based interventions for strong and old memories. **Learn. Mem.** 24, 472–479.2017.

FERBINTEANU, J. Memory systems 2018 – Towards a new paradigm. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 157, n. 1, p. 61–78, jan. 2019.

FRANKLAND, P. W.; JOSSELYN, S. A. Memory Allocation. **Neuropsychopharmacology**, v. 40, n. 1, p. 243–243, jan. 2015.

FRANKLAND P.W, JOSSELYN S.A, KÖHLER S. The neurobiological foundation of memory retrieval. **Nat Neurosci**. 2019

GAZZANIGA, M. S., IVRY, R. B. AND MANGUN, G. R. **Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind**. 5 ed. New York, NY: WW Norton, 2019.

GONZALEZ, M. C. et al. Recognition memory reconsolidation requires hippocampal Zif268. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 12 nov. 2019.

GUERRA, L. B. O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades. **Revista Interlocução**, v. 4, n. 4, p. 3–12, 2011.

HARDWICKE, T. E.; TAQI, M.; SHANKS, D. R. Postretrieval new learning does not reliably induce human memory updating via reconsolidation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 19, p. 5206–5211, 10 maio 2016.

HU, J. et al. Reminder duration determines threat memory modification in humans. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 8848, 11 jun. 2018.

HUPBACH, A., HARDT, O., GOMEZ, R., NADEL, L., 2008. The dynamics of memory: context-dependent updating. **Learn. Mem.** 15, 574–579.

IZQUIERDO, I. Memórias. **Estudos Avançados**, v. 3, n. 6, p. 89–112, 1989

IZQUIERDO, I. **Memória**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

JAEGER, A.; EISENKRAEMER, R. E.; STEIN, L. M. Test-enhanced learning in third-grade children. **Educational Psychology**, v. 35, n. 4, p. 513–521, 19 maio 2015.

KANDEL, E. R.; DUDAI, Y.; MAYFORD, M. R. **The molecular and systems biology of memory**Cell, 2014.

KANDEL, E.; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. **Princípios da neurociência**. Barueri: Manole, 2014.

KANDEL E.R., KOESTER J.D., MACK S.H., SIEGELBAUM S.A.(Eds.), **Principles of Neural Science**, 6e. McGraw Hill. 2021.

KARPICKE, J. D.; AUE, W. R. The Testing Effect Is Alive and Well with Complex Materials. **Educational Psychology Review**, v. 27, n. 2, p. 317–326, jun. 2015.

KARPICKE, J. D.; ROEDIGER, H. L. The Critical Importance of Retrieval for Learning. **Science**, v. 319, n. 5865, p. 966–968, 15 fev. 2008.

KARPICKE, J. D. Retrieval-based learning: a decade of progress. *Cognitive psychology of memory*. **Learning and memory: a comprehensive reference**, v. 2, p. 487–514, 2017.

KIBBLE, J. D.; JOHNSON, T. Are faculty predictions or item taxonomies useful for estimating the outcome of multiple-choice examinations? **Advances in Physiology Education**, v. 35, n. 4, p. 396–401, dez. 2011.

KIDA, S. Function and mechanisms of memory destabilization and reconsolidation after retrieval. **Proceedings of the Japan Academy, Series B**, v. 96, n. 3, p. 95–106, 11 mar. 2020.

LA ROSA, J. **Psicologia e Educação: o significado do aprender**. Porto Alegre: EDPUCRS, 2004.

LAU, J. M. H. et al. The role of neuronal excitability, allocation to an engram and memory linking in the behavioral generation of a false memory in mice. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 174, p. 107284, out. 2020.

LEE, J. L. C., NADER, K., AND SCHILLER, D. An update on memory reconsolidation updating. **Trends Cogn. Sci.** v. 21, p. 531–545, 2017.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2010.

LENT, R. **O cérebro aprendiz: Neuroplasticidade e Educação**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2019.

LINGARD, J. et al. Do students with well-aligned perceptions of question difficulty perform better? **Assessment & Evaluation in Higher Education**, v. 34, n. 6, p. 603–619, dez. 2009.

MADAR, A. D.; EWELL, L. A.; JONES, M. V. Pattern separation of spiketrains in hippocampal neurons. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 5282, 27 mar. 2019.

MAU, W.; HASSELMO, M. E.; CAI, D. J. The brain in motion: How ensemble fluidity drives memory-updating and flexibility. **eLife**, v. 9, p. e63550, 29 dez. 2020.

MCDANIEL, M. A. et al. Test-enhanced learning in a middle school science classroom: The effects of quiz frequency and placement. **Journal of Educational Psychology**, v. 103, n. 2, p. 399, 2011.

MICHAEL, J. What makes physiology hard for students to learn? Results of a faculty survey. **Advances in Physiology Education**, v. 31, n. 1, p. 34–40, jan. 2007.

MONFILS M.H, COWANSAGE K.K, KLANN E, LEDOUX J.E. Extinction-reconsolidation boundaries: key to persistent attenuation of fear memories. **Science**. 2009.

MONTALDI, D., MAYES, A.R. The role of recollection and familiarity in the functional differentiation of the medial temporal lobes. **Hippocampus**. 20, 2010.

MOSCOVITCH, Morris. Memory: Why the engram is elusive. *In*: ROEDIGER III, Henry L.; DUDAI, Yadin; FITZPATRICK, Susan M. **Science of Memory: Concepts**. New York: Oxford University Press, 2007. p. 17-21.

MOREIRA, B. F. T., PINTO, T. S. S., STARLING, D. S. V; JAEGER, A. Retrieval Practice in Classroom Settings: A Review of Applied Research. **Front. Educ**, 2019.

NADER K, SCHAFE GE, LE DOUX JE. Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. **Nature**. 2000.

NOGARO, A; BATTESTIN, C. Sentidos e contornos da inovação na educação. **Holos**, v.2, 2016.

OKU, A. Y. A.; SATO, J. R. Predicting Student Performance Using Machine Learning in fNIRS Data. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, 5 fev. 2021.

PEREZ, E. V. et al. Automatic classification of question difficulty level: Teachers' estimation vs. students' perception. **2012 Frontiers in Education Conference Proceedings**, out. 2012.

PHILLIPS, R. G.; LEDOUX, J. E. Differential contribution of amygdala and hippocampus to cued and contextual fear conditioning. **Behavioral Neuroscience**, v. 106, n. 2, p. 274–285, 1992.

PURVES, D. et al. **Neuroscience**. 6. ed. [s.l.] New York Oxford University Press, 2018.

RENOULT, L. et al. From Knowing to Remembering: The Semantic–Episodic Distinction. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 23, n. 12, p. 1041–1057, dez. 2019.

ROEDIGER, H. L.; KARPICKE, J. D. Test-enhanced learning: taking memory tests improves long-term retention. **Psychol. Sci.** 17, 249–255, 2006.

ROEDIGER, H. L.; ABEL, M. The double-edged sword of memory retrieval. **Nature Reviews Psychology**, v. 1, n. 12, p. 708–720, 17 out. 2022.

RICHARDS, B. A.; FRANKLAND, P. W. The Persistence and Transience of Memory. **Neuron**, v. 94, n. 6, p. 1071–1084, jun. 2017.

RUGG, M. D.; YONELINAS, A. P. Human recognition memory: a cognitive neuroscience perspective. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 7, n. 7, p. 313–319, jul. 2003.

RUGG, M. D.; CURRAN, T. Event-Related Potentials and Recognition Memory. **Trends in Cognitive Sciences**, 11, 251–257. 2007.

SANDRINI M., CARONNI A., CORBO M. Modulating Reconsolidation With Non-invasive Brain Stimulation-Where We Stand and Future Directions. **Front Psychol.** 2018

SCALICI, F.; CALTAGIRONE, C.; CARLESIMO, G. A. The contribution of different prefrontal cortex regions to recollection and familiarity: a review of fMRI data. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 83, p. 240–251, dez. 2017.

SCHACTER, D. L.; TULVING, E. **Memory Systems**. [s.l.] MIT Press, 1994.

SCHACTER, D. L., BENOIT, R. G., & SZPUNAR, K. K. (2017). Episodic future thinking: Mechanisms and functions. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, v. 17, p. 41–50, 2017.

SINCLAIR, A. H.; BARENSE, M. D. Prediction Error and Memory Reactivation: How Incomplete Reminders Drive Reconsolidation. **Trends in Neurosciences**, v. 42, n. 10, p. 727–739, out. 2019.

SINCLAIR, A. H. et al. Prediction errors disrupt hippocampal representations and update episodic memories. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 51, p. e2117625118, 21 dez. 2021.

SLOMINSKI, T.; GRINDBERG, S.; MOMSEN, J. Physiology is hard: a replication study of students' perceived learning difficulties. **Advances in Physiology Education**, v. 43, n. 2, p. 121–127, 1 jun. 2019.

SQUIRE, L. R. Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 82, n. 3, p. 171–177, 2004.

SMITH, M. A., KARPICKE, J. D. Retrieval practice with shortanswer, multiple-choice, and hybrid tests. **Memory**. v. 22, p. 784–802, 2014.

SOETER, M.; KINDT, M. An Abrupt Transformation of Phobic Behavior After a Post-Retrieval Amnesic Agent. **Biological Psychiatry**, v. 78, n. 12, p. 880–886, dez. 2015.

SOSA, P. M. et al. Active memory reactivation previous to the introduction of a new related content improves students' learning. **Advances in Physiology Education**, v. 42, n. 1, p. 75–78, 1 mar. 2018.

STARESINA, B. P.; WIMBER, M. A Neural Chronometry of Memory Recall. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 23, n. 12, p. 1071–1085, dez. 2019.

STEMERDING, L. E. et al. Demarcating the boundary conditions of memory reconsolidation: An unsuccessful replication. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 2285, 10 fev. 2022.

SUZUKI, A., JOSSELYN, S.A., FRANKLAND, P.W., MASUSHIGE, S., SILVA, A.J., KIDA, S., 2004. Memory reconsolidation and extinction have distinct temporal and biochemical signatures. *J. Neurosci.* 24, 4787–4795.

TAY K.R., FLAVELL C. R, CASSINI L., WIMBER M., LEE J.L.C. Postretrieval Relearning Strengthens Hippocampal Memories via Destabilization and Reconsolidation. **J Neurosci.** 2019

THOMAS, M. S. C.; ANSARI, D.; KNOWLAND, V. C. P. Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, v. 60, n. 4, p. 477–492, 2019.

TOLMIE, A. K. Educational neuroscience, and learning. *The SAGE Handbook of Curriculum, Pedagogy and Assessment.* **SAGE Publications Limited.** 2015.

TONEGAWA, S. et al. Memory Engram Cells Have Come of Age. **Neuron**, v. 87, n. 5, p. 918–931, 2015.

TRONSON, N. C.; TAYLOR, J. R. Molecular mechanisms of memory reconsolidation. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 8, n. 4, p. 262–275, abr. 2007.

VAN DE WATERING, G.; VAN DER RIJT, J. Teachers' and students' perceptions of assessments: A review and a study into the ability and accuracy of estimating the difficulty levels of assessment items. **Educational Research Review**, v. 1, n. 2, p. 133–147, jan. 2006.

VAN KESTEREN, M. T., RUITER, D. J., FERNANDEZ, G. & HENSON, R. N. How schema and novelty augment memory formation. **Trends Neurosci.** v. 35, p. 211–219, 2012.

VAN KESTEREN, M. T. R., KRABBENDAM, L. & MEETER, M. Integrating educational knowledge: reactivation of prior knowledge during educational learning enhances memory integration. **NPJ Science of Learning**. v. 3, p. 11, 2018.

WANG, S.H., DE OLIVEIRA ALVARES, L., NADER, K., 2009. Cellular and systems mechanisms of memory strength as a constraint on auditory fear reconsolidation. **Nat. Neurosci.** 12,905–912.

WILSON, EDWARD O. **Consiliência – A Unidade do Conhecimento**. Trad. Ivo Korytowski, Rio de Janeiro: Campus, 1999

YE, Z. et al. Retrieval practice facilitates memory updating by enhancing and differentiating medial prefrontal cortex representations. **eLife**, v. 9, p. e57023, 18 maio 2020

YETTON, B. D. et al. Human Memories Can Be Linked by Temporal Proximity. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 13, p. 315, 13 set. 2019.

YONELINAS, A. P., PARKS, C. M. Receiver operating characteristics (ROCs) in recognition memory: a review. **Psychol. Bull.** v. 133, p. 800–832, 2007.

YONELINAS, A.P., ALY, M., WANG, W.C., KOEN, J.D. Recollection and familiarity: examining controversial assumptions and new directions. **Hippocampus**. v. 20, 1178–1194, 2010.

ZEITHAMOVA, D.; PRESTON, A. R. Temporal Proximity Promotes Integration of Overlapping Events. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 29, n. 8, p. 1311–1323, 1 ago. 2017.

ZENTALL, T.R. Animals represent the past and the future. **Evol. Psychol.** 11, 573–590. 2013.

ZHANG, X., LI, B. Population coding of valence in the basolateral amygdala. **Nat. Commun.** 9, 5195. 2018.

ZINN, R., LEAKE, J., KRASNE, F.B., CORBIT, L.H., FANSELOW, M.S., VISSEL, B., 2020. Maladaptive properties of context-impooverished memories. **Curr. Biol.** 30, 2300–2311 e2306.

ANEXOS

ANEXO 1- QUESTIONÁRIO DE DADOS DEMOGRÁFICOS E ACADÊMICOS

- **Idade:** _____
- **Formação acadêmica (curso):** _____
- **Semestre:** _____

- **Qual é sua cor ou raça?**

- Amarela
- Branca
- Indígena
- Parda
- Preta
- Outra
- Prefiro não me classificar
- Prefiro não responder

Se responder “outra”, especifique qual: _____

- **Qual seu sexo?**

- Feminino
- Masculino
- Outro

Se responder “outra”, especifique qual: _____

- **Qual sua identidade de gênero?**

- Mulher cisgênero (1)
- Homem cisgênero (1)
- Mulher transexual/transgênero (2)
- Homem transexual/transgênero (2)
- Não binário (3)
- Outro
- Prefiro não me classificar
- Prefiro não responder

Se responder “outra”, especifique qual: _____

(1) Que se identifica com o sexo que lhe foi designado ao nascer

(2) Possui outra identidade de gênero, diferente da que lhe foi designada ao nascer

(3) Não definem sua identidade dentro do sistema binário homem mulher

ANEXO 2 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Uso da janela de reconsolidação pós-evocação como estratégia para melhorar o aprendizado

Pesquisador: Grace Schenatto Pereira Moraes

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 57695521.7.0000.5149

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.431.643

Apresentação do Projeto:

Segundo a pesquisadora: "Aprendizagem e memória são processos intimamente conectados. A aprendizagem é o meio pelo qual o conhecimento é formado, enquanto a memória é o processo de retenção desse conhecimento ao longo do tempo. Fisiologicamente, a memória pode envolver 3 fases essenciais: aquisição, consolidação e evocação, sendo a última delas a etapa na qual a informação é lembrada. A reativação de um traço de memória durante a evocação pode levar à sua desestabilização e com isso um intervalo de instabilidade da memória chamado de "janela de reconsolidação, que permite a edição e flexibilização de memórias pré existentes. Embora algumas pesquisas consigam demonstrar o efeito teste em laboratórios e no contexto educacional, investigações adicionais são necessárias a fim de avaliar os resultados desencadeados pelo uso do teste não só como forma de avaliação, mas, também, como metodologia de ensino aplicada continuamente. Principalmente, é necessário verificar se o uso da prática de lembrar pode levar a desestabilização de memórias evocadas, desencadeando a janela de reconsolidação e permitindo a incorporação de novos conceitos complexos e relacionados a conhecimentos prévios. Esse processo, então, pode ser verificado pela avaliação da retenção desses novos conceitos por meio do desempenho dos alunos em testes de memória. Essa proposta pode auxiliar, não só no entendimento dos mecanismos neurais envolvidos na aprendizagem, mas também, para ganhar insights sobre como a construção do conhecimento ocorre em humanos." Assim essa pesquisa se propõe a

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar 2 Sala 2005 2 Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.431.643

investigar se testes como estratégias de evocação e potenciais metodologias de ensino são capazes de provocar, de fato, a integração de novas informações à conhecimentos prévios durante a janela de reconsolidação.

A Metodologia Proposta se constituirá de:

INSTITUIÇÃO: Os dados serão coletados na Universidade Federal de Minas Gerais, durante a disciplina obrigatória Fisiologia Aplicada a Enfermagem (FIB028), ofertada aos alunos de graduação do curso de Enfermagem.

PARTICIPANTES: O perfil acadêmico e demográfico dos estudantes matriculados na disciplina será conhecido após o preenchimento de um questionário. Durante o experimento, os participantes serão divididos em 2 grupos, denominados no presente estudo como Grupo controle leitura (GCL) e Grupo prática de lembrar (GPL).

AULAS: A disciplina escolhida no presente estudo é Fisiologia Aplicada a Enfermagem. Os grupos GCL e GPL têm aula da disciplina 3 vez por semana. As aulas serão ministradas presencialmente e terão duração de 2 horas na segunda-feira e 3 horas na quarta e na sexta-feira. A professora da disciplina será a mesma. Para amenizar a influência da pesquisadora durante a coleta dos dados, ela frequentará as aulas como observadora.

Além disso, durante esse período de observação as aulas serão registradas.

EXPERIMENTO

Alunos matriculados na disciplina de Fisiologia Aplicada a Enfermagem no segundo semestre de 2022 participarão do experimento. Antes do início da etapa experimental, uma reunião com os participantes será realizada para que possam tomar conhecimento de todo o processo, esclarecer dúvidas e para assinar o termo de consentimento livre e esclarecido. No primeiro dia da fase experimental os estudantes assistirão a aula teórica, dentro do conteúdo programático da disciplina. Conceitos básicos sobre um tema específico serão apresentados nessa aula. No início da aula seguinte, que ocorrerá 2 dias depois, os estudantes serão distribuídos em 2 grupos, sendo a diferença entre eles a forma de induzir a evocação da memória: (Grupo controle leitura: GCL) fará a leitura de um texto curto e (Grupo prática de lembrar: GPL) realizará uma prática de lembrar composta por 5 questões de preencher lacunas e 5 questões de múltipla escolha, ambas sobre conceitos apresentados na aula anterior.

Um segundo teste será aplicado logo em seguida para os dois grupos. Esse teste será um quiz sobre um tópico aleatório não relacionado ao conteúdo da disciplina e tem por finalidade minimizar diferenças, que poderiam ser geradas durante a evocação ou pela antecipação do teste, em estados emocionais e atencionais entre os grupos. Dessa forma, como os dois grupos terão a

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 5.431.643

oportunidade de evocar informações previamente consolidadas, as diferenças de desempenho entre os grupos no teste de memória final poderão ser explicadas, não pelo ato de evocar em si e suas implicações, mas pela evocação da memória alvo (conceito básico). Os estudantes terão 30 minutos para realizar a leitura ou a prática de lembrar e o quiz. Imediatamente após o término do procedimento para induzir a evocação (leitura ou prática de lembrar e quiz sobre tópico aleatório), um novo conceito (NC) mais complexo e relacionado ao conteúdo básico, apresentado na primeira aula, será ministrado aos estudantes. Em seguida, a aula transcorrerá normalmente. Na aula subsequente, chamada de sessão de teste de memória (TM), será solicitado a todos os estudantes que respondam a uma pergunta e um quiz de 10 perguntas para estimar a compreensão dos alunos acerca do NC. Uma vez postulado que a prática de lembrar aumenta a retenção de conteúdos previamente consolidados e, assim, por si só poderia explicar um melhor desempenho em avaliações futuras, o TM incluirá somente os conceitos complexos ministrados na segunda aula e que não foram apresentados durante a prática de lembrar aos estudantes do grupo GPL. Assim a influência direta do efeito teste poderá ser minimizada e a diferença no desempenho dos grupos poderá indicar o uso da janela de reconsolidação para a integração de conceitos relacionados. Esse mesmo procedimento será repetido por mais 1 vez, porém com outro conteúdo básico e NC. Para expor todos os estudantes às mesmas condições, os grupos serão invertidos na segunda rodada.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar se o uso da janela de reconsolidação da memória beneficia o aprendizado de conceitos complexos.

Objetivo Secundário:

- Verificar o efeito teste em amostra de estudantes de graduação da UFMG;
- Avaliar a eficiência da aplicação da prática de lembrar para aquisição de conceitos de neurofisiologia.
- Avaliar o desempenho dos estudantes no teste de memória acerca do novo conceito.
- Desenvolver ferramentas didáticas para o uso do efeito do teste.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A pesquisa apresenta riscos mínimos aos seus participantes, ou seja, o risco na saúde mental ou

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar 2, Sala 2005 2, Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.431.643

física dos alunos será similar àquele que eles normalmente encontram em seu dia a dia uma vez que não há introdução de periculosidade à vida dos participantes. A pesquisa não deve gerar constrangimentos. Caso haja algum desconforto, pretende-se reforçar a garantia de manutenção do sigilo e da privacidade dos participantes durante todas as fases da pesquisa, certificando-os de que os dados dos testes de conhecimento não serão publicados, sendo manipulados exclusivamente pelos pesquisadores. Os testes aplicados no início de cada aula ocorrerão por um período mínimo para que não haja interferência na dinâmica da disciplina, permitindo que o novo conteúdo seja ministrado, após o teste, em tempo hábil e garantindo, assim, o contato necessário do participante com o novo conteúdo.

Benefícios:

AA pesquisa contribuirá para compreender o efeito provocado pelo uso do teste como metodologia didática e suas implicações nos processos mnemônicos relacionados à construção e a ampliação da rede de conhecimentos de estudantes, aprimorando a relação entre práticas de ensino e o funcionamento do cérebro. Para o participante, oferece a oportunidade de melhorar seu desempenho acadêmico ou profissional a partir do uso de estratégias de evocação durante o período de estudo, podendo levar a facilitação e a melhora da aprendizagem. Para ciência, pretende-se contribuir para fortalecer o elo entre as neurociências e a educação, expandindo conhecimentos sobre a relação entre metodologias de ensino e o funcionamento do cérebro. Para sociedade, oferece a oportunidade de aprimorar práticas pedagógicas, contribuindo para elevar a eficiência e os padrões educacionais.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de pesquisa, de relevância para a área de educação, vinculado ao Programa de Pós graduação em Neurociências da UFMG com início previsto para o segundo semestre letivo / 2022, da UFMG .

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados:

Folha de rosto devidamente preenchida; parecer consubstanciado e aprovação do departamento da pesquisadora; projeto de pesquisa; TCLE devidamente elaborado; termo de compromisso das pesquisadoras;

Recomendações:

Recomenda-se a aprovação do projeto de pesquisa.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 *í* 2º. Andar *í* Sala 2005 *í* Campus Pampulha

Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3409-4592

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**



Continuação do Parecer: 5.431.643

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Somos favoráveis à aprovação do projeto da pesquisadora Uso da janela de reconsolidação pós-evocação como estratégia para melhorar o aprendizado responsável Profa. Dra. Grace Schenatto Pereira Moraes

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado conforme parecer.

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o COEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1827721.pdf	08/04/2022 16:20:48		Aceito
Outros	Aprovacao_Parecer.pdf	08/04/2022 16:14:15	Elisa Michelstaedter Brochado	Aceito
Outros	Parecer_Consubstanciado.pdf	08/04/2022 16:08:51	Elisa Michelstaedter Brochado	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_SEI_UFMG.pdf	05/04/2022 18:38:38	Elisa Michelstaedter Brochado	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado_Plataforma_Brasil_2.pdf	05/04/2022 18:36:22	Elisa Michelstaedter Brochado	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	05/04/2022 18:28:34	Elisa Michelstaedter Brochado	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Compromisso.pdf	08/10/2021 18:47:07	Grace Schenatto Pereira Moraes	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 5.431.643

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 27 de Maio de 2022

Assinado por:

Críssia Carem Paiva Fontainha
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 - 2º. Andar - Sala 2005 - Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

ANEXO 3 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **“Uso da janela de reconsolidação pós-evocação como estratégia para melhorar o aprendizado”**. Pedimos a sua autorização para a coleta de respostas em testes de conhecimento sobre os conteúdos sobre memória e aprendizagem apresentados durante a disciplina. A utilização destes dados está vinculada somente a este projeto de pesquisa ou se Sr. (a) concordar em outros futuros. Nesta pesquisa pretendemos **avaliar se a introdução de um novo conteúdo, relacionado ao da aula anterior, após o uso do teste, desencadeia uma melhora na aprendizagem de conceitos complexos**. Para esta pesquisa realizaremos atividades comuns a sala de aula, adotando os seguintes procedimentos: **Participantes assistirão a primeira aula da disciplina. No início da aula seguinte, a leitura de um texto ou um teste contendo questões de preencher as lacunas e de múltipla escolha sobre os conceitos da primeira aula será aplicado. A seguir, os participantes realizarão um quiz sobre um tema não relacionado ao conteúdo da aula e, logo em seguida, um novo conceito será apresentado. Participantes terão 30 minutos para a realização do quiz e do teste ou da leitura. Na aula seguinte, um teste de memória será aplicado para verificar a compreensão sobre o novo conceito. Esse procedimento se repetirá por mais uma rodada e os participantes que fizeram a leitura na primeira rodada, realizarão o teste de preencher as lacunas e de múltipla escolha na segunda rodada. Da mesma forma, participantes que realizaram o teste na primeira rodada farão a leitura na rodada seguinte. Todos os participantes realizarão o teste de memória nas duas rodadas. Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos, ou seja, o risco a sua saúde mental ou física será similar àquele que você encontra normalmente em seu dia a dia, visto que a pesquisa não introduz periculosidade à vida dos participantes. A pesquisa não deve incomodar e nem gerar constrangimentos. Caso haja algum desconforto, comunique aos pesquisadores, para que os devidos ajustes sejam realizados, visando a minimização do distúrbio. O participante terá a garantia de sigilo e privacidade durante todas as fases da pesquisa. A pesquisa pretende manter um ambiente seguro e a dinâmica normal de sala de aula. Todo o procedimento será realizado dentro do período normal de aula. A pesquisa contribuirá para o entendimento do efeito provocado pelo uso do teste como metodologia didática e suas implicações nos processos mnemônicos (de memória) relacionados à construção e à ampliação do conhecimento, aprimorando a relação entre práticas de ensino e o funcionamento do cérebro. Os resultados desta pesquisa, contribuirão para compreender se a introdução de novos conteúdos relacionados à conteúdos previamente ministrados após o uso do teste como estratégia de evocação, gera a integração da memória e uma melhora na aprendizagem no contexto educacional.**

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

Para participar deste estudo o Sr. (a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. O Sr. (a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar a qualquer tempo e sem quaisquer prejuízos, pode retirar o consentimento de guarda e utilização das respostas nos testes de conhecimento armazenadas nos arquivos da pesquisa, valendo a desistência a partir da data de formalização desta. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr. (a) é atendido (a) pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa, a partir de suas respostas em testes de conhecimento, estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O (A) Sr. (a) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no **Núcleo de Neurociências da UFMG**, e a outra será fornecida ao Sr. (a). Os dados, materiais e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos (**ou até 10 (dez) anos**) na sala 168, bloco A4, do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções N° 466/12do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa **“Uso da janela de reconsolidação pós-evocação como estratégia para melhorar o aprendizado”**, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

() Concordo que as minhas respostas em testes de conhecimento sejam utilizadas somente para esta pesquisa.

() Concordo que as minhas respostas nos testes de conhecimento possam ser utilizadas em outras pesquisas, mas serei comunicado pelo pesquisador novamente e assinarei outro termo de consentimento livre e esclarecido que explique para que será utilizado o material.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Nome completo do participante Data

Assinatura do participante

Nome completo do Pesquisador Responsável: Prof. Dra. Grace Schenatto Pereira Moraes
Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – ICB – Bloco A4, sala 168
CEP: 31270-901 / Belo Horizonte – MG
Telefones: (31) 3409-2927
E-mail: graceschenatto@gmail.com

Assinatura do pesquisador responsável Data

Nome completo do Pesquisador: Elisa Michelstaedter Brochado
Telefones: (31) 999416957
E-mail: elisambrochado@gmail.com

Assinatura do pesquisador (mestranda) Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.
Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.
E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

ANEXO 4 - QUESTIONÁRIOS SOBRE A DIFICULDADE DE APRENDIZAGEM EM FÍSIOLOGIA NA PERCEPÇÃO DE DOCENTES

Por que fisiologia é difícil?

Na perspectiva de professores e professoras.

* Required

Você é professor(a) de Fisiologia? *

Sim

Não

Há quanto tempo (anos ou meses) você é professor(a) de Fisiologia?

Your answer

Você considera Fisiologia um curso/disciplina difícil para os (as) alunos (as) aprenderem? *

Sim

Não

Se você respondeu sim, por que a fisiologia é difícil para os (as) alunos (as) aprenderem?

Your answer

Na sua experiência como professor(a), o que torna a fisiologia difícil para os (as) alunos (as) aprenderem?

que **estudantes** aprendam, assinale: 1) discordo totalmente; 2) discordo; 3) indiferente (ou neutro); 4) concordo e 5) concordo totalmente.

A compreensão da fisiologia é baseada (construída sobre) em conceitos da física, da química, da biologia ou da matemática.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Os fenômenos fisiológicos precisam ser compreendidos em diferentes níveis organizacionais de forma simultânea (do molecular ao sistêmico).

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Compreender fisiologia requer a capacidade de raciocinar em termos de causa e efeito.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Compreender fisiologia requer a capacidade de entender e pensar sobre sistemas dinâmicos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Grande parte do entendimento dos mecanismos fisiológicos é comunicado graficamente ou de outras formas matemáticas.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Termos usados na fisiologia têm significados coloquiais distintos, dificultando a sua compreensão científica (ex: habituação, discriminação, potencial).

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

A disciplina de fisiologia apresenta um grande volume de informações.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

A fisiologia requer conhecimento e memorização de termos técnicos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Muitos alunos por turma dificulta o ensino do conteúdo.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Os livros didáticos são tipicamente compêndios descritivos de fatos e não abordam descrições mecanicistas de fenômenos ou conceitos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Professores não fazem um bom trabalho ao definir e comunicar os objetivos de desempenho de aprendizagem (o que os alunos devem ser capazes de fazer).

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Professores adotam a linguagem de forma imprecisa, usando gírias, jargões e siglas.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes acreditam que “aprender” é a mesma coisa que “memorizar”.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes armazenam conceitos de forma isolada ou compartimentalizada, deixando de procurar, ou ver, semelhanças entre sistemas ou fenômenos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes não conseguem integrar informações ensinadas no final do curso ao conteúdo ministrado no início da disciplina.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes assumem que TODAS as respostas fisiológicas devem beneficiar o organismo.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes tendem a ignorar gráficos, tabelas e figuras e, quando tentam usá-los, não entendem o significado ali encontrado.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes não têm o hábito de estudar.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Há falta de tempo para estudar devido às muitas exigências das atividades curriculares.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Que outros fatores podem contribuir para a dificuldade dos estudantes em aprender fisiologia?

Your answer

Sobre a disciplina de Neurofisiologia, responda:

Durante a sua experiência como professor (a), quais dos temas abaixo ofereceram maior dificuldade para que seus alunos (as) pudessem aprender? (Selecione até 3 temas)

- Potencial de ação
- Sinapse
- Contração Muscular
- Receptores Sensoriais
- Neurofisiologia da Dor
- Reflexos Somáticos
- Vias descendentes
- Audição
- Visão
- Sistema Neurovegetativo (SNA)
- Emoção
- Memória
- Sono
- Núcleos da Base
- Cerebelo
- Planejamento de movimentos voluntários pelo córtex

A quais fatores, especificamente, você atribuiu a complexidade do(s) tema(s) selecionado(s) acima?

Your answer

Quais são os conceitos mais básicos (de fácil compreensão) dentro de cada tema selecionado acima?

Your answer

Quais são os conceitos mais complexos (de difícil compreensão) dentro de cada tema selecionado acima?

Your answer

Dentre os temas selecionados acima, qual oferece maior dificuldade para que estudantes aprendam?

Your answer

Você tem alguma sugestão de pergunta para identificar os fatores que aumentam a dificuldade de aprendizagem de fisiologia?

Your answer

ANEXO 5 - QUESTIONÁRIOS SOBRE A DIFICULDADE DE APRENDIZAGEM EM FISIOLOGIA NA PERCEPÇÃO DE MONITORES

Por que fisiologia é difícil?

Na perspectiva de estudantes.

* Required

Curso *

Your answer

Período ou semestre *

Your answer

Você já cursou a disciplina de Fisiologia? *

Sim

Não

Você é monitor de Fisiologia? *

Sim

Não

Durante a sua experiência, quais foram os temas de fisiologia mais procurados pelos estudantes que solicitaram a monitoria?

Your answer

Você considera Fisiologia uma disciplina difícil de se aprender? *

Sim

Não

Se você respondeu sim, por que a fisiologia é difícil de se aprender?

Your answer

Na sua experiência como estudante, o que torna a fisiologia difícil de se aprender?

Com relação aos fatores que tornam a disciplina de fisiologia difícil para que estudantes aprendam, assinale: 1) discordo totalmente; 2) discordo; 3) indiferente (ou neutro); 4) concordo e 5) concordo totalmente.

A compreensão da fisiologia é baseada (construída sobre) em conceitos da física, da química, da biologia ou da matemática.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Os fenômenos fisiológicos precisam ser compreendidos em diferentes níveis organizacionais de forma simultânea (do molecular ao sistêmico).

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Compreender fisiologia requer a capacidade de raciocinar em termos de causa e efeito.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Compreender fisiologia requer a capacidade de entender e pensar sobre sistemas dinâmicos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Grande parte do entendimento dos mecanismos fisiológicos é comunicado graficamente ou de outras formas matemáticas.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Termos usados na fisiologia têm significados coloquiais distintos, dificultando a sua compreensão científica (ex: habituação, discriminação, potencial).

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

A disciplina de fisiologia apresenta um grande volume de informações.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

A fisiologia requer conhecimento e memorização de termos técnicos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Muitos alunos por turma dificulta o ensino do conteúdo.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Os livros didáticos são tipicamente compêndios descritivos de fatos e não abordam descrições mecanicistas de fenômenos ou conceitos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Quais são os conceitos mais complexos (de difícil compreensão) dentro de cada tema selecionado acima?

Your answer

Dentre os temas selecionados acima, qual ofereceu maior dificuldade para que você aprendesse durante a disciplina de Neurofisiologia?

Your answer

Você tem alguma sugestão de pergunta para identificar os fatores que aumentam

Your answer

Professores não fazem um bom trabalho ao definir e comunicar os objetivos de desempenho de aprendizagem (o que os alunos devem ser capazes de fazer).

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Professores adotam a linguagem de forma imprecisa, usando gírias, jargões e siglas.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes acreditam que “aprender” é a mesma coisa que “memorizar”.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes armazenam conceitos de forma isolada ou compartimentalizada, deixando de procurar, ou ver, semelhanças entre sistemas ou fenômenos.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes não conseguem integrar informações ensinadas no final do curso ao conteúdo ministrado no início da disciplina.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes assumem que TODAS as respostas fisiológicas devem beneficiar o organismo.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes tendem a ignorar gráficos, tabelas e figuras e, quando tentam usá-los, não entendem o significado ali encontrado.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Estudantes não têm o hábito de estudar.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Há falta de tempo para estudar devido às muitas exigências das atividades curriculares.

Discordo totalmente

1

2

3

4

5

Concordo totalmente

Quais outros fatores podem contribuir para que Fisiologia seja uma disciplina difícil de se aprender?

Your answer

Sobre a disciplina ou o módulo de Neurofisiologia, responda:

Você já cursou a disciplina ou o módulo de Neurofisiologia? *

Sim

Não

Durante a sua experiência como estudante na disciplina de Neurofisiologia, quais dos temas abaixo foram mais difíceis de se aprender? (Selecione até 3 temas)

- Biofísica de Membrana
- Células Excitáveis
- Contração Muscular
- Receptores Sensoriais
- Neurofisiologia da Dor
- Reflexos Somáticos
- Controle da Motricidade Voluntária
- Audição
- Visão
- Sistema Neurovegetativo (SNA)
- Emoção
- Memória
- Sono

A quais fatores, especificamente, você atribuiu a complexidade dos tema(s) selecionado(s) acima?

Your answer

Quais são os conceitos mais básicos (de fácil compreensão) dentro de cada tema selecionado acima?

Your answer

ANEXO 6 – TEXTO PARA LEITURA DO GL NA RODADA 1

SINAPSE

A comunicação entre os neurônios é necessária para a função cerebral e a qualidade dessa comunicação permite que as redes neurais conectadas atuem de maneira dinâmica. As interações funcionais entre os neurônios ocorrem em regiões celulares anatomicamente identificáveis chamadas sinapses. Com algumas exceções, os componentes estruturais envolvidos na comunicação entre neurônios consistem em: (1) os terminais pré-sinápticos, (2) os terminais pós-sinápticos, e (3) uma estrutura que conecta os dois neurônios (zona de aposição). Com base na estrutura que permite a comunicação entre os neurônios, as sinapses são categorizadas em dois grandes tipos: elétrica e química.

Nas sinapses elétricas, a corrente gerada por um potencial de ação no neurônio pré-sináptico entra diretamente na célula pós-sináptica através de aglomerados de proteínas estruturantes que se encontram fisicamente conectadas ao citoplasma das duas células, denominadas junções comunicantes. Cada junção comunicante consiste em um par de canais iônicos especiais, um localizado no terminal pré-sináptico e o outro na membrana celular pós-sináptica, chamados de conexons. Esses canais iônicos são formados por seis subunidades proteicas, as conexinas, e formam uma ponte contínua entre as duas células. O poro do canal tem um grande diâmetro e não discrimina entre íons inorgânicos e pequenas moléculas orgânicas.

Nas sinapses elétricas, um potencial de ação gerado na fibra pré-sináptica produz um potencial pós-sináptico despolarizante que muitas vezes excede o limiar para disparar um potencial de ação. Uma característica da transmissão elétrica é que ela geralmente ocorre de forma bidirecional. Além disso, a mudança no potencial da célula pós-sináptica é diretamente relacionada ao tamanho e a forma da mudança no potencial da célula pré-sináptica. Mesmo quando uma corrente despolarizante fraca e subliminar é injetada no neurônio pré-sináptico, alguma corrente entra no neurônio pós-sináptico e o despolariza. A maioria das sinapses elétricas, assim como as sinapses químicas, pode transmitir tanto correntes hiperpolarizantes quanto despolarizantes.

Uma característica singular da transmissão sináptica elétrica, porém, é que esta não requer um mensageiro químico e, por isso, é rápida, viabilizando a passagem direta de correntes entre as células. A velocidade é importante para respostas de fuga, além de permitir a sincronização do disparo de grupos de neurônios interconectados. Sendo assim, o atraso sináptico (o tempo entre o pico pré-sináptico e o potencial pós-sináptico) é notavelmente curto. Apenas uma corrente passando diretamente de uma célula para outra pode produzir uma transmissão quase instantânea.

Diferente das sinapses elétricas, nas sinapses químicas, não há continuidade estrutural entre os neurônios pré e pós-sináptico. Na verdade, o espaço entre as duas células em uma sinapse química, conhecido como fenda sináptica, mede entre 20 e 50 nm e é ocupado por uma matriz proteica adesiva que favorece não só a fixação das duas células, mas também a difusão de moléculas de um neurônio a outro.

A informação que chega ao terminal pré-sináptico vem na forma de potenciais de ação propagados pelo axônio. Como a larga fenda sináptica impede a passagem direta de correntes

iônicas para a célula pós-sináptica, ocorre a conversão da informação elétrica, conduzida pelos potenciais de ação, em informação química. Quando o potencial de ação chega ao terminal axonal pré-sináptico, ativa canais de Ca^{2+} dependentes de voltagem, permitindo grande influxo de Ca^{2+} . O aumento intracelular da concentração de Ca^{2+} desencadeia uma reação bioquímica que faz com que pequenas esférulas de cerca de 50 nm de diâmetro, muito numerosas, as vesículas sinápticas, se fundam à membrana pré-sináptica e liberem substâncias químicas, chamadas de neurotransmissores na fenda sináptica, um processo denominado exocitose.

Na maioria das sinapses químicas, o neurotransmissor é liberado por dilatações especializadas presentes no terminal pré-sináptico, os botões sinápticos, que normalmente contêm de 100 a 200 vesículas. Cada uma dessas vesículas comporta milhares de moléculas de neurotransmissores e estão agrupadas nas regiões do botão sináptico, chamadas zonas ativas. As moléculas do neurotransmissor uma vez liberadas pelo terminal pré-sináptico, difundem-se até a membrana pós-sináptica, levando o sinal, onde poderá ocorrer a reconversão da informação química para informação de natureza elétrica. Ao alcançar a membrana pós-sináptica, o neurotransmissor é detectado por moléculas que regulam a abertura e o fechamento de canais iônicos, denominadas receptores.

Os receptores podem ser classificados em dois grupos dependendo de como regulam os canais iônicos na célula pós-sináptica. Um tipo, o receptor ionotrópico, é um canal iônico ativado por ligantes. O neurotransmissor, ao se acoplar ao receptor, desencadeia uma mudança conformacional que abre o poro do canal, gerando uma corrente pós-sináptica. Receptores ionotrópicos permitem que o processo de sinalização seja rápido no sistema nervoso. O segundo tipo, o receptor metabotrópico, atua indiretamente nos canais iônicos, ativando vias de sinalização metabólica intracelulares, levando à síntese de segundos mensageiros, como o AMPc, que regula níveis de fosforilação de proteínas.

Os dois tipos de receptores podem resultar em potenciais pós-sinápticos excitatórios ou inibitórios. No primeiro caso, o resultado da transmissão é um potencial pós-sináptico despolarizante, que tende a aproximar o potencial de repouso do nível limiar da zona de disparo, onde se origina o potencial de ação, que logo é propagado ao longo do axônio. Fica, então, mais fácil a ocorrência de potenciais de ação no neurônio pós-sináptico, e por isso se diz que ele foi excitado. No caso das sinapses inibitórias acontece o oposto: o resultado da transmissão é um potencial pós-sináptico hiperpolarizante, que afasta o potencial de repouso do limiar da zona de disparo do neurônio. Fica mais difícil para o neurônio pós-sináptico, neste caso, produzir potenciais de ação. Por isso, diz-se que ele foi inibido. O sinal gerado na sinapse depende, não da identidade do neurotransmissor, mas, das propriedades do receptor com o qual o neurotransmissor interage.

O potencial pós-sináptico pode alterar a atividade elétrica da célula alvo, fazendo com que esse neurônio produza mais ou menos potenciais de ação que serão propagados até uma terceira célula, onde o processo se repetirá. A dupla conversão de informação, do modo elétrico para o modo químico e outra vez para o modo elétrico, permite que haja interferência sobre o seu “conteúdo” na própria sinapse, isto é, a informação pode ser modificada de um neurônio para o outro. As várias etapas da transmissão são responsáveis pelo atraso sináptico nas sinapses químicas. Apesar de sua complexidade bioquímica, o processo de comunicação é notavelmente eficiente - o atraso sináptico é geralmente de 1-5 ms ou menos. Embora unidirecional e mais lenta do que a transmissão sináptica elétrica, a transmissão química permite a amplificação do

potencial de ação pré-sináptico. Apenas uma vesícula sináptica libera milhares de moléculas de neurotransmissor que juntas podem abrir milhares de canais iônicos na célula-alvo.

Além de ampliar o sinal, a comunicação entre neurônios pode diminuir ou até mesmo bloquear a atividade do neurônio pós-sináptico. Nesse caso, os potenciais de ação que chegam ao terminal pré-sináptico nem sempre provocam a liberação de neurotransmissor em quantidade capaz de provocar exatamente a mesma atividade no neurônio pós-sináptico. A informação que emerge de um neurônio quase sempre é diferente da que ele recebe de outro neurônio. Esse é justamente o grande passo adaptativo possibilitado pela sinapse química, em relação a sinapse elétrica: a capacidade de modular a informação transmitida entre as células nervosas, como um verdadeiro microcomputador biológico.

Um exemplo de transmissão química é a sinapse colinérgica. Após a chegada dos potenciais de ação aos terminais axonais ocorre a ativação de canais de Ca^{2+} dependentes de voltagem, promovendo a entrada de Ca^{2+} na célula e a fusão das vesículas na membrana pré-sináptica. Em seguida, o neurotransmissor acetilcolina (ACh) é liberado na fenda sináptica. Seguindo o gradiente químico, a ACh difunde-se em direção a membrana pós-sináptica, onde liga-se a moléculas receptoras. Um potencial pós-sináptico é gerado, despolarizando ou hiperpolarizando a membrana pós-sináptica. A sinalização colinérgica é interrompida pela enzima acetilcolinesterase, localizada na fenda sináptica, que inativa a ACh liberada no processo de exocitose, quebrando-a em acetato e colina. Enquanto o acetato se difunde no meio extracelular para ser utilizado em diferentes vias bioquímicas, a colina é recaptada para o interior do terminal colinérgico por transportadores específicos e reutilizada na síntese de acetilcolina.

ANEXO 7 - TEXTOS PARA LEITURA DO GL NA RODADA 2

ORGANIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA MOTOR SOMÁTICO

O sistema motor somático é responsável por planejar, controlar e executar movimentos. Os circuitos neurais responsáveis pelo controle motor possuem diferentes níveis de organização funcional e podem ser divididos em quatro subsistemas distintos, mas altamente interativos. O primeiro desses subsistemas é o circuito local dentro da matéria cinzenta da medula espinal e do tegmento no tronco encefálico. Os neurônios dos circuitos locais recebem *input* sensorial, assim como projeções descendentes de centros superiores e são a principal fonte de aferências sinápticas para os neurônios motores inferiores. Todos os comandos para o movimento são em última análise conduzidos para os músculos por meio da atividade dos motoneurônios inferiores. Dessa forma, esses neurônios compreendem a “via final comum” para iniciar o movimento.

O segundo subsistema motor, chamado de sistemas descendentes, consiste em neurônios cujos corpos celulares se encontram no tronco encefálico ou no córtex cerebral (o córtex motor). Os axônios desses neurônios de ordem superior ou neurônios motores superiores se projetam para baixo (de forma descendente), estabelecendo sinapses com os neurônios de circuito local, ou, com menos frequência, diretamente com os neurônios motores inferiores.

As vias dos neurônios motores superiores que surgem no córtex são essenciais para a iniciação dos movimentos voluntários e para sequências espaciais-temporais complexas de movimentos mais elaborados. Já os neurônios motores superiores originados no tronco encefálico são responsáveis pela regulação do tônus muscular e pela orientação dos olhos, da cabeça e do corpo em função da informação sensorial vestibular, somática, auditiva e visual. Suas contribuições são, assim, cruciais para os movimentos básicos de navegação do corpo e para o controle da postura.

O terceiro e o quarto subsistemas, cerebelo e núcleos da base respectivamente, são estruturas (ou grupos de estruturas) que não têm acesso direto, seja a neurônios de circuito local, seja a neurônios motores inferiores; ao contrário, controlam o movimento regulando a atividade dos neurônios motores superiores.

A integração desses subsistemas precisa ser bem orquestrada para produzir comandos neurais que atuam sobre os músculos, fazendo com que eles se contraiam e gerem movimentos coordenados. Processos conscientes não são necessários para o controle do movimento a cada instante. Embora se possa estar atento à intenção de realização de uma tarefa ou ao planejamento de certas sequências de ações, os movimentos em geral parecem ocorrer automaticamente.

Ao praticar um esporte, um atleta executa movimentos complexos sem ter noção das contrações musculares requeridas ou dos movimentos articulares que ocorrem. A facilidade com a qual o ser humano se move mascara a complexidade dos processos de controle envolvidos. Contudo, para que os movimentos complexos ocorram, é fundamental que haja a integração e controle sensoriomotor, capaz de fazer com que o indivíduo antecipe situações, planeje comportamentos adequados, determine a partir de sinais sensoriais qual dos 600 músculos ativar para mover o corpo, aprenda a corrigir possíveis erros de movimentos gerados por atrasos de tempo entre a percepção do estímulo e a execução do movimento e a lidar com as mudanças do corpo, como por exemplo a fadiga de algum músculo ou a instabilidade postural.

As informações sobre o planejamento e o controle dos movimentos voluntários que se originam no córtex motor chegam à medula espinal e aos núcleos motores do tronco encefálico por meio de tratos espinais descendentes. O sistema lateral controla movimentos voluntários da musculatura distal, isto é, veicula os comandos motores para a musculatura dos membros,

usualmente produzindo os movimentos voluntários finos de que os membros são capazes. Fazem parte do sistema lateral o trato cortico-espinal e o trato rubro-espinal.

O trato cortico-espinal tem origem no neocórtex e termina na medula. De 30 a 40% de axônios que formam esse trato se originam de neurônios localizados da área 4 de Brodmann (o córtex motor primário) no lobo frontal. O restante dos axônios tem sua origem principalmente na área 6 de Brodmann (córtices pré-motor e motor suplementar) e nas áreas somatossensoriais do lobo parietal. Juntos, os axônios cortico-espinais dessas áreas descem pela massa branca subcortical e fazem sinapses no núcleo rubro. À medida que as fibras do trato cortico-espinal descendem, formam as pirâmides bulbares, protuberâncias proeminentes na superfície ventral do bulbo. A maior parte das fibras do trato cortico-espinal descendente cruza a linha média no bulbo, na decussação das pirâmides, para terminar na medula espinal do lado oposto.

As informações motoras transmitidas pelo trato cortico-espinal são moduladas de modo significativo pelo fluxo contínuo de informações de outras regiões motoras, além de informações táteis, visuais e proprioceptivas necessárias para tornar o movimento voluntário acurado e adequadamente sequenciado. As projeções descendentes de áreas corticais motoras do lobo frontal são essenciais para o planejamento, a iniciação e o direcionamento de sequências de movimentos voluntários envolvendo os membros. Além de controlar a musculatura distal, muitos neurônios do trato cortico-espinal regulam a musculatura do abdômen, enquanto outros não alcançam a medula espinal, fazendo sinapses em núcleos motores subcorticais do tronco encefálico, controlando assim, a musculatura da face e o movimento do pescoço. Por controlar uma gama de movimentos voluntários, o trato cortico-espinal é o mais longo e tem um maior número de neurônios envolvidos.

O trato rubro-espinal, por sua vez, tem origem no núcleo rubro do mesencéfalo, decussa na ponte e o destino é a medula espinal. Como os dois tratos decussam, ou seja, as fibras nervosas provenientes de um lado cruzam a linha média, o lado esquerdo do cérebro controla os movimentos do lado direito e vice e versa.

Diferente do sistema lateral, o sistema ventromedial origina-se em regiões da formação reticular, dos núcleos vestibulares e do colículo superior. Esse sistema recebe informações do córtex e de outros centros motores e transmite os comandos motores para a musculatura axial, controlando a postura e a locomoção. O sistema ventromedial é composto pelo trato retículo-espinal pontino, o trato retículo-espinal bulbar, o trato vestibulo-espinal (medial e lateral) e o trato tecto-espinal ou colículoespinal.

O trato retículo-espinal pontino, que tem origem na formação reticular na ponte, e o trato retículo-espinal bulbar, que tem origem na formação reticular no bulbo, terminam nas regiões mais mediais do corno ventral onde encontram neurônios motores inferiores que inervam a musculatura axial e proximal. Embora a atividade de ambos os tratos retículo-espinais seja controlada por sinais descendentes corticais, essas vias diferem com relação a sua funcionalidade. Enquanto o trato retículo-espinal pontino aumenta os reflexos antigravitacionais da medula e auxilia na manutenção da postura ereta via músculos extensores dos membros inferiores, o trato retículo-espinal bulbar libera os músculos antigravitacionais do controle reflexo. A combinação desses tratos permite mudanças posturais e o ajuste do corpo para desempenhar funções como ficar de pé, (que aumenta os reflexos antigravitacionais) e permanecer sentado (libera os músculos antigravitacionais).

O trato vestibulo-espinal (medial e lateral) se origina nos núcleos vestibulares do bulbo e tem por função retransmitir informações sensoriais do labirinto vestibular do ouvido interno. Essas vias são fundamentais para ajustar a postura quando há movimentos da cabeça. O trato tecto-espinal, por sua vez, se inicia no colículo superior e recebe informações diretas da retina e projeções do córtex visual. Sendo assim, essas vias são fundamentais para regular a postura com relação aos estímulos visuais, recebendo, também, aferências somatossensoriais e auditivas.

Ao compreender a função da formação reticular para comandar e manter reações posturais, pode-se constatar que lesões no tronco encefálico podem levar um paciente a assumir posturas diferentes dependendo da região na qual a lesão se encontra. Quando ocorre a descorticação, ou seja, quando a lesão se encontra acima do núcleo rubro, é possível manter uma parte do trato cortico-espinhal, mas perde-se as influências corticais inibitórias sobre tronco e a medula. Quando não há a inibição do núcleo rubro, aciona-se a musculatura do membro superior para flexionar, enquanto os membros inferiores permanecem em extensão. Já quando ocorre a descerebração, isto é, quando a lesão se encontra abaixo do núcleo rubro, as influências corticais sobre o tronco e a medula são removidas e somente a ponte e o bulbo exercem efeitos sobre a medula. Nesse quadro, pacientes apresentam a extensão dos membros superiores e inferiores.

Diante dessas informações, pode-se constatar que o controle do sistema motor somático é retroalimentado por informações que chegam da visão, da audição, dos movimentos da cabeça e dos córtices somatossensoriais e associativos. Assim, por meio dos dois sistemas de tratos espinais descendentes é possível informar a medula e os núcleos motores do tronco sobre tudo que ocorre em termos de integração sensoriomotora.

As vias descendentes que controlam o movimento saem de diferentes pontos do sistema nervoso central como abordado acima. Já o planejamento motor, ocorre exclusivamente nas áreas corticais. Através da técnica de exposição do córtex com anestesia periférica conduzida pelo cientista e neurocirurgião americano Wilder Penfield (1891-1976), foi possível mapear o cérebro por estimulação elétrica em pacientes conscientes.

Enquanto ele estimulava uma área específica, o paciente contraía ou realizava um movimento determinado. Por meio dessa técnica, criou-se o “homúnculo de Penfield”, uma representação (literalmente significando “pequeno homem”) que apresentava face e mãos significativamente aumentadas em relação ao torso e aos membros proximais. Essas anomalias mostram que a quantidade de superfície cortical dedicada a uma parte do corpo está relacionada ao grau de controle motor daquela parte. Sendo assim, o fato de ter mais neurônios no córtex motor controlando o movimento das mãos e da face, está diretamente relacionado a quantidade de unidades motoras na musculatura dessas regiões. Assim, nos humanos, grande parte do córtex motor dedica-se à movimentação dos músculos dos dedos e daqueles relacionados a fala.

Um trabalho experimental em primatas demonstrou que os córtices pré-motor e motor suplementar têm um importante papel no planejamento do movimento, em especial nas sequências de movimentos complexos da musculatura distal. Utilizando um método desenvolvido no final dos 1960 por Edward Evarts, foi possível registrar a atividade de neurônios nas áreas motoras de animais acordados e ativos. Células nas regiões motora suplementar e pré-motoras aumentaram sua taxa de disparo antes da execução de um movimento da mão ou do pulso, consistente com o papel que lhes é proposto no planejamento motor. Além disso, atribui-se a região pré-motora a importante função de integrar um estímulo sensorial à uma resposta motora.

Estudos realizados em humanos, usando ressonância magnética funcional, demonstraram que além da importância dos córtices pré-motores e da área motora suplementar para o planejamento do movimento, a última é altamente ativada ao recordar um movimento aprendido após uma tarefa. Sendo assim, acredita-se que o programa de memória motora esteja presente na área motora suplementar, isto é, essa área promove a retenção do aprendizado motor ao longo do tempo.

ANEXO 8 – TESTE SOBRE O CONCEITO BÁSICO DA RODADA 1

SINAPSE

- 1- A comunicação entre os neurônios é fundamental para que a função cerebral ocorra de maneira associativa e dinâmica. As interações funcionais entre os neurônios ocorrem em estruturas celulares morfológicamente identificáveis chamadas _____ e estas podem ser de dois tipos: _____ e _____.
- 2- Nas sinapses _____, a comunicação entre os dois neurônios ocorre por meio de aglomerados de proteínas estruturantes, as _____, que conectam fisicamente o citoplasma das duas células. Sendo assim, o aumento de influxo iônico em um neurônio passará para o outro neurônio fisicamente conectado. Cada uma dessas proteínas estruturantes consiste em um par de canais iônicos especiais, um localizado no terminal pré-sináptico e o outro na membrana celular pós-sináptica, chamados de conexons. Esses canais iônicos são formados por seis subunidades proteicas, as _____, que formam uma ponte contínua entre as duas células. O poro do canal tem um grande diâmetro e não discrimina entre íons inorgânicos e pequenas moléculas orgânicas.
- 3- **Sobre as características da sinapse elétrica, assinale a alternativa incorreta.**
- A transmissão elétrica é muito rápida, geralmente ocorre de forma bidirecional e permite a sincronização do disparo de grupos de neurônios interconectados.
 - A mudança no potencial da célula pós-sináptica é diretamente relacionada ao tamanho e a forma da mudança no potencial da célula pré-sináptica.
 - Mesmo quando uma corrente despolarizante fraca e subliminar é injetada no neurônio pré-sináptico, alguma corrente entra no neurônio pós-sináptico e o despolariza.
 - A característica singular da sinapse elétrica é a sua capacidade de modular a informação que sai do neurônio pré-sináptico e chega à membrana pós-sináptica.
- 4- Nas sinapses _____, não há continuidade estrutural entre os neurônios pré e pós-sináptico. Na verdade, o espaço entre as duas células é conhecido como _____ e mede entre 20 e 50 nm. A informação que chega ao terminal pré-sináptico vem na forma de potenciais de ação propagados pelo axônio. Como o espaço entre os neurônios impede a passagem direta de correntes iônicas para a célula pós-sináptica, ocorre a conversão da informação _____, conduzida pelos potenciais de ação, em informação _____.
- 5- Quando o potencial de ação chega ao terminal axonal pré-sináptico, ativa canais de _____ dependentes de voltagem, permitindo grande influxo e aumento intracelular da concentração desse íon, desencadeando uma reação bioquímica que faz com que pequenas esférulas de cerca de 50 nm de diâmetro, as _____, se fundem à membrana pré-sináptica e liberem substâncias químicas, chamadas de _____ na fenda sináptica, um processo denominado _____.
- 6- **Assinale a alternativa incorreta sobre a transmissão química.**
- O neurotransmissor é liberado por dilatações especializadas presentes no terminal pré-sináptico, os botões sinápticos, que normalmente contêm 100 a 200 vesículas.
 - Cada vesícula comporta milhares de moléculas de neurotransmissores e estão agrupadas em regiões chamadas zonas ativas.

- c. As moléculas do neurotransmissor uma vez liberadas pela vesícula através do processo de exocitose, difundem-se até o terminal pré-sináptico.
- d. Ao alcançar a célula-alvo, o neurotransmissor interage fisicamente com proteínas localizadas no terminal pós-sináptico chamadas de receptores.

7- Sobre as moléculas receptoras assinale a alternativa correta.

- a. O receptor metabotrópico age diretamente no canal iônico, permitindo a síntese de segundos mensageiros, como o AMPc, que regula níveis de fosforilação de proteínas.
- b. Ao se ligar ao receptor ionotrópico, o ligante desencadeia uma mudança conformacional que abre o poro do canal, gerando uma corrente pós-sináptica.
- c. O receptor metabotrópico age diretamente no canal iônico, permitindo que o processo de sinalização seja rápido.
- d. O receptor ionotrópico, é ativado por ligantes e age indiretamente nos canais iônicos, ativando vias de sinalização metabólica intracelulares.

8- A ativação dos receptores pode resultar em dois tipos de potenciais pós-sinápticos. Em um deles, o resultado da transmissão é um potencial pós-sináptico _____, que aproxima o potencial de membrana do limiar de excitação da zona de disparo, onde se origina o potencial de ação. Fica, então, mais fácil a ocorrência de potenciais de ação no neurônio pós-sináptico. No segundo caso acontece o oposto: o resultado da transmissão é um potencial pós-sináptico _____, que afasta o potencial de membrana do limiar de excitação da zona de disparo do neurônio. Fica mais difícil para o neurônio pós-sináptico, neste caso, produzir potenciais de ação. Portanto, a natureza do potencial pós-sináptico gerado depende não da identidade do neurotransmissor, mas das propriedades do receptor com o qual o neurotransmissor interage.

9- Assinale a alternativa incorreta sobre as sinapses químicas.

- a. Se os potenciais pós-sinápticos despolarizam a membrana do neurônio pós-sináptico de maneira suficiente a fazê-lo disparar potenciais de ação, temos a conversão do sinal químico em elétrico.
- b. A dupla conversão de informação, permite que haja interferência sobre o seu “conteúdo” na própria sinapse. Isto é, a informação pode ser modificada de um neurônio para o outro.
- c. Embora unidirecional e mais lenta do que a transmissão sináptica elétrica, a grande vantagem da transmissão química é a capacidade de sincronizar a atividade dos neurônios ao longo de uma via neural, atribuindo pesos sinápticos diferentes em um mesmo circuito.
- d. A comunicação entre neurônios pode diminuir ou até mesmo bloquear a atividade do neurônio pós-sináptico. Nesse caso, os potenciais de ação que chegam ao terminal axonal nem sempre provocam a liberação de neurotransmissores em quantidade suficiente para provocar exatamente a mesma atividade na célula-alvo.

10- Assinale a alternativa correta sobre a sinapse colinérgica.

- a. O neurotransmissor acetilcolina é liberado na fenda sináptica e difunde-se em direção a membrana pós-sináptica, onde liga-se a moléculas receptoras, gerando um potencial de ação no neurônio pós-sináptico.

- b. A sinalização colinérgica é interrompida pela enzima acetilcolinesterase, que inativa a acetilcolina por meio da hidrólise em acetato e colina.
- c. Após a degradação da acetilcolina, tanto a colina quanto o acetato são recaptados para o interior do terminal pré-sináptico por transportadores específicos e reutilizados na síntese de acetilcolina.
- d. A acetilcolina é sempre sintetizada no terminal pós-sináptico, pela enzima colina acetiltransferase e internalizada em vesículas pelo transportador vesicular de acetilcolina.

11- No intervalo entre a primeira aula e hoje você releu as suas anotações, estudou ou entrou em contato com o conteúdo de sinapses de alguma forma?

- a. Sim
- b. Não

ANEXO 9 - TESTE SOBRE O CONCEITO BÁSICO DA RODADA 2

ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA MOTOR SOMÁTICO

1. O sistema motor somático é responsável por _____, _____ e _____ movimentos. Os circuitos neurais responsáveis pelo controle motor possuem diferentes níveis de organização funcional e podem ser divididos em quatro subsistemas distintos, mas altamente interativos. O primeiro desses subsistemas é o circuito _____, que se origina dentro da matéria cinzenta da medula espinal e do tegmento no tronco encefálico. Essas regiões recebem *input* sensorial, assim como projeções _____ de centros superiores e são a principal fonte de aferências sinápticas para os neurônios _____.

2. **O sistema motor somático possui diferentes níveis de organização funcional. Assinale a alternativa correta sobre o sistema descendente.**
 - a. Os neurônios motores superiores estabelecem conexões sinápticas frequentes diretamente com os neurônios motores inferiores.
 - b. Consiste em neurônios cujos corpos celulares se encontram no tronco encefálico ou no córtex motor.
 - c. Os neurônios de ordem superior compreendem a “via final comum” para iniciar o movimento.
 - d. Os axônios dos neurônios de ordem superior se projetam para baixo, estabelecendo sinapses com os neurônios da área pré-motora.

3. As vias do neurônio motor _____ que surgem no _____ são essenciais para a iniciação dos movimentos voluntários e para sequências espaciais-temporais complexas de movimentos mais elaborados. Já os neurônios originados no _____ são responsáveis pela regulação do tônus muscular e pela orientação dos olhos, da cabeça e do corpo em função da informação sensorial vestibular, somática, auditiva e visual. Suas contribuições são, assim, cruciais para os movimentos básicos de navegação do corpo e para o controle da _____.

4. **Assinale a alternativa incorreta sobre o controle do movimento voluntário.**
 - a. A integração dos subsistemas motores precisa ser orquestrada para produzir comandos neurais que geram movimentos coordenados.
 - b. Processos conscientes não são necessários para o controle do movimento a cada instante.
 - c. O planejamento motor é controlado por vias integradas que se originam do córtex motor e do tronco encefálico.
 - d. Embora se possa estar atento ao planejamento de certas sequências de ações, os movimentos em geral parecem ocorrer automaticamente.

5. As informações sobre o planejamento e o controle dos movimentos voluntários que se originam no _____ chegam à medula espinal e aos núcleos motores do tronco encefálico por meio dos _____ descendentes. O sistema lateral controla movimentos voluntários da musculatura _____, isto é,

veicula os comandos motores para a musculatura dos _____, usualmente produzindo os movimentos voluntários finos. Fazem parte do sistema lateral o trato _____ e o trato _____.

6. Assinale a alternativa correta

- I. O trato vestibulo-espinal termina na medula espinal e tem por função retransmitir informações sensoriais do labirinto vestibular do ouvido interno.**
- II. O trato rubro-espinal tem origem no núcleo rubro do mesencéfalo e é fundamental para ajustar a postura quando há movimentos da cabeça.**
- III. O trato cortico-espinal termina na medula espinal e auxilia na regulação da musculatura do abdômen.**
- IV. O trato tecto-espinal se inicia no colículo superior e recebe informações diretas da retina e projeções do córtex visual.**

- a. VFFV
- b. FVVF
- c. FVFF
- d. VFVV

7. Assinale a alternativa incorreta sobre o planejamento motor.

- a. O córtex motor primário tem um importante papel no planejamento do movimento, em especial nas sequências de movimentos complexos da musculatura distal.
- b. Células nas regiões motora suplementar aumentam a sua taxa de disparo antes da execução de um movimento.
- c. Atribui-se a região pré-motora a importante função de integrar um estímulo sensorial à uma resposta motora.
- d. Estudos realizados em humanos demonstraram que a área motora suplementar é altamente ativada ao recordar um movimento aprendido após uma tarefa.

8. O sistema _____ origina-se em regiões da formação reticular, dos núcleos vestibulares e do colículo superior. Esse sistema _____ informações do córtex e de outros centros motores e _____ os comandos motores para a musculatura axial, controlando a _____ e a _____.

9. O controle do movimento apresenta desafios para o sistema nervoso. Para que os movimentos complexos ocorram, é fundamental que haja a integração sensoriomotora. Assinale a alternativa que não apresenta um desafio do controle sensoriomotor.

- a. É preciso antecipar situações e planejar comportamentos adequados para se atingir um objetivo específico.
- b. É preciso corrigir possíveis erros de movimentos gerados por atrasos de tempo entre a percepção do estímulo e a execução do movimento.
- c. É preciso lidar com as mudanças do corpo, como por exemplo a fadiga de algum músculo ou a instabilidade postural.
- d. É preciso explorar todas as ações possíveis de forma eficaz aumentando o grau de liberdade, ou seja, o número de músculos ativados durante o movimento.

10. Assinale a alternativa correta sobre o trato retículo-espinhal.

- a. O trato retículo-espinhal pontino, que tem origem na formação reticular na ponte, libera os músculos antigravitacionais do controle reflexo.
- b. As projeções descendentes do trato retículo-espinhal são essenciais para o planejamento e o direcionamento de sequências de movimentos voluntários.
- c. A combinação dos tratos retículo-espinhais aumenta os reflexos antigravitacionais da medula, permitindo o ajuste do corpo para desempenhar funções específicas.
- d. As vias do trato retículo-espinhal terminam nas regiões mais mediais do corno ventral onde encontram neurônios motores inferiores que inervam a musculatura axial e proximal.

11. Cerca de 30 a 40% de axônios que formam o trato _____ se originam de neurônios localizados na área 4 de Brodmann, o _____ primário, no lobo _____. O restante dos axônios tem sua origem principalmente na área 6 de Brodmann (área pré-motora e motor suplementar) e nas áreas somatossensoriais do lobo _____. Juntos, os axônios dessas áreas _____ pela massa branca subcortical e fazem uma sinapse no _____. Em seguida, a maior parte das fibras _____ a linha média no bulbo, na decussação das pirâmides, para terminar na medula espinal do lado oposto.

12. Assinale a alternativa incorreta sobre o trato cortico-espinhal.

- a. Esse trato, que se origina no córtex, controla os músculos extensores dos membros inferiores, auxiliando na manutenção da postura ereta.
- b. Muitos neurônios do trato cortico-espinhal não chegam até a medula e fazem sinapse em núcleos motores subcorticais do tronco encefálico.
- c. Esse trato controla movimentos voluntários da musculatura medial, incluindo a musculatura da face e o movimento do pescoço.
- d. Por controlar uma gama de movimentos voluntários, o trato cortico-espinhal é o mais longo e tem um maior número de neurônios envolvidos.

13. Lesões no _____ podem levar um paciente a assumir _____ diferentes dependendo da região na qual a lesão se encontra. Quando ocorre a _____, ou seja, quando a lesão se encontra _____ do núcleo rubro, é possível manter uma parte do trato _____ mas perde-se as influências corticais inibitórias sobre tronco e a medula. Quando não há a inibição do núcleo rubro, aciona-se a musculatura do membro _____ para flexionar, enquanto os membros _____ permanecem em extensão. Já quando ocorre a _____, isto é, quando a lesão se encontra _____ do núcleo rubro, somente a ponte e o bulbo exercem efeitos sobre a medula. Nesse quadro, pacientes apresentam a _____ dos membros inferiores e superiores.

14. Assinale a alternativa incorreta sobre o experimento utilizando técnica de exposição do córtex com anestesia periférica conduzida pelo cientista americano Penfield.

- a. O “homúnculo de Penfield” apresenta face e mãos significativamente aumentadas em relação ao torso e aos membros proximais.

- b. Ter mais neurônios no córtex motor controlando o movimento de uma área, corresponde a presença de unidades motoras maiores na musculatura dessas regiões.
- c. A quantidade de superfície cortical dedicada a uma parte do corpo está relacionada ao grau de controle motor daquela área.
- d. Nos humanos, grande parte do córtex motor dedica-se à movimentação dos músculos dos dedos e daqueles relacionados a fala.

15. No intervalo entre a primeira aula e hoje você releu as suas anotações, estudou ou entrou em contato com o conteúdo de sinapses de alguma forma?

- a. Sim
- b. Não

ANEXO 10 – TESTE DE MEMÓRIA DA RODADA 1**INTEGRAÇÃO SINÁPTICA****1. Assinale a alternativa correta.**

- Em uma sinapse excitatória, a resposta pós-sináptica será de hiperpolarização.
- A junção neuromuscular pode ser considerada um tipo de sinapse inibitória.
- A acetilcolina é liberada em todas as junções neuromusculares dos vertebrados.
- Um neurônio é capaz de integrar apenas respostas pré-sinápticas excitatórias.

2. Na sinapse neuromuscular, o axônio do _____ comunica-se com uma célula muscular esquelética. Após a chegada dos potenciais de ação ao terminal _____ ocorre a liberação de _____ na fenda sináptica. Seguindo o gradiente químico, esse neurotransmissor difunde-se em direção à membrana pós-sináptica, onde é ligada ao receptor _____. A ativação do receptor leva à _____ da membrana da célula muscular.

3. A mudança no potencial de membrana desencadeada pela sinapse neuromuscular geralmente é grande o suficiente para ativar rapidamente os _____ na membrana muscular, convertendo o potencial da placa motora em potencial em _____, que então propaga ao longo da fibra muscular.

4. Sobre o curare, assinale a alternativa correta.

- O curare bloqueia os receptores nicotínicos da fibra muscular.
- O curare ativa canais de Ca^{2+} voltagem-dependente na fibra muscular.
- O curare ativa a deflagração de potencial de ação no motoneurônio.
- O curare ativa canais de cloreto na membrana da fibra muscular.

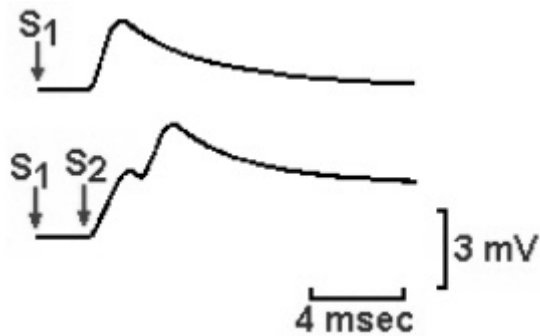
5. O processo pelo qual múltiplos potenciais _____ se combinam dentro de um neurônio pós-sináptico é chamado de _____ e depende da _____ por parte do neurônio pós-sináptico, de ambos potenciais _____ e _____.

6. Sobre a geração do potencial de ação assinale a alternativa incorreta.

- Os potenciais sinápticos produzidos por um único neurônio pré-sináptico em geral não são grandes o suficiente para despolarizar o neurônio pós-sináptico e gerar o potencial de ação.
- A membrana celular tem um limiar mais baixo para gerar um potencial de ação no corpo celular, pois tem maior densidade de canais de Na^{+} dependentes de voltagem nessa região.
- A cada incremento de potenciais sinápticos excitatórios, mais canais de Na^{+} se abrem, gerando, assim, uma corrente despolarizante de entrada maior, aumentando a probabilidade de gerar o potencial de ação.
- A localização da sinapse inibitória pode ser determinante para a modulação da atividade do neurônio pós-sináptico, podendo bloquear a geração de um potencial de ação.

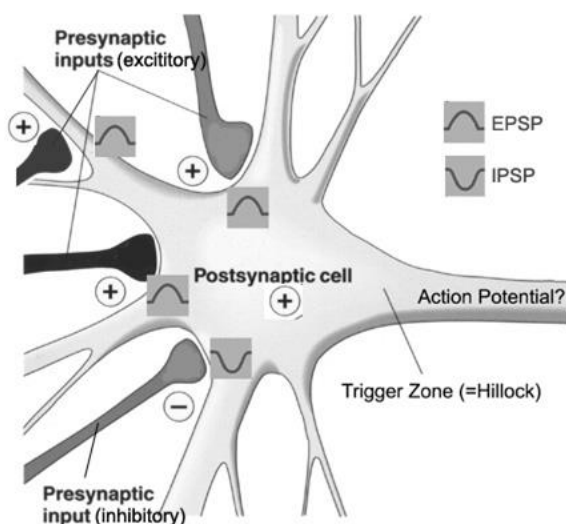
7. Os sinais pré-sinápticos de neurônios distintos podem ser computados pelo neurônio pós-sináptico num processo denominado _____. Neurônios com uma constante de _____ são aqueles onde esse processo ocorre com mais facilidade.

8. Os gráficos abaixo mostram dois registros de potenciais pós-sinápticos em resposta a duas sinapses, S1 e S2. Assinale a alternativa incorreta quanto à interpretação destes gráficos:



- A S2 interferiu na resposta da S1, o que fica evidenciado pelas duas curvas no traçado que representam a soma das duas respostas.
 - Nos dois registros a resposta é excitatória, porém no de baixo a resposta é potenciada já que há aumento na amplitude da resposta.
 - Se tivesse sido dado um intervalo de 100msec entre S1 e S2 não seria possível observar uma somação temporal de S1 e S2.
 - Se os registros fossem espelhados, ou seja, com as curvas para baixo, teríamos respostas inibitórias, mas S1 e S2 não se somariam.
9. Em algumas células nervosas, chamadas de neurônios _____, mesmo na ausência da estimulação, elas disparam potências de ação com regularidade. Porém, _____ podem interferir no padrão de disparo desse tipo de neurônio.

10. Considere a figura ao lado. O que precisa ocorrer para que esse neurônio pós-sináptico dispare um potencial de ação?



11. Explique a diferença entre a codificação por frequência e a codificação temporal no sistema nervoso.

12. No intervalo entre a última aula e hoje você releu as suas anotações, estudou ou entrou em contato com o conteúdo de integração sináptica de alguma forma?

- a. Sim
- b. Não

ANEXO 11 - TESTE DE MEMÓRIA DA RODADA 2**CEREBELO E NÚCLEOS DA BASE**

1. **Assinale a alternativa correta.**
 - I. **As projeções que chegam ao caudado e ao putâmen não são equivalentes e as diferenças quanto às aferências refletem as diversidades funcionais entre esses dois núcleos.**
 - II. **A lesão de estruturas nos núcleos da base e a consequente perda de suas aferências inibitórias da substância nigra parecem explicar os distúrbios de movimento em pacientes com Huntington.**
 - III. **Os núcleos da base participam de um grande número de circuitos paralelos, como em certos aspectos da memória e da função cognitiva, sendo apenas alguns de função estritamente motora.**
 - IV. **As mais importantes projeções aos núcleos da base provêm das regiões associativas dos lobos frontal e parietal, com contribuições substanciais também dos córtices visual primário e o auditivo primário.**
 - a. FVFF
 - b. VFVF
 - c. VVFF
 - d. FFVV

2. Uma das funções do _____ é manter o equilíbrio. Essa estrutura é formada por uma camada molecular 3 pontos externa, chamada de _____, uma camada intermediária, a _____ e pela camada _____.

3. **Assinale a alternativa correta.**
 - I. **Os núcleos da base são importantes para a integração dinâmica das informações visuais, do sistema vestibular, dos proprioceptores do músculo e da região corporal em movimento.**
 - II. **Os núcleos da base são responsáveis por coordenar os movimentos de maneira apropriada, enviando eferências aos motoneurônios inferiores.**
 - III. **O cerebelo, ativado pelas entradas córtico-pontino-cerebelares, usa instruções emitidas por outras estruturas centrais para coordenar sequências de contrações musculares.**
 - IV. **Os núcleos da base auxiliam o córtex motor na avaliação dos comandos enviados às unidades motoras.**
 - a. FFVV
 - b. FVFF
 - c. VVFF
 - d. VFVV

4. A doença de _____ é um distúrbio caracterizado pela lentidão de movimentos, aumento do tônus muscular e tremores das mãos e da mandíbula. Muitos pacientes também sofrem déficits cognitivos à medida que a doença progride. A base orgânica da doença é uma degeneração de determinados neurônios da _____ e de seus axônios que se projetam para o _____, cujo neurotransmissor é a _____.

Queda nos níveis desse neurotransmissor leva a superatividade da via _____, aumentando os sinais _____ dos núcleos da base para o _____.

5. Assinale a alternativa incorreta sobre as vias do cerebelo. (anulada)

- a. A via cérebro-cerebelar está envolvida com a regulação de movimentos intencionais.
- b. Lesões na via vestibulo-cerebelar produzem distúrbios no planejamento de movimentos mais elaborados.
- c. Lesões do cérebro-cerebelo prejudicam a capacidade do indivíduo de se manter ereto e diminuem o tônus muscular.
- d. Lesões na via espino-cerebelar prejudicam o controle dos movimentos da marcha, deixando-a cambaleante.

6. Os núcleos da base são conjuntos de _____ localizados em áreas profundas dos hemisférios cerebrais. O _____ recebe aferências do _____. Do _____ se originam as eferências ao _____, que, por sua vez, se projetam ao córtex.

7. Em relação ao cerebelo, assinale a alternativa incorreta.

- a. O cerebelo cuida para que os movimentos sejam executados adequadamente e ajustados toda vez que sua execução ocorre de forma diferente do esperado.
- b. Lesões localizadas no cerebelo produzem primariamente déficits motores que se caracterizam por erros no cálculo da distância do movimento (dismetria).
- c. Sua lesão pode produzir tremor de repouso, gerado pela ativação da saída inibitória dos neurônios que se projetam para o tálamo.
- d. O cerebelo promove correções da força, velocidade e direção do movimento voluntário.

8. A via _____ ocupa a região mediana e paramediana dos hemisférios cerebelares e é a única parte que recebe aferências diretamente da _____. Essas vias projetam-se, também, aos circuitos de neurônios motores _____ que controlam a _____ dos movimentos. Essa via transmite sinais eferentes para o núcleo rubro e regula o _____ muscular, corrigindo o movimento voluntário.

9. As vias direta e indireta integram os circuitos dentro dos núcleos da base. Explique a função de cada uma das vias e as principais diferenças entre elas.

10. Um indivíduo com lesão cerebelar pode apresentar um quadro chamado tremor de intenção. Esse sintoma ocorre quando uma das vias específicas do cerebelo é afetada. Identifique a via relacionada ao tremor de intenção e aponte as suas funções.

11. No intervalo entre a última aula e hoje você releu as suas anotações, estudou ou entrou em contato com o conteúdo sobre os núcleos da base ou sobre o cerebelo?

Sim

Não