

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTICÊNTRICO EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS

EFEITOS DE UMA SESSÃO ÚNICA DE EXERCÍCIO FÍSICO NA
CONSOLIDAÇÃO E PERSISTÊNCIA DA APRENDIZAGEM DE
ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa – Campus Uruguaiiana, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Fisiológicas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Pâmela Billig Mello-Carpes

Coorientador: Dr. Marcelo Gomes de Gomes

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

BRUNA TARASUK TREIN CRESPO

**EFEITOS DE UMA SESSÃO ÚNICA DE EXERCÍCIO FÍSICO NA CONSOLIDAÇÃO
E PERSISTÊNCIA DA APRENDIZAGEM DE
ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Uruguiana, 2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

Crespo, Bruna Tarasuk Trein

Efeitos de uma sessão única de exercício físico na consolidação e persistência da aprendizagem de estudantes da educação básica. 122 p.: il.

Orientadora: Pâmela Billig Mello Carpes
Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pampa, Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas, Campus Uruguaiana, 2024.

1. Exercício físico. 2. Memória. 3. Educação. 4. Aprendizagem

BRUNA TARASUK TREIN CRESPO

**EFEITOS DE UMA SESSÃO ÚNICA DE EXERCÍCIO FÍSICO NA CONSOLIDAÇÃO
E PERSISTÊNCIA DA APRENDIZAGEM DE
ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa – Campus Uruguaiana, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Fisiológicas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Pâmela Billig Mello-Carpes

Coorientador: Dr. Marcelo Gomes de Gomes

Área de concentração: Ciências Fisiológicas

Dissertação de mestrado defendida em 27 de junho de 2024.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Pâmela Billig Mello Carpes
Orientadora
UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Mauren Assis de Souza
UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Andresa Mara de Castro Germano
UTC

Uruguaiana, 2024.

Com todo o meu amor, dedico este trabalho ao meu filho Gustavo e ao meu marido Cláudio. Vocês foram minha força durante todo o percurso. Obrigada por cada gesto de apoio, carinho e compreensão. Esta conquista também é de vocês... e por vocês.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha família, lugar onde cresci, me senti acolhida e protegida inúmeras vezes durante a minha vida. Foram os ensinamentos e exemplos de força e perseverança que me ajudaram a moldar meu caráter, meus valores e a trilhar este caminho que me trouxe até este momento. Ao meu marido Cláudio, que é o meu grande amor, meu companheiro e amigo, que é fonte de alegrias incontáveis e que nunca deixa de me incentivar e apoiar. Agradeço os quase 20 anos de parceria, de amor, de risadas infinitas, de aprendizados e de crescimento mútuo, mas mais do que tudo, agradeço pelo nosso Gu. Ao meu filho Gustavo, agradeço por me tornar um ser humano melhor, por me ensinar diariamente e por me mostrar como a vida pode e deve ser leve e amorosa, nas menores coisas e nos mais simples momentos. Não tenho a menor dúvida que o meu papel mais incrível e plenamente vivido, é o de tua mãe. Obrigada por seres exatamente desse teu jeitinho, meu filho. Amo vocês todos com toda a força do meu ser! Obrigada, mil vezes obrigada!

À minha orientadora e amiga (acho que depois de tanto tempo já posso te chamar assim) Pâmela, por ser uma inspiração constante, por ser colo e entendimento nos momentos mais delicados. Nunca vou esquecer da primeira entrevista para fazer parte do POPNEURO, quando eu ainda estava no segundo semestre do curso de Enfermagem. Assim como não vou esquecer do meu desligamento do Programa ou do meu retorno (cheio de medos e inseguranças) à Uruguaiana. Poder crescer e me desenvolver profissionalmente sob tua orientação é um privilégio que, hoje, tento mostrar para os nossos alunos da iniciação científica. Pam, obrigada por ter me acolhido novamente nesse grupo e por ter acreditado que eu ainda tenho potencial para chegar onde quiser. É uma alegria e um enorme orgulho aprender contigo! Minha admiração e gratidão são eternas.

Ao meu coorientador Marcelo, pelo conhecimento compartilhado e apoio no desenvolvimento do projeto, muito obrigada.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Fisiologia (GPFis), obrigada pela acolhida e por me ensinarem muito durante esses dois anos. Aos nossos queridos membros do Programa POPNEURO, é uma alegria ver o crescimento e amadurecimento de cada um de vocês. Aos que passaram, aos que seguem firmes no propósito de divulgar neurociência de qualidade e aos que chegaram agora, minha gratidão e desejo de que possamos seguir trilhando um lindo caminho juntos.

À minha duplinha de trabalho e hoje também de vida, (ainda bem!) Aninha, obrigada por não ter desistido da nossa amizade. Eu sou muito mais feliz porque te tenho ao meu lado nessa jornada. Foram dois anos de construção de uma amizade

linda, que transcendeu o nosso ambiente de trabalho e que me trouxe muitas alegrias.

Obrigada por tudo e por tanto, amiga. Te amo!

À Universidade Federal do Pampa, por me permitir viver essa experiência e engrandecer meu propósito.

Ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas e à Sociedade Brasileira de Fisiologia, pela oportunidade e pelo apoio da coordenação, professores e demais servidores.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida e pelo financiamento desta pesquisa através do edital Universal.

Meus sinceros e mais genuínos agradecimentos.

“Há duas forças no mundo: uma é a espada e a outra é a caneta. Mas há uma terceira força, mais poderosa ainda do que as anteriores: a das mulheres.”

Malala Yousafzai

RESUMO

Diversas pesquisas realizadas com roedores, inclusive dentro da nossa universidade, mostram que são vários os fatores que influenciam a consolidação e persistência de um aprendizado/uma memória, entre eles a prática de exercício físico, inclusive uma única sessão. Estes estudos demonstraram o papel fundamental dos sistemas de neurotransmissão catecolaminérgicos (dopaminérgico e noradrenérgico), ativados pela prática de exercício. Nesta dissertação, investigamos os efeitos do exercício físico na aprendizagem (retenção de conhecimento), autopercepção de conhecimentos e níveis de ansiedade pré-teste em adolescentes. Além disso, analisamos a ativação do sistema noradrenérgico, por meio da atividade da alfa-amilase salivar, e os níveis de cortisol salivar. Utilizando um delineamento experimental com um grupo submetido a uma sessão de exercício físico (EF) após uma aula e um grupo não submetido do EF (controle), os participantes foram avaliados em diferentes intervalos de tempo (3h, 24h e 7d) após a sessão de aquisição (aula). Os resultados mostraram que o EF facilitou a retenção de conhecimento no teste realizado 24 horas após a atividade, quando estes alunos apresentaram melhor desempenho que os do grupo controle; no entanto, os benefícios não se mantiveram após 7 dias. A percepção de conhecimentos também foi influenciada pelo EF, especialmente na avaliação realizada 7 dias após a intervenção. No grupo EF, a ansiedade pré-teste foi menor nos testes de 3h e 7 dias. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ou intragrupo nos níveis de alfa-amilase. Os níveis de cortisol salivar apresentaram diferenças entre os grupos em diferentes tempos, com o grupo EF apresentando variações significativas. Embora o EF não tenha provocado mudanças detectáveis na função noradrenérgica, ele modulou os níveis de estresse e ansiedade e promoveu melhora da aprendizagem 24h após a aquisição. Estes achados sugerem que o EF pode melhorar a retenção de conhecimento e reduzir a ansiedade pré-prova, contribuindo para maior segurança dos estudantes em relação ao seu aprendizado e um melhor desempenho acadêmico.

Palavras-chave: Exercício físico, Memória, Educação, Aprendizagem.

ABSTRACT

Research carried out with rodents, including within our university, shows that several factors influence the consolidation and persistence of learning/memory, including the practice of physical exercise, including a single session. These studies demonstrated the fundamental role of catecholaminergic neurotransmission systems (dopaminergic and noradrenergic) activated by exercise. In this dissertation, we investigated the effects of physical exercise on learning (knowledge retention), self-perception of knowledge, and pre-test anxiety levels in adolescents. Furthermore, we analyzed the activation of the noradrenergic system through salivary alpha-amylase activity and salivary cortisol levels. Using an experimental design with a group undergoing a physical exercise (PE) session after a class and a group not undergoing PE (control), participants were evaluated at different time intervals (3h, 24h, and 7d) after the acquisition session (class). The results showed that PE facilitated knowledge retention in the test carried out 24 hours after the activity when these PE students performed better than those in the control group; however, the benefits were not maintained after 7 days. The perception of knowledge was also influenced by physical exercise, especially in the assessment carried out 7 days after the intervention. The PE group presented lower pre-test anxiety levels measurements in the 24h and 7 days tests. On the other hand, no significant differences were observed between groups or within groups in alpha-amylase levels. Salivary cortisol levels show differences between groups at different times, with the PE group showing significant variations. Although physical exercise did not cause detectable changes in noradrenergic function, it modulated stress and anxiety levels and promoted improved learning 24 hours after acquisition. These findings suggest that physical exercise can improve knowledge retention and reduce pre-test anxiety, contributing to greater student safety about their knowledge and better academic performance.

Keywords: Physical exercise, Memory, Education, Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Classificação das Memórias quanto à Função, Conteúdo e Duração Temporal

Figura 2: Diagrama ilustrativo do processo de seleção dos participantes para o estudo.

Figura 3- Delineamento Experimental

Figura 4- Escala de Percepção de Esforço de Borg

Figura 5- Gráfico de Pontuações dos Testes de Conhecimento realizados em diferentes tempos (3h, 24h e 7d) para os grupos CT e EF

Figura 6- Gráfico de Autopercepção de Aprendizagem realizados em diferentes tempos (3h, 24h e 7d) para os grupos CT e EF

Figura 7- Gráfico dos Níveis de ansiedade medidos pelo IDATE-Estado em diferentes tempos (3h, 24h e 7d) para os grupos CT e exercício EF

Figura 8- Gráfico dos Níveis de alfa-amilase medidos em diferentes tempos (basal, imediatamente após exercício, 3h, 24h e 7d) para os grupos CT e EF

Figura 9- Gráfico dos Níveis de cortisol medidos em diferentes tempos (basal, imediatamente após exercício, 3h, 24h e 7d) para os grupos CT e EF

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Conteúdos de Biologia Celular e Histologia

Tabela 2- Comparações entre Grupos nos Níveis de Ansiedade Medidos pelo IDATE-Estado

Tabela 3- Comparações Intragrupo nos Níveis de Ansiedade no Grupo Controle (CT)

Tabela 4- Comparações Intragrupo nos Níveis de Ansiedade no Grupo Exercício Físico (EF)

Tabela 5- Comparações entre Grupos nos Níveis de Alfa-Amilase

Tabela 6- Comparações Intragrupo nos Níveis de Alfa-Amilase no Grupo Controle (CT)

Tabela 7- Comparações Intragrupo nos Níveis de Alfa-Amilase no Grupo Exercício Físico (EF)

Tabela 8- Comparações entre Grupos nos Níveis de Cortisol

Tabela 9- Comparações Intragrupo nos Níveis de Cortisol no Grupo Controle (CT)

Tabela 10- Comparações Intragrupo nos Níveis de Cortisol no Grupo Exercício Físico (EF)

LISTA DE ABREVIATURAS

BDNF - Fator Neurotrópico Derivado do Cérebro, do inglês *Brain Derived Neurotrophic Factor*

CA1 - *Cornu ammonis I*

CT - Grupo Controle

EF - Grupo Exercício Físico

IDATE - Inventário de Ansiedade Traço-Estado

MCD - Memória de Curta Duração

MLD - Memória de Longa Duração

PKA - Proteína cinase, do inglês *Protein kinase A* - Termo de Assentimento

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

LISTA DE SIGLAS

CEP - Comitê de Ética e Pesquisa da UNIPAMPA

CNS - Conselho Nacional de Saúde

OMS - Organização Mundial de Saúde

SUMÁRIO

RESUMO	10
SUMÁRIO	16
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Exercício físico e memória	21
2.2.1 Exercício Físico Agudo	23
2.2 Mecanismos neurais envolvidos na consolidação da memória e nos efeitos do exercício agudo	26
2.2.1 Classificação das Memórias quanto à Função, Conteúdo e Duração Temporal	26
2.3 Exercício físico e aprendizagem no contexto escolar	30
3. JUSTIFICATIVA	35
4. OBJETIVOS	37
4.1 Objetivo Geral	37
4.2 Objetivos específicos	37
5. MATERIAIS E MÉTODOS	39
5.1 Sujeitos de pesquisa e delineamento experimental	39
5.2 Protocolos experimentais	46
5.2.1 Protocolo de exercício físico	46
5.2.2 Testes de aprendizagem	48
5.2.3 Inventário de Ansiedade Traço-Estado (IDATE) - Estado	50
5.2.4 Testes bioquímicos	51
5.2.4.1 Coleta de saliva e medidas bioquímicas	51
5.2.4.1.1 Avaliação dos níveis de cortisol	52
5.2.4.1.2 Determinação dos níveis de alfa-amilase	53
5.3 Análise dos dados	53
5.4 Aspectos éticos	54
6. RESULTADOS	55
6.1 Testes de Retenção de Aprendizagem/Conhecimento	55
6.2 Testes de Percepção de Aprendizagem	57
6.3 Avaliação do estado de ansiedade - IDATE	58
6.4 Marcadores Bioquímicos	61
6.4.1 Amilase salivar	61
6.4.2 Cortisol salivar	64
7. DISCUSSÃO	69

7.1 Limitações do Estudo	75
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
9. PERSPECTIVAS FUTURAS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

1. INTRODUÇÃO

Trabalhar com educação e maneiras distintas de melhorar o processo de aprendizagem dos alunos é de extrema importância no contexto de uma sociedade comprometida com o crescimento da sua população. Pensar em formas para facilitar o percurso de aprendizagem dos estudantes na busca de uma boa formação é fundamental diante das dificuldades enfrentadas por eles e pelos educadores, como por exemplo, falta de interesse que os alunos mostram por determinados assuntos e disciplinas, falta de recursos financeiros e de pessoal, pouco investimento em treinamentos, e outras tantas questões.

A aprendizagem consiste em um processo que envolve a aquisição, a conservação e a evocação do conhecimento previamente adquirido, e ocorre a partir de modificações do Sistema Nervoso Central, mais ou menos pertinentes, quando o indivíduo é submetido a estímulos ou experiências que se traduzem por modificações cerebrais (Rota *et al.*, 2016). Na neurociência, este conceito se entrelaça com o conceito neurobiológico de memória, o qual corresponde à aquisição de informações que são consolidadas para poderem ser posteriormente evocadas (Izquierdo, 2018). No entanto, sabemos que nem todas as informações são consolidadas da mesma forma, ou com a mesma facilidade, ou seja, nem todas as informações que recebemos se traduzem em aprendizagem. Assim, poder contar com ferramentas e técnicas de baixo custo e fácil aplicação que auxiliem na concretização do aprendizado dos estudantes nos abre uma janela de possibilidades que poderão nortear o desenvolvimento de estratégias educacionais de grande relevância para o futuro da educação.

A neurociência traz um conceito, já amplamente difundido, de que a formação da memória, isto é, a aprendizagem, é um processo contínuo e que acontece de maneira gradual. As memórias inicialmente são lábeis, e vão se tornando mais estáveis conforme se consolidam. Essa hipótese de consolidação da memória, bem como alguns de seus mecanismos moleculares e celulares subjacentes foram estudados a fundo nas últimas décadas (Mcgaugh, 2000). Todas as influências sofridas durante esse período lábil, tanto hormonais, neurais ou de comportamento, trabalham de forma a regular os processos de consolidação e persistência da memória, podendo melhorá-la ou prejudicá-la.

O ambiente físico e emocional também desempenham um papel crucial na aprendizagem. A qualidade do ambiente escolar, incluindo aspectos como iluminação, conforto térmico e acústico, e até mesmo a disposição das salas de aula, pode influenciar significativamente a capacidade dos alunos de concentrar e reter informações (Barrett *et al.*, 2015). Além disso, um ambiente emocionalmente seguro, onde os alunos se sentem apoiados por professores e colegas, tem um impacto positivo na disposição dos alunos para participar e se engajar no aprendizado (Roffey, 2012). Portanto, criar ambientes que favoreçam tanto o bem-estar físico quanto emocional dos alunos deve ser uma prioridade nas reformas educacionais.

Pensando assim, entendemos como o estresse, a excitação, a motivação e a recompensa podem afetar profundamente a formação de uma memória (Wittmann, 2005). Ainda neste sentido, existem novas evidências que crescem e corroboram com essa visão de que a capacidade de consolidar uma memória para um determinado evento pode ser modulada por outros eventos que acontecem antes ou depois dele, enquanto o traço mnemônico está lábil (Redondo, 2011). A este respeito, o fenômeno chamado de marcação comportamental vem sendo estudado. Trabalhos anteriores em roedores demonstraram que uma nova experiência comportamental em um tempo específico antes ou depois da aprendizagem pode promover a formação de uma memória de longa duração de uma aprendizagem que sozinha não seria capaz de ser consolidada (Ballarini, 2009 e Wang, 2010).

Tanto em modelos animais quanto em humanos, estudos observaram que esta nova experiência comportamental pode ser, por exemplo, uma novidade, i.e., a exposição a algo novo, que gera interesse (Ballarini, 2009 e Wang, 2010). Além da novidade, diversas pesquisas realizadas, inclusive dentro desta Universidade, mostram que fatores diversos influenciam a consolidação e persistência da memória, entre eles a prática regular de exercícios físicos, o estresse, a excitação, a exposição à recompensa, entre outros, melhorando ou prejudicando esse processo (Vargas *et al.*, 2020). Dentre as estratégias comportamentais que podem modular as memórias, destaca-se o exercício físico agudo. Nosso grupo de pesquisa recentemente demonstrou que uma única sessão de exercício físico aeróbico pode influenciar a consolidação e promover a persistência da memória (Vargas *et al.*, 2017, 2020). Tais efeitos, em modelos animais, estão relacionados à modulação da atividade dos sistema de neurotransmissores catecolaminérgicos (dopaminérgico e noradrenérgico)

no hipocampo, uma estrutura do lobo temporal que tem papel crucial no processo de consolidação da memória de longa duração (Vargas *et al.*, 2017, 2020).

Nesta dissertação, iremos investigar e discutir os efeitos de uma única sessão de exercício agudo realizada após uma aprendizagem na consolidação e persistência desta aprendizagem em estudantes do ensino fundamental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Exercício físico e memória

Manter o corpo em movimento através da prática de exercícios físicos, é, sem dúvida, um dos fatores mais importantes para que se tenha uma vida saudável. Como já se sabe, o exercício físico traz inúmeros efeitos benéficos à saúde, além de tornar mais sadio o processo de envelhecimento e de prevenir o desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas (Guedes *et al.*, 2012). Além da prevenção, a prática de exercício físico atua combatendo ou reduzindo a velocidade de progressão de diversas doenças, levando a benefícios de curto, médio e longo prazo, tais como, a diminuição da obesidade, de fatores de risco referente às doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e câncer, bem como a redução dos sintomas de depressão e ansiedade e do declínio cognitivo relacionado à idade, melhorando a memória. Desta forma, quanto mais ativo for o indivíduo, melhor será sua saúde (Carvalho *et al.*, 2021).

Além da saúde física, a prática regular de exercício físico é de extrema importância para a manutenção da qualidade de vida, potencializando a prevenção de doenças que podem surgir com a inatividade física e o sedentarismo. Inatividade física é definida como a falta de envolvimento em atividades físicas que atinjam os níveis recomendados para a manutenção da saúde, como os 150 minutos semanais de atividade física moderada, conforme estabelecido pela OMS (Akksilp *et al.*, 2023). Essa condição aumenta significativamente o risco de desenvolver doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e certos tipos de câncer (Simões de Melo *et al.*, 2021). Além disso, a inatividade física, combinada com comportamentos sedentários, pode resultar em impactos negativos na saúde mental, incluindo aumento da ansiedade e depressão (Rong *et al.*, 2024). Para Organização Mundial de Saúde (OMS) (2020), o sedentário é uma pessoa que gasta poucas calorias por semana com atividades do dia a dia.

A partir desses conceitos, fica evidente que praticar exercício físico contribui de maneira muito significativa para que o indivíduo tenha uma vida ativa e saudável, o que é imprescindível para um melhor estilo de vida. Vários estudos já publicados destacam os benefícios e efeitos positivos do exercício físico sobre o cérebro, tais como: melhora no processo de aprendizagem, na memória e na saúde do cérebro em geral, melhora do suprimento sanguíneo cerebral, da transmissão sináptica, entre

outros (Kamijo *et al.*, 2011, Hötting *et al.*, 2016, Ballarini *et al.*, 2013).

Os mecanismos envolvidos nesses efeitos de melhora da saúde cerebral através da prática de exercícios físicos são os mais diversos. A neurogênese, ou seja, a produção de novas células neuronais, principalmente no hipocampo, é um dos mecanismos influenciados pela prática de atividade física (Kamijo *et al.*, 2011). Além disso, o exercício promove alterações na conectividade neuronal, outro fator extremamente benéfico para a função nervosa, isso porque pode resultar em uma transmissão sináptica mais eficiente (Cotman, 2002). O exercício induz a estimulação de genes e proteínas relacionados à plasticidade, como o Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF), membro da família de fatores de crescimento das neurotrofinas, e está relacionado à sobrevivência neuronal, neuroplasticidade e neurogênese (Cotman, 2002, Izquierdo, 2008). A melhora duradoura na transmissão sináptica, que é considerada a base neural da consolidação da memória, está altamente relacionada à neuroplasticidade.

Adicionalmente, o exercício físico tem sido correlacionado com a melhoria das funções executivas do cérebro, que incluem habilidades como planejamento, tomada de decisão e controle inibitório. Estudos indicam que a atividade física pode levar a um aumento na espessura do córtex cerebral e na densidade da substância branca, o que contribui para um processamento cognitivo mais eficiente (Erickson *et al.*, 2011). Outro aspecto importante é o impacto positivo do exercício físico sobre os níveis de estresse e ansiedade, que também afetam diretamente a memória e a função cognitiva. A atividade física regular promove a liberação de endorfinas e reduz os níveis de cortisol, um hormônio associado ao estresse; como resultado, não se observa apenas a melhora do humor, mas também a criação de um ambiente neuroquímico mais favorável para a formação e consolidação de memórias (Hötting *et al.*, 2016).

Além disso, é importante destacar a influência do exercício físico na qualidade do sono, que por sua vez, é crucial para a consolidação da memória. Estudos têm mostrado que indivíduos fisicamente ativos tendem a ter uma melhor qualidade de sono, o que facilita os processos de recuperação e manutenção das funções cognitivas. A prática regular de exercícios ajuda a regular o ciclo sono-vigília e aumenta a eficiência do sono, proporcionando um ambiente ideal para o cérebro

processar e armazenar informações adquiridas durante o dia (Hutchison, & Rathore, 2015).

2.2.1 Exercício Físico Agudo

O exercício físico agudo, caracterizado por uma única sessão de atividade física que provoca uma resposta fisiológica imediata no corpo, distingue-se do exercício crônico, que envolve a prática regular e sistemática ao longo do tempo. Dentro dessa categoria de exercício agudo, é possível identificar diferentes tipos de esforço físico, cada um gerando respostas fisiológicas distintas e, por consequência, tendo o potencial de impactar (ou não) a memória e a aprendizagem de formas variadas. A diferenciação entre esses tipos de exercício agudo — aeróbico, anaeróbico e misto — é crucial para compreender os variados efeitos que eles podem ter sobre o corpo e a mente.

O exercício aeróbico, como uma corrida rápida de 30 minutos, por exemplo, é caracterizado por atividades sustentadas que aumentam a demanda de oxigênio do corpo, levando a um aumento contínuo da frequência cardíaca e da respiração. Por outro lado, o exercício anaeróbico, como sessões de levantamento de peso ou sprints de alta intensidade, é caracterizado por esforços curtos e intensos, onde o corpo utiliza principalmente reservas de energia que não dependem do oxigênio. Existem, ainda, exercícios que combinam componentes aeróbicos e anaeróbicos, como uma sessão de spinning, por exemplo, quando o praticante alterna entre períodos de alta intensidade, que elevam a frequência cardíaca a níveis anaeróbicos, e períodos de recuperação que permitem a volta a uma zona aeróbica.

Os efeitos do exercício físico agudo no bem-estar, ainda são pouco documentados. Ainda assim, uma pesquisa demonstrou que, logo após a prática de exercício aeróbico, como caminhada ou corrida, ocorre uma melhora significativa na função cognitiva devido ao aumento do fluxo sanguíneo cerebral e da atividade de neurotransmissores. Esses efeitos são associados a uma melhora na memória de curto prazo e na atenção seletiva (Merege *et al.*, 2014). Além disso, o exercício físico agudo tem um impacto positivo na saúde cardiovascular. Uma única sessão de exercício pode reduzir a pressão arterial em indivíduos pré-hipertensos, auxiliando na prevenção de doenças cardiovasculares a longo prazo (Ribeiro, & Laterza, 2014).

Embora os efeitos do exercício físico tenham sido amplamente investigados e possam ser explicados por diversos mecanismos fisiológicos, ea maioria dos estudos com humanos considera a prática regular de exercícios físicos, demonstrando sua ação na melhora da plasticidade cerebral e a função cognitiva. A liberação de neurotransmissores como dopamina, serotonina e noradrenalina durante o exercício é um dos mecanismos centrais que explicam esses efeitos, particularmente no hipocampo, uma região do cérebro crucial para a formação de memórias (Meeusen & Meirleir, 1995). Por exemplo, uma revisão meta-analítica de estudos com humanos mostrou que o exercício aeróbico está associado a melhorias significativas na performance neurocognitiva, incluindo a memória e a aprendizagem (Smith et al., 2010). Nos últimos anos, estudos específicos indicam que mesmo uma única sessão de exercício aeróbico pode melhorar a capacidade de recordar informações e funções executivas em adultos jovens, provavelmente devido ao aumento do fluxo sanguíneo e da oxigenação cerebral em regiões como o hipocampo (Loprinzi, Edwards, & Frith, 2017).

Por outro lado, pesquisas laboratoriais em modelos animais, como roedores, têm fornecido evidências adicionais que complementam os achados em humanos. Estudos recentes mostraram que submeter roedores a uma única sessão de exercício físico logo após uma aprendizagem pode facilitar a consolidação da memória, tornando-a mais duradoura. Esse efeito foi atribuído à ativação dos sistemas de neurotransmissão catecolaminérgicos, especificamente os sistemas dopaminérgico e noradrenérgico, que desempenham um papel fundamental na modulação da memória durante e após o exercício (Vargas et al., 2020). Além disso, Kovacevic et al., (2020) demonstraram que o exercício agudo em roedores pode aumentar a força sináptica e promover mudanças homeostáticas no hipocampo, melhorando a função cognitiva global . Esses achados sugerem que os mecanismos subjacentes observados em modelos animais podem ter implicações importantes para intervenções cognitivas baseadas em exercício físico em humanos.

Ainda, o aumento dos níveis de BDNF, crucial para a neuroplasticidade, isto é, a capacidade do cérebro de formar e reorganizar conexões sinápticas em resposta a novas experiências e aprendizagens, também pode, segundo alguns autores, estar dentre os mecanismos pelos quais uma sessão de exercício físico é capaz de modular

a função cerebral (Cotman & Berchtold, 2002). Um estudo publicado recentemente, explora os mecanismos moleculares subjacentes ao aumento do BDNF cerebral em resposta ao exercício físico e revela que o exercício agudo eleva os níveis de BDNF através do aumento da atividade neuronal e do fluxo sanguíneo cerebral, promovendo neuroplasticidade e saúde cerebral, além disso o mesmo artigo investiga diferentes intensidades de exercício e mostra que apenas exercícios de alta intensidade aumentam significativamente os níveis de BDNF (Cefis *et al.*, 2023). Exercícios de menor intensidade, por outro lado, não resultaram em um aumento perceptível dos níveis de BDNF, indicando que a intensidade do exercício é um fator determinante para essa resposta neurobiológica (Ceylan *et al.*, 2024). Em um estudo recente realizado em nosso laboratório verificamos que uma sessão única de exercício de corrida moderada é capaz de melhorar a memória de roedores mas não identificamos aumento da síntese de BDNF no hipocampo nos animais exercitados nas primeiras horas após o exercício, embora a infusão de inibidores da síntese protéica tenha reduzido os benefícios advindos da prática do exercício (Lima *et al.*, 2024).

Em seres humanos, no entanto, são poucas as pesquisas que estudam o exercício agudo e a cognição. Uma pesquisa recente mostrou que a prática de uma sessão de exercício pode modular positivamente a memória de idosos, promovendo uma maior ativação cerebral após uma única sessão de exercício, o que sugere que o exercício pode aumentar os processos neurais subjacentes à ativação da memória (Won *et al.*, 2019). Outro estudo demonstrou que, em idosos com comprometimento cognitivo leve, uma sessão de exercício após a aprendizagem aumenta significativamente os níveis de noradrenalina (medida indiretamente, pela atividade da alfa-amilase salivar), além de melhorar a memória de uma aprendizagem prévia (Segal *et al.*, 2012). No entanto, os estudos com jovens em idade escolar, no contexto educacional real, são raros.

A este respeito, um estudo recente (Tamura *et al.*, 2022) examinou se a prática de exercícios físicos durante uma aula universitária teria efeito benéfico na motivação de aprendizagem dos alunos. Ao longo de dois meses, a cada aula os participantes realizaram ou não uma atividade física (exercício aeróbico de baixa intensidade por 3 minutos). Os participantes relataram maior vigor e menor fadiga durante a aula quando se exercitaram do que quando se envolveram em atividades de controle. Embora neste estudo não tenha sido mensurada a aprendizagem em si,

os achados sugerem que exercícios de curta duração em ambiente de aprendizagem podem aumentar a motivação dos alunos em sala de aula, o que é um achado importante, considerando que a motivação tem grande potencial de melhorar a aprendizagem dos estudantes.

2.2 Mecanismos neurais envolvidos na consolidação da memória e nos efeitos do exercício agudo

Entendemos como memória a capacidade que o indivíduo tem de reter e armazenar informações adquiridas, possibilitando alteração no comportamento com base na experiência ao longo da vida (Xavier, 1996). Durante toda a nossa vida, as variadas experiências que acumulamos desempenham um papel crucial na formação de diferentes tipos de memórias. De acordo com estudos na área de neurociência cognitiva (Baddeley, 2001; Izquierdo, 2018), essas memórias podem ser sistematicamente classificadas com base em diferentes critérios. Em termos gerais, as memórias são categorizadas conforme sua função (como memórias de trabalho e propriamente dita), seu conteúdo (como memórias declarativas e não declarativas) e sua duração temporal (memórias de curta duração, longa duração e remota). Essas classificações são fundamentais para compreender os mecanismos subjacentes ao armazenamento e à recuperação das informações em nosso cérebro.

2.2.1 Classificação das Memórias quanto à Função, Conteúdo e Duração Temporal

A memória é uma das funções mais complexas e fascinantes do cérebro humano, essencial para o aprendizado e a adaptação ao ambiente (Izquierdo, 2018). A compreensão de sua classificação é crucial para o avanço das ciências cognitivas e neurociências (Lai et al., 2024). As memórias podem ser categorizadas conforme sua função, conteúdo e duração temporal (Yan et al., 2024; Nguyen et al., 2024) (Figura 1).

As memórias propriamente ditas podem, ainda, ser classificadas considerando seu conteúdo ou seu tempo de duração. Quanto ao conteúdo, podemos classificá-las em dois tipos principais de memória:

(i) Memórias Declarativas (Explícitas): São aquelas que podem ser conscientemente evocadas e verbalizadas. Incluem as memórias episódicas e semânticas. As episódicas referem-se a recordações de eventos e experiências pessoais específicas no tempo e no espaço, por exemplo, lembrar-se do seu último aniversário. Já as memórias semânticas, envolvem conhecimentos gerais sobre o mundo, fatos e conceitos que não estão ligados a um contexto temporal específico; por exemplo, saber que Paris é a capital da França (Baddeley, 2001; Izquierdo, 2018).

(ii) Memórias Não Declarativas (Implícitas ou Procedurais): Estas não são facilmente verbalizáveis e são adquiridas através de experiências e práticas repetitivas. São memórias relacionadas a habilidades motoras e hábitos, como andar de bicicleta ou tocar um instrumento musical (Baddeley, 2001; Izquierdo, 2018).

Quanto à classificação temporal das memórias propriamente ditas, consideramos três tipos de memória:

(i) Memória de Curta Duração (MCD): As MCD são memórias que podem durar algumas horas, e envolvem atividade elétrica e neuroquímica em regiões cerebrais específicas, como o hipocampo. Estas memórias são importantes para garantir nossa capacidade de utilizar a informação nas primeiras horas após sua aquisição, enquanto podem estar se consolidando as memórias de longa duração, mas elas não formam arquivos duradouros (Izquierdo *et al.*, 2013; McGaugh, 2000).

(ii) Memória de Longa Duração (MLD): Envolve o armazenamento de informações por períodos mais longos. Este tipo de memória requer processos de consolidação hipocampal, envolvendo mudanças neuroplásticas que requerem a expressão de novos genes e síntese de novas proteínas (como o BDNF), processo que demora algum tempo, período no qual as MLD não são acessíveis (neste caso, destaca-se a importância da MCD no período de tempo no qual as MLD estão em consolidação). Outra fase mais tardia de consolidação das MLD é mediada pelo sono, quando as informações são transferidas de redes neurais hipocampais para o córtex cerebral (Izquierdo *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2017).

(iii) Memória Remota: Refere-se a MLD que foram armazenadas há muito tempo, geralmente anos ou até décadas. Essas memórias muitas vezes dependem de redes neurais distribuídas por várias áreas do cérebro, indicando a complexidade da sua manutenção e recuperação (Izquierdo *et al.*, 2013).

A persistência é o principal atributo de característica da MLD (Mcgaugh, 2000, Izquierdo *et al.*, 2006). Após consolidada, a MLD pode persistir por horas, dias ou anos (Mcgaugh, 2000) e esse tempo de persistência dependerá de inúmeros fatores, tais como idade, condição emocional no momento da aquisição e consolidação, estado de alerta, entre outros (Cahill, 1998).

Os benefícios que a prática de exercício físico trazem para a memória já foram amplamente discutidos, e já foi evidenciado que o exercício físico pode influenciar positivamente a memória por meio de diversos mecanismos. Sabe-se que a exposição ao exercício físico regular, por exemplo, modula positivamente a expressão do BDNF, aumenta a excitabilidade neuronal, influencia a liberação de neurotransmissores, promove o aumento da excitabilidade neuronal, assim como o crescimento da coluna dendrítica, etc. (Loprinzi *et al.*, 2017). Todos estes eventos influenciam a capacidade de consolidação das MLD. No que diz respeito aos efeitos e mecanismos de uma sessão única de exercício físico, no entanto, o conhecimento científico ainda é bastante limitado. Evidências sugerem que uma única sessão de exercício físico seria capaz de aumentar os níveis de dopamina e seus metabólitos em várias regiões do cérebro, incluindo o hipocampo, córtex pré-frontal, corpo estriado e mesencéfalo (Vargas *et al.*, 2020).

Pesquisas anteriores definiram alguns processos que determinam a persistência de uma memória (Rossato *et al.*, 2009). Um desses processos envolve a ativação de neurônios dopaminérgicos da área tegmental ventral, cujos axônios inervam a região CA1 do hipocampo, estimulando os receptores de dopamina D1 e levando à rápida síntese e liberação do BDNF no hipocampo. A ativação desse sistema resulta no fortalecimento das sinapses hipocâmpais, que participam da consolidação e persistência da memória por pelo menos mais duas ou três semanas (Medina *et al.*, 2008). Estudos desenvolvidos dentro desta Universidade, mostraram, utilizando modelos animais, que uma única sessão de exercício físico (corrida em esteira) realizada logo após uma aprendizagem de reconhecimento de objetos, age

melhorando a persistência da memória de reconhecimento, efeito que é dependente de mecanismos catecolaminérgicos hipocampais (Vargas *et al.*, 2020; Vargas *et al.*, 2017).

Em um primeiro momento, evidenciou-se que o efeito modulatório de uma sessão de exercício físico é dependente do aumento dos níveis de noradrenalina e da ativação de receptores beta-adrenérgicos hipocampais (Vargas *et al.*, 2017). Estudos mais recentes investigaram o papel do sistema dopaminérgico hipocampal e dos seus receptores D1 e D5 no efeito modulador de uma única sessão de exercício físico na memória de reconhecimento de roedores (Ramires *et al.*, 2021), evidenciando que o exercício agudo também induz o aumento dos níveis hipocampais de dopamina, e que seu efeito sobre a memória requer a ativação de receptores D1 no hipocampo. O estudo ainda trouxe novas evidências, sugerindo a ativação da PKA pela estimulação dos receptores D1 como mecanismo diretamente envolvido na mediação desses efeitos (Ramires *et al.*, 2021).

2.3 Exercício físico e aprendizagem no contexto escolar

Aprendizagem e memória são dois conceitos intrinsecamente relacionados. Não existe forma de aprender sem formar uma memória, pois é a memória que permite que possamos lembrar, no futuro, de informações previamente adquiridas. No entanto, a aprendizagem que buscamos fomentar no contexto escolar é muito mais do que a capacidade de formar e evocar uma memória. Ela envolve ser capaz de evocar a informação e utilizá-la em diferentes contextos, de forma inovadora e criativa (Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009; Berger *et al.*, 2020). Assim, a memória é essencial para o processo de aprendizagem, mas o verdadeiro objetivo educacional é utilizar essa memória de maneira adaptativa e inovadora em várias situações. De qualquer forma, a força do traço mnemônico influencia diretamente na qualidade da memória, e, portanto, na capacidade de aprender.

A relação entre exercício físico e aprendizagem tem sido amplamente estudada, revelando benefícios significativos para o desenvolvimento cognitivo e acadêmico dos estudantes. Estudos indicam que a prática regular de exercícios físicos contribui para o desenvolvimento de funções cognitivas essenciais, como memória,

atenção e resolução de problemas. A atividade física aumenta a neurogênese e a plasticidade sináptica, facilitando a aprendizagem e retenção de informações. Por exemplo, pesquisas mostram que o exercício físico aumenta a produção de fatores neurotróficos, como o BDNF, que é crucial para a saúde sináptica e a plasticidade neuronal. Esses fatores são fundamentais para que ocorra a consolidação da MLD, contribuindo para a melhora do desempenho cognitivo geral (Jaberi & Fahnestock, 2023). Além disso, estudos de imagem cerebral revelaram que a atividade física regular pode aumentar o volume da matéria cinzenta em regiões específicas do cérebro, como o hipocampo, estrutura essencial para a memória, em especial para o processo de consolidação da MLD. Essas mudanças estruturais também estão associadas a melhorias nas funções executivas e na atenção (Srinivas *et al.*, 2021), aspectos que podem facilitar a aquisição das informações.

Cabe mencionar, ainda, que os exercícios físicos promovem a liberação de endorfinas, substâncias químicas que modulam o humor, reduzindo os níveis de estresse e ansiedade (Basso, & Suzuki, 2017). Isso cria um ambiente emocional mais propício para a aprendizagem, aumentando a capacidade dos alunos de se concentrar e participar ativamente nas aulas (Lin & Gao, 2023). Estudos demonstram que atividades físicas intensas, como corrida ou ciclismo, aumentam significativamente os níveis dessas substâncias, que atuam como analgésicos naturais e ajudam a reduzir a percepção de dor. Além disso, a liberação de endorfinas está associada a uma melhora do humor, redução dos sintomas de depressão e alívio do estresse, criando uma sensação geral de euforia e relaxamento (Basso, & Suzuki, 2017).

A prática regular de exercícios também tem um impacto positivo na ansiedade. As endorfinas liberadas durante a atividade física modulam a resposta ao estresse, diminuindo os níveis de cortisol no corpo. Essa redução no cortisol ajuda a diminuir a sensação de tensão e ansiedade, promovendo um estado mental mais calmo e equilibrado. Portanto, a combinação da liberação de endorfinas e a redução do cortisol faz dos exercícios físicos uma ferramenta eficaz para a manutenção da saúde mental e emocional (Basso, & Suzuki, 2017). Ainda, existem evidências da importância de emoções positivas, como motivação e autorrealização, que podem ser estimuladas através da atividade física. Essas emoções são cruciais para o bem-estar físico e mental dos alunos, contribuindo para uma aprendizagem mais eficaz (Seligman *et al.*, 2003).

A prática de esportes e atividades físicas em grupo promove a socialização e a cooperação entre os alunos. Atividades físicas coletivas incentivam a cooperação, o trabalho em equipe e a construção de relacionamentos positivos, fatores que são essenciais para um ambiente de aprendizagem mais motivador e engajado (Lin & Gao, 2023). A interação social promovida por essas atividades físicas pode ajudar os alunos a desenvolver habilidades sociais importantes e a se sentirem mais conectados com seus colegas, o que, por sua vez, pode melhorar seu desempenho acadêmico (Bull *et al.*, 2022). Pesquisas destacam que crianças e adolescentes que praticam exercícios físicos regularmente apresentam um desempenho acadêmico superior. A prática de exercícios físicos regulares, aliada à uma alimentação adequada, resulta em uma melhora significativa no desenvolvimento físico, motor e cognitivo dos estudantes (Ferreira & Magalhães, 2007).

Conforme demonstram as evidências previamente citadas, o exercício é um potencial instrumento para modulação da aprendizagem, e podemos utilizá-lo na escola, não só para promoção da saúde e bons hábitos de vida, mas também como melhorador da aprendizagem. Ademais de todos os efeitos benéficos que o exercício físico desenvolve na neuroplasticidade, que estão intimamente ligados à melhora do aprendizado e da memória, é importante salientar que o exercício pode modular outras funções cognitivas importantes para o sucesso dos processos de memória, como atenção, ansiedade, humor, emoções, entre outras (Izquierdo, 2018). Neste sentido, os espaços educativos, como as escolas, devem ser ambientes que promovam emoções e estados mentais positivos, de tal forma que contribuam para a formação do aprendizado e da memória, e a prática de exercício físico está associada à diminuição da ansiedade e do estresse, o que pode facilitar no enfrentamento de problemas bem característicos dessa fase de começo da adolescência (Mello-Carpes, 2020). Pesquisas mostraram que programas de atividade física regular estão associados a efeitos positivos no desempenho acadêmico de crianças pré-adolescentes (De Greeff, 2018).

Todas essas melhorias já citadas, acabam por influenciar de forma muito positiva os processos de aprendizagem e memória, qualificando-os. Levando em conta todas essas descobertas evidenciadas pelos estudos citados, é de extrema importância que consideremos o exercício físico como uma ferramenta no intuito de melhorar o aprendizado dos nossos jovens em idade escolar. Neste sentido, é

importante não só que as escolas estimulem a prática de atividade física, fornecendo profissionais capacitados para orientar essa prática e espaços onde os alunos possam praticar exercícios físicos, como também pensando na organização do espaço-tempo de escola de forma a facilitar a promoção da modulação da aprendizagem pelo exercício.

Entretanto, nos últimos anos, diversas políticas públicas têm impactado a carga horária destinada à Educação Física nas escolas, resultando em uma redução significativa do tempo dedicado a essa disciplina. Em muitos países, inclusive no Brasil, a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem promovido ajustes curriculares que, em alguns casos, resultaram na diminuição do tempo de aula para Educação Física (Prietto & Souza, 2020). A BNCC, que define o conjunto de aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas pelos estudantes ao longo das etapas da educação básica, tem enfatizado áreas como língua portuguesa e matemática, muitas vezes em detrimento de disciplinas como a Educação Física.

Além disso, em algumas regiões, políticas de reestruturação escolar e cortes orçamentários têm levado à redução de professores de Educação Física, limitando ainda mais a oferta de atividades físicas regulares para os estudantes (Bandeira et al., 2022). Esse movimento é acompanhado por uma crescente pressão para aumentar o desempenho em exames padronizados, o que leva muitas escolas a priorizar disciplinas consideradas "essenciais" para esses testes, relegando a Educação Física a um segundo plano.

A redução da carga horária de Educação Física nas escolas é preocupante, pois contraria as diretrizes de saúde pública que promovem a atividade física como uma estratégia fundamental para combater a obesidade infantil e melhorar o bem-estar geral dos alunos (Wang, 2017). Nesse sentido, a redução do tempo dedicado à Educação Física pode ter consequências negativas para o desenvolvimento físico e mental das crianças, exacerbando problemas como sedentarismo e doenças associadas a estilos de vida inativos

Conforme mencionado, estudos prévios demonstraram, especialmente em modelos animais, que uma sessão única de exercício físico realizada logo após a aprendizagem é capaz de melhorar a qualidade da memória, promovendo a sua

persistência por meio da ativação de mecanismos catecolaminérgicos (da Silva de Vargas *et al.*, 2017; Ramires Lima *et al.*, 2021). Estes efeitos têm um grande potencial quando consideramos o contexto escolar. Assim, o tempo destinado à prática de exercício físico no contexto escolar poderia ser repensado e melhor distribuído, uma vez que esta é uma poderosa ferramenta que podemos usar para melhorar o desempenho escolar dos estudantes (Mello-Carpes, 2020). Sendo assim, a inclusão do exercício físico na rotina escolar, com sessões de prática em alguns intervalos de aulas com conteúdos mais complexos, poderia, teoricamente, qualificar a aprendizagem dos estudantes (Mello-Carpes, 2020).

Neste contexto, entender os efeitos da prática de uma sessão de exercício físico após uma aprendizagem escolar traz a possibilidade de, no futuro, elaborarmos estratégias metodológicas e políticas públicas que garantam o desenvolvimento do potencial cognitivo dos estudantes.

3. JUSTIFICATIVA

É de extrema importância que o conhecimento obtido dentro dos laboratórios universitários faça o caminho de translação, de forma que possa ser aplicado na sociedade humana. A integração entre ciência e educação pode proporcionar avanços significativos na forma como abordamos a educação, permitindo um desenvolvimento mais completo e pleno das capacidades cognitivas dos estudantes. No caso da neurofisiologia da aprendizagem, é fundamental que os aspectos neurobiológicos sejam também aplicados no contexto escolar, desempenhando, ao contribuir para melhoria da aprendizagem, um papel essencial dentro da nossa sociedade.

Diversos grupos de pesquisa, incluindo do Grupo de Pesquisa em Fisiologia da Unipampa (GPFis), têm desenvolvido estudos investigando os efeitos da prática de exercício físico na aprendizagem e memória. Tais estudos, realizados em modelos animais, demonstram que o exercício físico, inclusive uma sessão única dele, pode promover a melhora da consolidação da memória, levando à sua persistência por mais tempo, e estudam os mecanismos e cascatas neuroquímicas envolvidas (Vargas *et al.*, 2017; Ramires *et al.*, 2021). Neste projeto propomos verificar se estes efeitos obtidos em laboratório de pesquisa básica também se aplicam ao contexto educacional. Neste caso, poderemos qualificar a aprendizagem dos estudantes, contribuindo para a organização escolar e trazendo um novo olhar à prática de atividade física no contexto escolar.

Embora já presente nas escolas, a Educação Física poderia ser organizada de uma maneira mais estratégica, a fim de melhorar não só o nível de atividade física praticada pelos alunos, promover saúde e o seu desenvolvimento motor, mas também potencializar a aprendizagem e funções cognitivas dos mesmos. Exercícios aeróbicos, como corrida e ciclismo, podem ser inseridos estrategicamente antes, durante ou imediatamente após aulas específicas para facilitar a consolidação da memória e o aprendizado subsequente (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008; Merege *et al.*, 2014). Atividades físicas integradas ao conteúdo escolar podem reforçar o aprendizado de forma lúdica, usando jogos que envolvem conceitos aprendidos em sala de aula, promovendo o engajamento físico e mental dos alunos (Merege *et al.*, 2014). Além disso, sessões de exercício intervalado de alta intensidade (HIIT) podem ser incorporadas ao longo do dia escolar para melhorar a função executiva e a memória

de trabalho, aumentando o estado de alerta e a atenção dos alunos (Tschakert et al., 2016). Finalmente, a Educação Física também pode ser utilizada como uma ferramenta para a regulação emocional, com atividades que ajudam a reduzir o estresse e a ansiedade, preparando os alunos emocionalmente para o aprendizado (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008).

Também destacamos a afinidade e interesse da autora pela temática, partindo de suas experiências e vivências acadêmicas, principalmente, no projeto “POPNEURO: Ações de Divulgação e Popularização da Neurociência”, vinculado ao GPFis, onde teve a oportunidade de trabalhar diretamente com estudantes e com a neurofisiologia. A partir do contato direto com esses jovens e da convivência com seus anseios e dúvidas, emergiu a percepção da necessidade de uma atuação e atenção especial voltada a esse grupo de indivíduos, que apresenta particularidades e especificidades que precisam ser consideradas. Desta forma, pretendemos contribuir para a ampliação do conhecimento científico na área da Neurofisiologia e Comportamento, especificamente na temática que se refere à modulação da consolidação e persistência da aprendizagem e memória, o que pode trazer melhorias no contexto de aprendizagem e qualificação da educação brasileira.

Acreditamos que a produção científica oriunda deste estudo pode representar uma contribuição para a área, não somente no cenário desta pesquisa, podendo ser estendida a outros serviços e ser aplicada na construção de futuras políticas públicas de Educação. Além de contribuir com a resposta de questões fundamentais da ciência básica, relacionadas aos mecanismos biológicos envolvidos na persistência das memórias, o presente trabalho propõe uma metodologia inovadora de aplicação direta dos resultados no contexto educacional.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste estudo foi transladar o conhecimento obtido dentro do laboratório de pesquisa básica com modelos experimentais, e levá-lo para dentro da escola, avaliando se a inclusão de uma sessão única de exercício físico realizada por estudantes da Educação Básica após um aprendizado escolar é capaz de facilitar e qualificar a aprendizagem deles.

4.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta dissertação incluíram:

- Verificar se uma única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, melhora a consolidação da aprendizagem/memória de estudantes da Educação Básica, através de testes de conhecimento;
- Verificar se uma única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, melhora a persistência da aprendizagem/memória de estudantes da Educação Básica, através de testes de conhecimento;
- Verificar se uma única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, aumenta a ativação do sistema noradrenérgico em estudantes da Educação Básica, através de testes da mensuração indireta, via alfa-amilase salivar;
- Verificar se uma única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, ao melhorar a sua aprendizagem, diminui a ansiedade dos estudantes da Educação Básica em momentos de testagem, através da avaliação da ansiedade (IDATE-Estado) e dos níveis de cortisol e alfa-amilase salivar;
- Compreender os efeitos modulatórios e mecanismos de ação do exercício

físico agudo sobre a consolidação e persistência da aprendizagem em contexto escolar;

- Contribuir para a produção de evidências científicas que fundamentem a organização escolar e subsidiem futuras políticas públicas para melhoria da qualidade da Educação.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Sujeitos de pesquisa e delineamento experimental

Os experimentos aqui descritos foram realizados após aprovação do protocolo de pesquisa pela Comissão de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Pampa (CEP) (ANEXO I).

Foram convidados a participar deste estudo 154 estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental, provenientes de duas escolas públicas diferentes (Escola Municipal de Ensino Fundamental Moacyr Ramos Martins e Escola Estadual de Ensino Médio Dom Hermeto, de Uruguaiana/RS), distribuídos em quatro turmas. Todos os estudantes que concordaram em participar da pesquisa assinaram o Termo de Assentimento (TA). No caso dos menores de 18 anos, o consentimento dos pais ou representantes legais foi requerido, através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Dos 154 estudantes, 137 entregaram o TA e o TTCLE devidamente assinados (Figura 2).

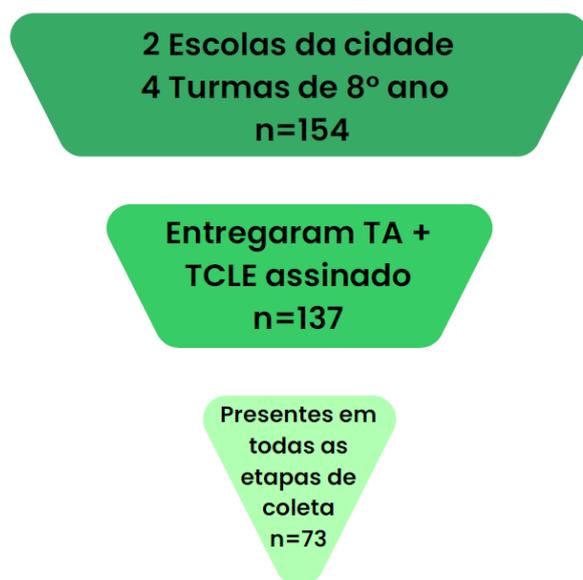


Figura 2: Diagrama ilustrativo do processo de seleção dos participantes para o estudo. TA = Termo de Assentimento; TCLE = Termo de Compromisso Livre e Esclarecido. Fonte: A autora (2024).

Inicialmente, pretendíamos trabalhar apenas com estudantes de uma escola

(Escola Municipal de Ensino Fundamental Moacyr Ramos Martins), no entanto, após a finalização da primeira etapa de coleta de dados na referida escola, verificou-se que o número amostral havia ficado abaixo do calculado no momento da elaboração do projeto. Por se tratar de um estudo envolvendo humanos, algumas variáveis, que serão discutidas mais adiante, foram um impedimento para que uma parte dos alunos conseguisse estar presente em todos os momentos da coleta. Assim, com o objetivo de aumentar o número de sujeitos da pesquisa, pactuamos com uma segunda escola, a Escola Estadual de Ensino Médio Dom Hermeto, de Uruguai/RS, uma nova rodada de coleta de dados. Neste momento também foram envolvidas duas turmas de 8º ano, utilizando o mesmo protocolo que norteou as atividades realizadas na primeira escola.

Todos os alunos tiveram a oportunidade de participar das atividades propostas durante o estudo, independentemente de terem assinado ou não o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). No entanto, o TCLE foi assinado antes de realizar qualquer intervenção experimental, garantindo que os alunos estivessem cientes dos aspectos principais da pesquisa e concordassem, voluntariamente, em participar. A participação no estudo foi conduzida de forma a garantir a autonomia dos estudantes e reduzir qualquer vulnerabilidade ou pressão indevida para participar.

Embora todos os alunos tenham tido a oportunidade de participar de todas as fases da pesquisa, alguns faltaram aula em dias de coleta, não participando de alguma etapa. Ao final, apenas os dados daqueles que assinaram o TA, o TCLE, e participaram de todas as etapas da pesquisa foram incluídos na análise final (Figura 2). Isso significa que a coleta de dados ocorreu de maneira abrangente, mas a análise foi restrita aos dados dos alunos que autorizaram explicitamente o uso de suas informações e que estiveram presentes nas diferentes etapas. Essa abordagem garantiu que a decisão de cada aluno sobre a utilização dos seus dados fosse totalmente informada e respeitasse sua autonomia.

Além disso, as notas das avaliações foram divulgadas somente após a conclusão de todas as fases de coleta de dados, como uma forma de devolutiva aos participantes. Essa decisão foi tomada para evitar que o *feedback* imediato

influenciasse o comportamento dos alunos nas fases subsequentes do estudo, o que poderia comprometer a integridade dos resultados. Se os alunos tivessem recebido *feedback* imediato, isso poderia ter impactado variáveis como os níveis de ansiedade e a percepção de autoconhecimento, afetando o desempenho em avaliações posteriores.

O convite para participar da pesquisa foi realizado em horários previamente acordados entre a equipe diretiva das duas escolas envolvidas e o grupo de pesquisa, com a comunicação conduzida pela aluna de pós-graduação e pela coordenadora do projeto (orientadora).

O delineamento da pesquisa (Figura 3) objetivou avaliar os efeitos modulatórios do exercício físico na consolidação e persistência de uma aprendizagem escolar. Para tal, utilizaram-se testes de aprendizagem, de avaliação da ansiedade, e medidas bioquímicas. Previamente ao início do protocolo de pesquisa propriamente dito, foram realizadas coletas de saliva para medidas bioquímicas basais, além da apresentação da equipe de pesquisa aos estudantes e habituação ao protocolo de exercício físico e monitoramento da frequência cardíaca.

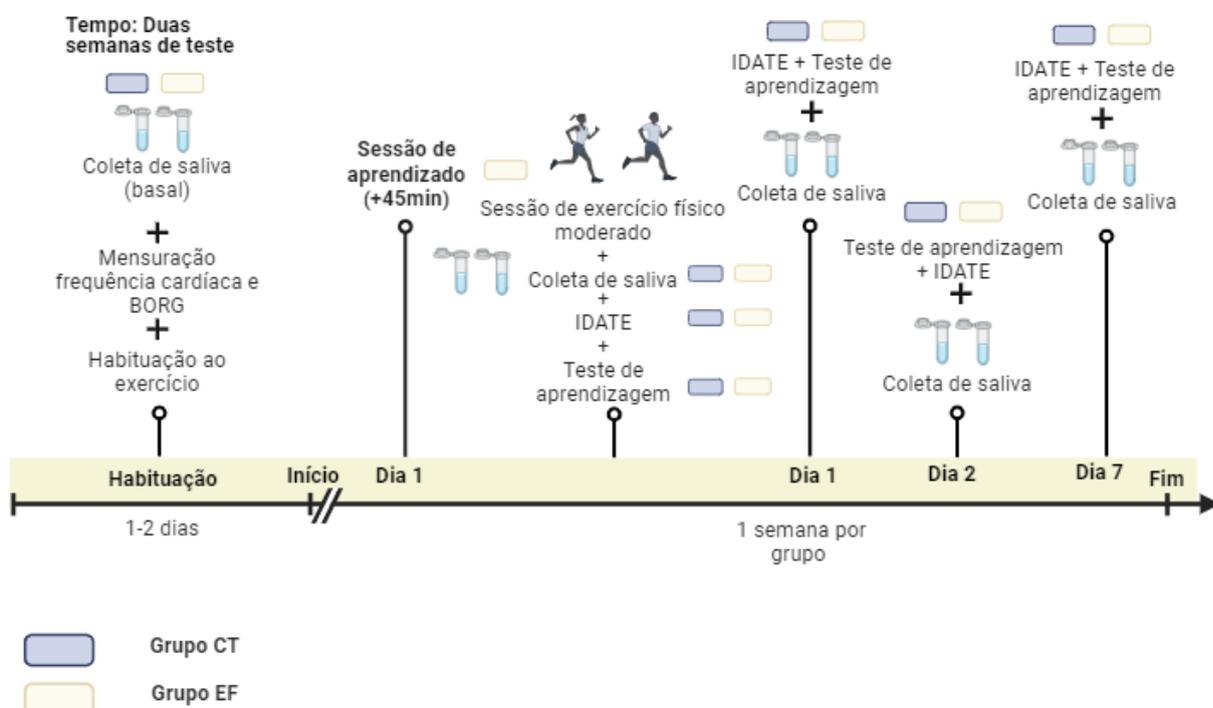


Figura 3: Delineamento Experimental. Em um primeiro momento foi realizada a habituação dos sujeitos, juntamente a coleta de saliva para medidas basais de cortisol e amilase salivar. Em seguida, no dia 1, as duas turmas assistiram a aula com o conteúdo de ciências. Logo após a aula as turmas foram divididas em dois grupos: Grupo Controle (CT), que seguiu a rotina habitual sem exercício físico; e, Grupo Exercício Físico (EF), que realizou 30 minutos de atividade física orientada. Coletas de saliva para dosagem de cortisol e amilase salivar foram realizadas para medir níveis de estresse e ativação noradrenérgica logo após o exercício. Testagens de aprendizagem, coleta de saliva, aplicação do IDATE e do teste de percepção de aprendizagem foram realizadas em diferentes tempos (3h, 24h e 7 dias) após o exercício (ou tempo equivalente para o CT). Fonte: Elaborado por Ana Luiza Trombini Tadielo (2023).

Nas duas escolas todos os procedimentos foram realizados como parte das atividades pedagógicas da disciplina de Ciências do currículo do 8º ano das escolas. O delineamento experimental envolveu a prática de uma sessão de exercício físico logo após uma aula de Ciências, no caso do grupo Intervenção, o que não foi proposto ao grupo controle. Os conteúdos e aulas consideradas nas coletas foram ministrados pelos professores titulares de Ciências em todas as turmas, em cada uma das escolas, mantendo o planejamento pedagógico do docente, evitando assim, que houvesse qualquer novidade na rotina dos alunos. Para fins de avaliação da aprendizagem no presente estudo, o conteúdo curricular de Biologia Celular e Histologia foi abordado, considerando a própria sequência estabelecida no currículo da escola, abrangendo tópicos específicos que são essenciais para a compreensão dessas áreas (Tabela 1). O objetivo de aprendizagem deste conteúdo visava a compreensão ampla e detalhada dos conceitos fundamentais de Biologia Celular e Histologia, bem como a capacidade de aplicar esse conhecimento em contextos práticos e teóricos. Para a abordagem dos conteúdos mencionados, foi utilizada uma aula teórico-conceitual com estratégia expositiva e dialogada e apoio de recursos visuais, como projetor e quadro branco, ou seja, uma aula expositiva tradicional.

Tabela 1. Conteúdos de Biologia Celular e Histologia trabalhados pelo professor de Ciências.

Conteúdo	Tópico	Descrição
----------	--------	-----------

1. Biologia Celular	
Conceito de Célula Procarionte	Definição e características das células procariontes, incluindo sua estrutura simples e a ausência de núcleo definido.
Exemplos de Células Procariontes	Discussão sobre bactérias e arqueas como exemplos de células procariontes, destacando suas adaptações e habitats.
Conceito de Célula Eucarionte	Definição e características das células eucariontes, incluindo a presença de núcleo e organelas membranosas.
Organelas Comuns para as Células Eucariontes e Procariontes	Descrição de organelas como ribossomos, que estão presentes tanto em células procariontes quanto em eucariontes.
Células Eucariontes Animal e Vegetal	Comparação entre células eucariontes animais e vegetais, destacando as diferenças e semelhanças estruturais e funcionais.
Organelas Comuns para as Células Eucariontes Animal e Vegetal	Análise das organelas presentes em ambas as células, como núcleo, mitocôndrias e retículo endoplasmático.
Função da Membrana Plasmática/Parede Celular	Explicação sobre a função de proteção e regulação do transporte de substâncias da membrana plasmática e da parede celular nas plantas.
Função do Núcleo/Material Genético	Detalhamento do papel do núcleo como centro de controle da célula e da importância do material genético na hereditariedade e funcionamento

	celular.
Função da Mitocôndria	Descrição da mitocôndria como a "usina de energia" da célula, responsável pela produção de ATP através da respiração celular.
Função do Cloroplasto	Explicação sobre o cloroplasto, organela exclusiva das células vegetais e algumas algas, que realiza a fotossíntese e produz energia na forma de glicose.
2. Histologia	
Definição de Tecido Muscular	Descrição do tecido muscular, suas características e função no movimento.
Exemplos de Tecidos Musculares	Discussão sobre os diferentes tipos de tecidos musculares, como o músculo esquelético, cardíaco e liso, e suas respectivas funções e localizações no corpo.
Definição de Tecido Ósseo	Explicação sobre o tecido ósseo, suas funções de suporte e proteção.
Definição de Tecido Sanguíneo	Descrição do tecido sanguíneo, sua composição e função no transporte de nutrientes, gases e resíduos metabólicos pelo corpo.
Definição de Tecido Adiposo	Análise do tecido adiposo, sua função de armazenamento de energia e proteção dos órgãos internos.
Exemplos de Tecidos Conjuntivos	Discussão sobre os diferentes tipos de tecidos conjuntivos, como tecido conjuntivo frouxo, denso, cartilaginoso, e suas funções de suporte e conexão entre outros tecidos e órgãos.

Imediatamente após a aula, para dar seguimento aos procedimentos da pesquisa, as turmas foram divididas em dois grupos de estudantes:

- Grupo Controle (CT): Os estudantes deste grupo (n = 35) assistiram a aula de Biologia Celular, mas não realizaram exercício físico após, seguindo a rotina escolar habitual, sendo tomado apenas cuidado para que não fossem realizadas atividades esportivas ou aulas de Educação Física escolar logo após a aula;
- Grupo Exercício Físico (EF): Os estudantes deste grupo (n = 38) assistiram a mesma aula que o grupo CT, e, imediatamente após essa aula, realizaram uma atividade física orientada com duração de 30 minutos.

A fim de entender alguns dos possíveis mecanismos envolvidos nos efeitos observados, foi realizada a coleta de saliva para dosagem dos níveis de cortisol e de amilase salivar logo após o exercício, ou em tempo equivalente, no caso do grupo CT, o primeiro como uma medida de nível de estresse, e o segundo objetivando mensurar a ativação noradrenérgica.

Diferentes tempos após a sessão de aquisição (aula), os estudantes foram avaliados através de testagem de aprendizagem do conteúdo. A cada testagem uma nova coleta de saliva foi realizada e o IDATE foi aplicado, para inferência do estado de ansiedade pré-teste. Além disso, um teste de percepção de aprendizagem também foi aplicado, visando analisar a confiança dos alunos em seu conhecimento no momento das testagens.

Este protocolo foi aplicado em dois momentos distintos na primeira escola, onde 15 dias após a primeira intervenção (aula de Biologia Celular) os grupos foram invertidos, de modo que quem era grupo CT passou a ser grupo EF (aula de Histologia). Esta metodologia foi adotada para evitar que os alunos do grupo CT fossem privados de alguma estratégia que pudesse ser benéfica ao aprendizado e também como forma

de aumentar o número amostral. Até o momento, não foi viável realizar a mesma estratégia na segunda escola, por conta da catástrofe climática ocorrida no Estado do Rio Grande do Sul. Em função do evento, que resultou em uma grande enchente na cidade de Uruguaiana/RS, além das escolas terem permanecido alguns dias sem atividades, o laboratório contratado para realizar as análises bioquímicas de cortisol e amilase salivar ficou impossibilitado de enviar as amostras para análise do laboratório parceiro, que fica localizado em Porto Alegre/RS, uma das cidades gaúchas mais afetadas pelo evento climático, cujo acesso ficou prejudicado por longo período. Além disso, considerando os aspectos emocionais relacionados à tragédia, entendemos que algumas avaliações, como as medidas bioquímicas e o IDATE, poderiam ser alteradas por eventos externos ao protocolo de pesquisa. Sendo assim, quando as atividades escolares forem retomadas na sua normalidade, iremos realizar a segunda etapa da intervenção com estes alunos, com o mesmo objetivo de não privar nenhum estudante a oportunidade de realizar qualquer estratégia que venha a beneficiar o aprendizado deste grupo de alunos.

5.2 Protocolos experimentais

5.2.1 Protocolo de exercício físico

O exercício físico utilizado neste estudo foi aeróbico, realizado no ginásio da escola. Consistiu em um circuito de 30 minutos, composto por 7 minutos de caminhada, passadas de agilidade em volta de cones (4x) e 25 polichinelos, repetido 3 vezes. Durante a atividade, os participantes foram orientados a monitorar o ritmo cardíaco, a respiração, a sudorese e a fadiga muscular, mantendo a intensidade moderada, conforme a escala de percepção de esforço de Borg (Figura 4, adaptada de Borg, 2020).



Figura 4: Escala de percepção de esforço de Borg utilizada no estudo. Fonte: Adaptada pela autora no Canva (2024).

Para assegurar que a intensidade do exercício fosse mantida, foram realizadas três medições da frequência cardíaca (FC), juntamente com a utilização da Escala de Borg, ao final de cada circuito.

A aferição da frequência cardíaca (FC) é uma técnica crucial para monitorar a intensidade do exercício e garantir que os participantes mantenham-se dentro da faixa de esforço adequada. A FC pode ser medida de forma simples utilizando um monitor de frequência cardíaca ou manualmente, localizando o pulso no pulso ou no pescoço e contando o número de batimentos por minuto (bpm). Zhang, (2022) demonstra que a FC é uma medida confiável para avaliar a função cardiovascular e ajustar a intensidade do exercício de maneira objetiva, evitando a "cegueira" na organização da intensidade do treino. A faixa de frequência cardíaca ideal para exercícios moderados a intensos geralmente fica entre 60% a 85% da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) de um indivíduo, que pode ser estimada pela fórmula “220 menos a idade” do indivíduo. Manter a frequência cardíaca dentro dessa faixa é fundamental para maximizar os

benefícios do exercício sem sobrecarregar o corpo, garantindo que as adaptações cardiovasculares e cognitivas sejam otimizadas, ao mesmo tempo em que se minimizam os riscos de lesões ou complicações (Sixsmith et al., 2023; Quindry et al., 2019).

Embora os estudantes tenham recebido frequencímetros para monitorar sua FC considerando a possibilidade de falta de frequencímetros suficientes ou ao mau funcionamento dos disponíveis, optou-se pela aferição manual paralela da frequência cardíaca. Assim, os estudantes foram previamente treinados na palpação da artéria carótida ou radial, bem como no uso da escala de Borg no período de habituação (Figura 3). Esse treinamento foi essencial para que os alunos pudessem monitorar com precisão a sua própria frequência cardíaca, mesmo na ausência de frequencímetros funcionais. Além disso, foram instruídos no uso dos dispositivos disponíveis para complementar as medições, quando possível.

A escala de Borg, utilizada para medir o esforço subjetivo, classifica de 1 a 10 a percepção de esforço durante a atividade física, permitindo inferir alterações na frequência cardíaca através dos sinais corporais observados. Além disso, o Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado para cada estudante, utilizando a fórmula padrão $IMC = \text{Peso (kg)} / \text{Altura (m)}^2$. Os valores de IMC foram classificados conforme os critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS) nas seguintes categorias: baixo peso, peso normal, sobrepeso e obesidade.

5.2.2 Testes de aprendizagem

A consolidação da aprendizagem (memória declarativa semântica) dos dois grupos foi avaliada através de testes de conhecimento com 10 questões de diferentes níveis de dificuldade (2 de nível fácil, 4 intermediário e 4 difícil) relacionadas ao conteúdo trabalhado na aula que assistiram (apêndices A à L). Os testes foram construídos em parceria com o professor da disciplina de Ciências, e, para evitar aprendizagem por repetição, as questões dos testes eram similares quanto ao conteúdo e formato, mas não totalmente idênticas, e tiveram sua ordem embaralhada a cada

teste. Adicionalmente, um questionário de percepção de aprendizagem foi aplicado (apêndices M e N) a cada momento de testagem.

Os sujeitos realizaram os testes 3 horas, 24 horas e 7 dias depois de assistirem a aula (e, no caso do Grupo Intervenção, realizarem o exercício). A escolha desses intervalos de tempo para as testagens baseou-se em princípios neurobiológicos fundamentais e em estudos prévios em modelos animais. A consolidação da memória ocorre em fases distintas, com mudanças significativas nas primeiras horas após a aquisição da informação. Aproximadamente as primeiras 3 horas após a aquisição de novas informações são críticas para a fase inicial da consolidação da memória de longa duração (MLD), que é altamente dependente de processos moleculares e celulares no hipocampo. Durante essa janela, ocorrem mudanças rápidas na expressão gênica e na síntese de proteínas, como o Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF) e a CREB (Proteína de Ligação ao Elemento de Resposta ao AMP cíclico), que são fundamentais para estabilizar as sinapses recém-formadas (Izquierdo, 2018; McGaugh, 2000). Esses processos são essenciais para formação de MLD, que podem ser armazenadas para recuperação futura, mas, nestas primeiras horas, estas memórias estão indisponíveis, por estarem ocorrendo os processos que permitem seu armazenamento. Portanto, nesta etapa é requerida a memória de curta duração (MCD), que não depende da expressão de novos genes e proteínas, mas exclusivamente da ativação eletroquímica de redes neurais. Assim, testes realizados até 3h após a aquisição de informações são aceitos como avaliação da MCD.

Já a avaliação realizada 24 horas após a aprendizagem teve como objetivo avaliar a memória de longo prazo. Neste ponto, as memórias foram suficientemente consolidadas no hipocampo. Estudos indicam que a consolidação continua além deste período e envolve a reativação das redes neurais associadas à memória durante o sono, especialmente nas fases de sono REM (Movimento Rápido dos Olhos), que são conhecidas por facilitar a reorganização e a integração das memórias (Cahill e McGaugh, 1998; Medina et al., 2008).

Finalmente, a testagem 7 dias após a aprendizagem é projetada para avaliar a persistência da memória a longo prazo. Nesse estágio, as memórias que foram efetivamente consolidadas e integradas nas redes corticais permanecem estáveis, enquanto memórias menos consolidadas podem ser esquecidas ou sofrer interferência de novas aprendizagens. Este período mais longo permite observar a durabilidade da memória, refletindo a eficiência dos processos de consolidação a longo prazo e a importância de eventos posteriores, como a reativação ou interferência, na manutenção da memória. Neurobiologicamente, essa fase envolve a consolidação sistêmica, na qual as memórias dependentes do hipocampo tornam-se gradualmente independentes dessa estrutura e são armazenadas de forma distribuída no neocórtex (Izquierdo, 2018; Rossato et al., 2009).

Objetivando manter a rotina dos alunos o mais próximo possível da realidade escolar, os testes de conhecimento foram elaborados da mesma maneira que ocorre nas avaliações realizadas durante o ano letivo. Dessa forma, a pontuação final foi o somatório de acertos em todas as questões (fáceis, intermediárias e difíceis). Para cada questão respondida corretamente, um ponto foi atribuído. O resultado das respostas para os dois grupos foi usado para comparar as pontuações entre o grupo CT e o grupo EF.

5.2.3 Inventário de Ansiedade Traço-Estado (IDATE) - Estado

O IDATE é um questionário de auto avaliação e possui duas escalas distintas: uma para identificar o traço e a outra o estado de ansiedade. Nesta pesquisa foi utilizado o IDATE-Estado, instrumento composto de 20 afirmações que permite verificar o estado do sujeito no “momento” de aplicação (apêndice O). Ao responder o questionário, o indivíduo deveria avaliar cada afirmação levando em consideração uma escala de quatro itens que variam de 1 (absolutamente não me sinto assim), 2 (me sinto assim um pouco), 3 (me sinto assim bastante) e 4 (me sinto assim muitíssimo). O escore final varia de 20 a 80 pontos, sendo que, quanto mais baixo apresentarem os escores, menor será o grau de ansiedade (Biaggio, 1979).

Antes da aplicação dos questionários, os sujeitos foram instruídos a ler cada um dos itens e assinalar a resposta que melhor correspondesse ao seu estado naquele momento. A somatória dos valores obtidos em cada resposta (escore final) corresponde ao nível de ansiedade, sendo que 20 a 40 pontos equivalem a baixo nível de ansiedade; 41 a 60 pontos, a médio nível de ansiedade; e de 61 a 80 pontos, alto nível de ansiedade. Para a quantificação e interpretação das respostas, atribui-se a pontuação correspondente à resposta dada para cada uma das perguntas. Os escores para as perguntas de caráter positivo foram invertidos, ou seja, se o sujeito respondeu 4, atribui-se valor 1 na codificação; se respondeu 3, atribui-se valor 2; se respondeu 2, atribui-se valor 3; e se respondeu 1, atribui-se valor 4. Para o IDATE-Estado, as perguntas negativas são: 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 18; e, as positivas: 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20.

5.2.4 Testes bioquímicos

5.2.4.1 Coleta de saliva e medidas bioquímicas

Para determinação das concentrações dos marcadores biológicos de estresse (cortisol salivar) e ativação noradrenérgica (alfa-amilase salivar), amostras de saliva foram coletadas em tempos específicos, utilizando tubos especiais de coleta de saliva (Salivettes), de acordo com as instruções do fabricante. As coletas foram realizadas em cinco momentos diferentes:

- A primeira coleta (linha de base) foi realizada logo após a concordância em participar da pesquisa, em uma segunda-feira (retorno do final de semana), cuidando para que nenhuma atividade avaliativa ou sessão de exercício físico estivesse agendada para o mesmo dia, antes que os alunos fossem submetidos a qualquer intervenção ou teste previsto na pesquisa, para determinação dos valores basais individuais;

- A segunda coleta foi feita logo após a realização da sessão de exercício físico (ao em tempo equivalente, no caso do grupo CT);

- A terceira, a quarta e a quinta sessões de coleta foram realizadas, imediatamente antes da aplicação do IDATE e dos testes de aprendizagem e percepção de aprendizagem acerca do tema ministrado pelo professor na aula teórica.

Todas as coletas foram realizadas no mesmo horário, considerando o ritmo circadiano das flutuações hormonais. Para coletar as amostras de saliva, os participantes foram orientados a evitar o uso de tabaco e bebidas alcoólicas nas últimas 24 horas; bebidas cafeinadas nas últimas três horas; e ingestão de alimentos e escovação de dentes uma hora antes das coletas. Os tubos foram identificados com os códigos de cada estudante, igualmente aos demais instrumentos de pesquisa. Os sujeitos foram orientados a mastigar o algodão que vem dentro do tubo, durante 3 minutos, de modo que este algodão ficasse embebido de saliva o máximo possível. Decorridos os 3 minutos, foi solicitado que o algodão fosse devolvido, com a boca, para dentro do tubo, sem que os sujeitos utilizassem as mãos, conforme orientação do laboratório.

Conforme o protocolo do laboratório, após coleta, as amostras foram centrifugadas a 3.000 rotações por minuto (rpm), em temperatura de 4°C e por um tempo de 15 minutos, para separar a fração sobrenadante da saliva. Os sobrenadantes foram armazenados em tubos de ensaio a -80°C em um freezer para posterior determinação de cortisol e alfa-amilase.

Para as medidas posteriores, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente (15 a 22°C), por aproximadamente 30 minutos. Posteriormente, as amostras de saliva foram diluídas em tampão, conforme protocolo específico.

5.2.4.1.1 Avaliação dos níveis de cortisol

Os níveis de cortisol foram determinados por meio de ensaio enzimático colorimétrico (Reação Colorimétrica na qual o produto formado tem uma cor e a intensidade da cor é medida na faixa visível do espectro de 380 - 680 nm), empregando

um kit comercial de imunoensaio enzimático de cortisol (Cortisol Enzyme Immunoassay) com sensibilidade de 0,007µg/dL e coeficiente de variação na faixa de 7% a 11%, de acordo com Cardozo *et al.* (2020). A leitura foi realizada em espectrofotômetro em temperatura de 37°C.

5.2.4.1.2 Determinação dos níveis de alfa-amilase

A alfa-amilase foi determinada por teste enzimático colorimétrico, utilizando um kit de ensaio da enzima cinética alfa-amilase (α -Amylase Kinetic Enzyme Assay) com sensibilidade de 2,0 U/mL e coeficiente de variação abaixo de 7,2% (Cardozo *et al.* 2020). A leitura foi realizada em espectrofotômetro em temperatura de 37°C.

5.3 Análise dos dados

Inicialmente foi testada a normalidade dos dados. As comparações intra e entre grupos para o escore nos testes de aprendizagem e de percepção de aprendizagem, bem como IDATE, medidas de cortisol e alfa-amilase foram realizadas utilizando ANOVA de duas vias de medidas repetidas.

Para comparações intragrupo foi utilizado o post-hoc de Tukey, e para comparações entre grupos foi utilizado o post-hoc de Bonferroni. O valor de $p < 0.05$ foi considerado significativo para todas as análises. Os dados apresentados como média e desvio-padrão.

No caso das medidas bioquímicas foram realizadas medidas basais (*baseline*). No entanto, ao final do estudo acabamos não utilizando a medida *baseline* para normalizar os dados porque os testes realizados não mostraram diferenças significativas entre os grupos. Além disso, os valores de *baseline*, especialmente de cortisol, estavam elevados, provavelmente devido ao estresse/novidade dos participantes, o que poderia distorcer os resultados. Optamos por analisar as mudanças absolutas após a intervenção, para obter uma visão mais precisa dos efeitos do

exercício. Todos os dados foram tabulados em planilhas no Excel e analisados utilizando o software GraphPad Prism v 9.1.5.

5.4 Aspectos éticos

Este projeto não envolveu técnicas invasivas ou com grau de severidade considerável. A proposta seguiu as normas da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da saúde, que regulamenta pesquisas realizadas com seres humanos (BRASIL, 2012). O projeto foi autorizado pelas instituições parceiras, e foi submetido para apreciação do CEP da UNIPAMPA, sendo iniciado apenas após aprovação deste (parecer nº 6.513.717/2023; ANEXO 1).

6. RESULTADOS

Na seção de resultados, apresentaremos os dados obtidos a partir dos testes de aprendizagem e percepção de aprendizagem, do IDATE, e das medidas de alfa amilase e cortisol salivar, incluindo a comparação tanto entre os grupos CT e EF quanto dentro dos grupos, entre os diferentes momentos de testagem. Os resultados serão apresentados em forma de texto detalhado, gráficos e tabelas para facilitar a compreensão e visualização dos dados.

A amostra final analisada incluiu 73 estudantes, sendo 38 do sexo masculino (52,05%) e 35 do sexo feminino (47,95%). O Índice de Massa Corporal (IMC) médio geral foi de 21,37, o que sugere que a maioria dos estudantes se encontra dentro da faixa de peso normal. A distribuição nas categorias de IMC foi a seguinte: 35 estudantes (47,96%) com peso normal, 25 estudantes (34,69%) com baixo peso, 7 estudantes (9,18%) com sobrepeso e 6 estudantes (8,16%) com obesidade.

A frequência cardíaca média geral, medida ao longo das diferentes condições (basal, durante o exercício e pós-exercício), foi de 105,81 bpm. Esses valores foram analisados em conjunto com as percepções de esforço dos estudantes, avaliadas pela Escala de Borg de 10 pontos. A correlação entre a FC e os níveis de esforço percebidos constatou que os estudantes conseguiram manter-se na zona de esforço moderado, conforme instruído.

6.1 Testes de Retenção de Aprendizagem/Conhecimento

Os testes de conhecimento realizados em diferentes tempos (3 horas, 24 horas e 7 dias) após a intervenção, embora não tenham indicado efeitos significativos os fatores tempo ($F_{(1,905,135,3)} = 0,4704$; $p = 0,6165$) e grupo ($F_{(1,71)} = 0,05033$; $p = 0,8231$), indicaram uma interação significativa entre os fatores ($F_{(2,142)} = 9,495$; $p = 0,0001$). Além disso, houve uma variação significativa entre os sujeitos ($F_{(71,142)} = 2,549$; $p < 0,0001$).

A comparação post-hoc entre os grupos revelou que, no teste realizado 3 horas (3H) após a aprendizagem não houve diferença significativa entre os grupos ($t_{(70,82)} =$

2,215; $p = 0,09$; Figura 5). No teste de 24 horas (24H) uma diferença significativa foi observada, com o grupo EF apresentando melhor retenção do conhecimento em comparação ao grupo CT ($t_{(70.86)} = 2,905$; $p = 0,0147$; Figura 4). Finalmente, nos testes realizados 7 dias (7D) depois da aprendizagem não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($t_{(70.87)} = 0,01729$; $p > 0,9999$; Figura 4).

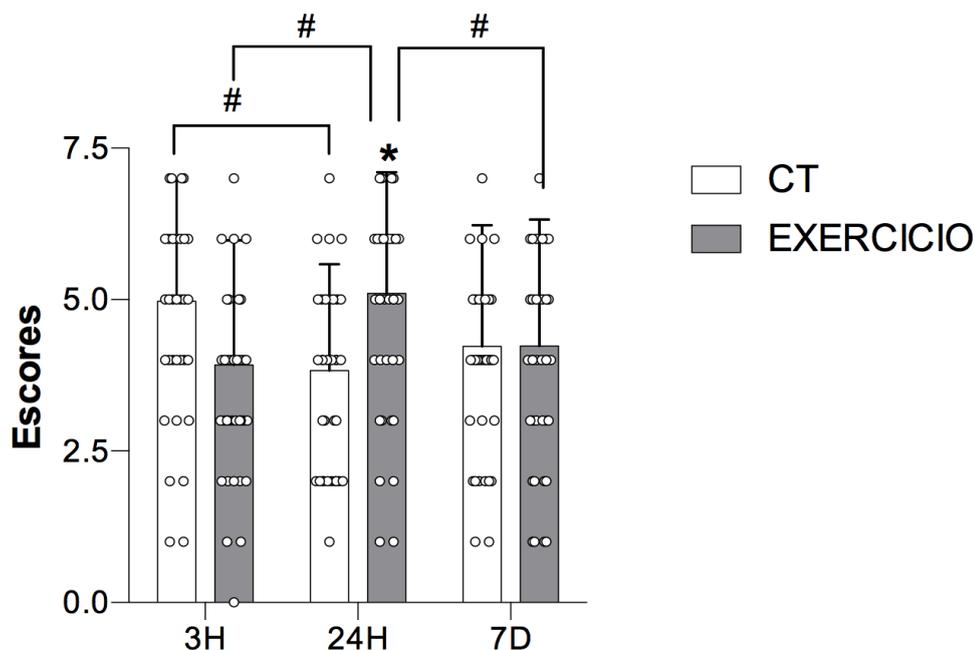


Figura 5. Pontuações (escores) dos testes de conhecimento realizados em diferentes tempos (3h, 24h e 7d) para os grupos controle (CT) e exercício (EF). As barras representam a média \pm erro padrão da média (SEM). Os pontos representam os dados individuais dos participantes. *diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo Controle; #diferença significativa ($p < 0,05$) intragrupo, entre os diferentes tempos de testagem ($n = 35-38$ /grupo).

A comparação intragrupo revelou variações significativas em diferentes tempos de testagem (figura 4). O grupo controle (CT) apresentou uma redução significativa na retenção do conhecimento no teste realizado 24 horas após a aprendizagem comparado ao teste de 3 horas ($q_{(34,00)} = 4,021$; $p = 0,02$; Figura 5). Não houve diferença significativa na comparação entre os demais testes ($q_{(34,00)} = 2,521$; $p = 0,1906$ para teste 3h vs. 7 dias; $q_{(34,00)} = 1,683$; $p = 0,467$ para teste 24h vs. 7 dias; Figura 4).

Para o grupo exercício físico (EF), a análise post-hoc revelou um ganho significativo na retenção do conhecimento no teste realizado 24 horas após a

aprendizagem em comparação ao teste de 3 horas ($q_{(37,00)} = 4,378$; $p = 0,0102$; Figura 5). No entanto, houve uma redução significativa na comparação entre os testes de 24 horas e 7 dias ($q_{(37,00)} = 3,707$; $p = 0,0331$; Figura 4). Não foram observadas diferenças significativas entre os testes de 3 horas e 7 dias ($q_{(37,00)} = 1,139$; $p = 0,7021$; Figura 5).

6.2 Testes de Percepção de Aprendizagem

Os testes de percepção de aprendizagem realizados em diferentes tempos (3 horas, 24 horas e 7 dias) após a intervenção indicaram que não houve efeito do fator tempo de testagem ($F_{(2,142)} = 1,328$; $p = 0,2683$), e tampouco do fator grupo ($F_{(1,71)} = 1.892$; $p = 0,1733$). No entanto, foi observada uma interação significativa entre os fatores ($F_{(2,142)} = 5,765$; $p = 0,0039$).

A análise de post-hoc revelou que, no teste realizado 3 horas (3H) após a intervenção, houve uma diferença significativa entre os grupos, com o grupo CT apresentando melhor autopercepção de aprendizagem em comparação ao grupo EF ($t_{(213)} = 2,835$; $p = 0.0151$; Figura 6). No teste de 24 horas (24H), não houve diferença significativa entre os grupos ($t_{(213)} = 0,8311$; $p > 0,9999$; Figura 6). Finalmente, no teste realizado 7 dias (7D) após a intervenção, também não foram observadas diferenças significativas entre os grupos ($t_{(213)} = 0,1247$; $p > 0,9999$; Figura 6).

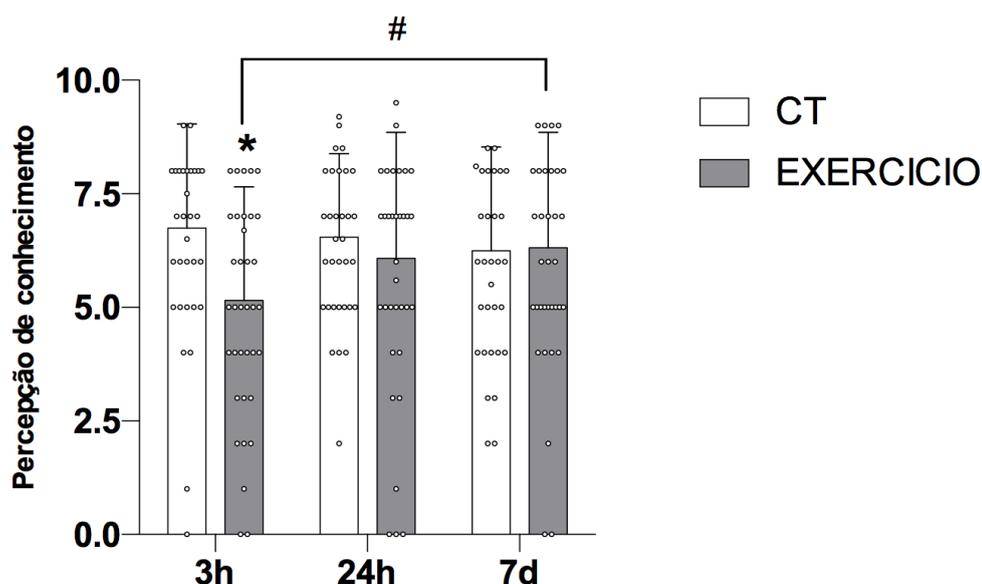


Figura 6. Escores de autopercepção de aprendizagem dos grupos controle (CT) e exercício (EF) em

diferentes tempos (3h, 24h e 7d). As barras representam a média \pm erro padrão da média (SEM). Os pontos representam os dados individuais dos participantes. *diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo Controle; #diferença significativa ($p < 0,05$) intragrupo, entre os diferentes tempos de testagem ($n = 35-38/\text{grupo}$).

A comparação intragrupo revelou que, no grupo controle (CT), não houve diferenças significativas nas comparações entre os diferentes tempos de avaliação, sendo: 3h vs. 24h ($q_{(34,00)} = 0,7667$; $p = 0,8511$; Figura 5), 3h vs. 7d ($q_{(34,00)} = 2,492$; $p = 0,1975$; Figura 6), e 24h vs. 7d ($q_{(34,00)} = 1,310$; $p = 0,6278$; Figura 5). Já, no grupo exercício físico (EF), houve uma diferença significativa na percepção do conhecimento entre 3 horas e 7 dias após a intervenção ($q_{(34,00)} = 4,078$; $p = 0,0175$; Figura 5). Não foram observadas diferenças significativas nas comparações entre os demais tempos de avaliação, sendo 3h vs. 24h ($q_{(34,00)} = 3,096$; $p = 0,0863$; Figura 6) e 24h vs. 7d ($q_{(34,00)} = 1,181$; $p = 0,6837$; Figura 6).

6.3 Avaliação do estado de ansiedade - IDATE

A ANOVA de duas vias revelou efeito significativo do fator tempo ($F_{(1,932,137,1)} = 5,422$; $p = 0,0059$) no estado de ansiedade. enquanto o fator grupo isoladamente não teve efeito significativo ($F_{(1,71)} = 1,735$; $p = 0,1920$). Também não observamos interação significativa entre os fatores ($F_{(2,142)} = 1,896$; $p = 0,153$).

As análises post-hoc não revelaram nenhuma diferença entre os grupos (Tabela 2; Figura 7).

Tabela 2. Comparação entre grupos nos níveis de ansiedade medidos pelo IDATE-Estado nos diferentes tempos de avaliação.

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de t	DF	Valor p
3 horas	-1,982	-7,880 a 3,916	0,8247	68,37	> 0,9999
24 horas	-5,098	-10,89 a 0,6946	2,159	69,54	0,1029
7 dias	-1,252	-7,378 a 4,874	0,5012	70,29	> 0,9999

A tabela apresenta as diferenças médias (CT - EF), que representa a diferença média entre o grupo Controle (CT) e o grupo Exercício Físico (EF), na qual valores positivos indicam que o grupo Controle teve um desempenho superior ao grupo Exercício Físico, enquanto valores negativos indicam que o grupo Exercício Físico obteve resultados superiores; valores próximos de zero sugerem uma ausência de diferença significativa entre os grupos; intervalos de confiança de 95% (IC 95%); valores t; graus de liberdade (DF); e, valores P para as comparações dos níveis de ansiedade entre os grupos controle (CT) e exercício físico (EF) em diferentes tempos (3 horas, 24 horas e 7 dias). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos tempos avaliados. Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

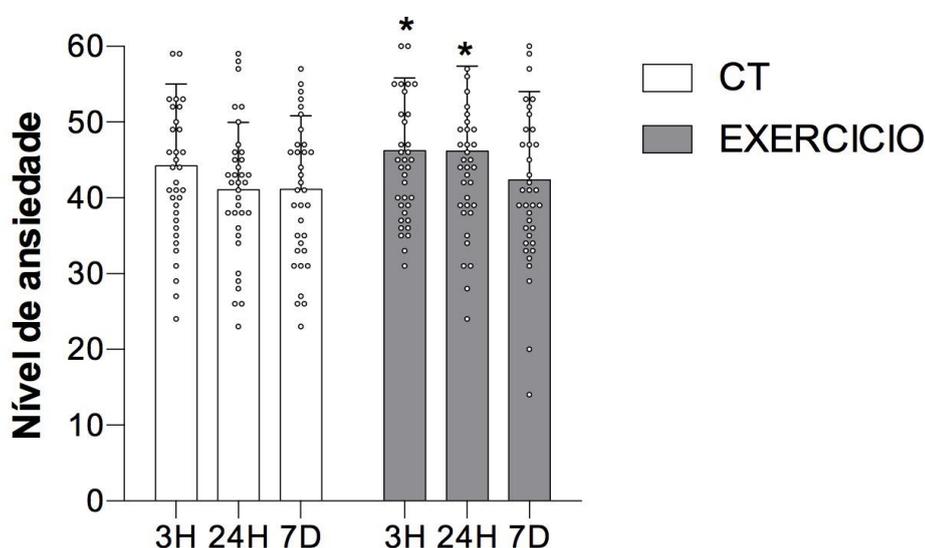


Figura 7. Níveis de ansiedade medidos pelo IDATE-Estado em diferentes tempos (3 horas, 24 horas e 7 dias) para os grupos controle (CT) e exercício físico (EF). As barras representam a média \pm erro padrão da média (SEM). Os pontos representam os dados individuais dos participantes. *p < 0,05 em comparação intragrupo. (n = 35-38/grupo).

Também não foram encontradas diferenças na comparação dos diferentes tempos de testagem do grupo controle (Tabela 3; Figura 7).

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de q	DF	Valor p
3h vs. 24h	3,143	-1,423 a 7,709	2,385	34,00	0,2249
3h vs. 7d	3,086	-0,2708 a 6,442	3,186	34,00	0,0767
24h vs. 7d	-0,05714	-3,660 to 3,545	0,05497	34,00	0,9992

Tabela 3. Comparações Intragrupos nos Níveis de Ansiedade no Grupo Controle (CT)

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC 95%), valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de ansiedade em diferentes tempos dentro do grupo controle (CT). Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

No grupo EF, foram encontradas diferenças apenas na comparação dos níveis de 24h e 7 dias após a aprendizagem (Tabela 3; Figura 7).

Tabela 4. Comparações Intragrupos nos Níveis de Ansiedade no Grupo Exercício Físico (EF)

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de q	DF	Valor p
3h vs. 24h	0,02632	-3,144 a 3,197	0,02866	37,00	0,9998
3h vs. 7d	3,816	-0,1264 a 7,758	3,342	37,00	0,0595*
24h vs. 7d	3,789	0,7998 a 6,779	4,376	37,00	0,0102*

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC 95%), valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de ansiedade em diferentes tempos dentro do grupo exercício físico (EF). *Foram encontradas diferenças significativas entre os tempos de 24 horas e 7 dias e 3h e 7 dias. Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

6.4 Marcadores Bioquímicos

6.4.1 Amilase salivar

Os níveis de amilase salivar foram avaliados com a finalidade de obter uma medida indireta para avaliar a ativação do sistema noradrenérgico, o que poderia estar relacionado tanto a fatores neuroquímicos relacionados à modulação da aprendizagem, quanto ao aumento da ativação simpática. A ANOVA de duas vias revelou que não houve efeito significativo do fator tempo ($F_{(3,510,249.2)} = 1,231$; $p = 0,2991$), enquanto o fator grupo de testagem também não teve efeito significativo ($F_{(1,71)} = 2,327$; $p = 0,1316$). Também não observamos interação significativa entre os fatores ($F_{(4,284)} = 0,2828$; $p = 0,8890$).

As análises post-hoc não revelaram nenhuma diferença entre os grupos (Tabela 5; Figura 8).

Tabela 5. Comparação entre grupos nos níveis de alfa-amilase salivar nos diferentes tempos de medida.

Tempo	Diferença Média (CT - EF)	Valor de t	DF	Valor p
Basal	-41818	1,188	70,59	>0,9999
Após Exercício	-26342	0,6979	63,55	>0,9999
3 horas	-64066	1,774	70,64	0,4021
24 horas	-30612	0,8128	70,99	>0,9999
7 dias	-47584	1,205	68,82	>0,9999

A tabela apresenta as diferenças médias, valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de alfa-amilase entre os grupos controle (CT) e exercício físico (EF) em diferentes tempos (basal, após exercício, 3 horas, 24 horas e 7 dias). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos tempos avaliados. Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

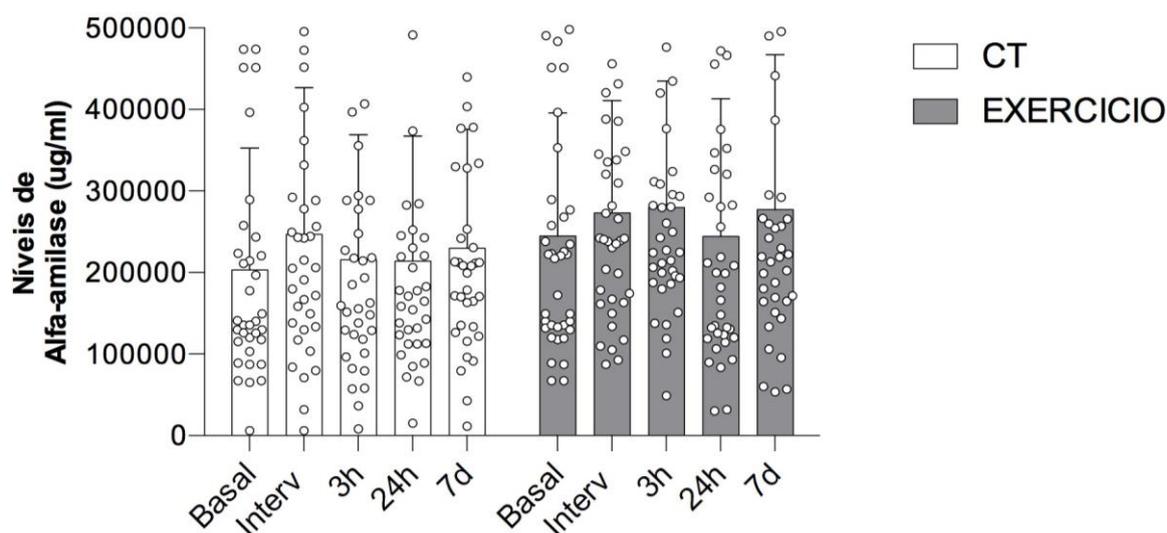


Figura 8. Níveis de alfa-amilase salivar mensurados em diferentes tempos (basal, imediatamente após a intervenção (Interv), 3 horas, 24 horas e 7 dias após a aprendizagem) para os grupos controle (CT) e exercício físico (EF). As barras representam a média \pm erro padrão da média (SEM). Os pontos representam os dados individuais dos participantes ($n = 35-38$ /grupo). Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Também não foram encontradas diferenças na comparação dos diferentes tempos de testagem da alfa amilase salivar do grupo controle (Tabela 6; Figura 8).

Tabela 6. Comparações intragrupo dos níveis de alfa-amilase salivar no grupo Controle

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de t	DF	Valor p
Basal vs. após exercício	-43814	-141566 a 53938	1,825	34	0,6986
Basal vs.3 horas	-12496	-107124 a 82131	0,5378	34	0,9953
Basal vs 24 horas	-10885	-101697 a 79926	0,4881	34	0,9968
Basal vs. 7 dias	-26586	-126499 a 73327	1,084	34	0,9385
Após exer. vs 3h	31318	-47311 a 109947	1,622	34	0,7806
Após exer. vs 24h	32929	-58472 a 124331	1,467	34	0,8362
Após exer. vs 7d	17228	-66696 a 101153	0,836	34	0,9755
3h vs. 24h	1611	-65633 a 68856	0,09757	34	> 0,9999
3h vs. 7d	-14089	-86773 a 58595	0,7894	34	0,9801
24h vs. 7d	-15701	-84566 a 53165	0,9284	34	0,9642

(CT).

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC 95%), valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de alfa-amilase em diferentes tempos dentro do grupo controle (CT). Não foram encontradas diferenças significativas entre os tempos avaliados. Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

No grupo exercício físico (EF) também não foram encontradas diferenças significativas entre os diferentes tempos de avaliação (Tabela 7; Figura 8).

Tabela 7. Comparações intragrupo dos níveis de alfa-amilase no grupo Exercício Físico (EF) nos diferentes tempos de testagem.

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de t	DF	Valor p
Basal vs. após exercício	-28339	-91330 a 34653	1,824	37	0,6990
Basal vs.3 horas	-34745	-92444 a 22955	2,441	37	0,4309
Basal vs 24 horas	320.8	-70299 a 70941	0,01842	37	> 0,9999
Basal vs. 7 dias	-32352	-128021 a 63317	1,371	37	0,8671
Após exer. vs 3h	-6406	-60595 a 47783	0,4793	37	0,9970
Após exer. vs 24h	28659	-46506 a 103825	1,546	37	0,8089
Após exer. vs 7d	-4013	-88719 a 80692	0,1921	37	> 0,9999
3h vs. 24h	35066	-18983 a 89114	2,630	37	0,3562
3h vs. 7d	2393	-91891 a 96676	0,1029	37	> 0,9999
24h vs. 7d	-32673	-128879 a 63533	1,377	37	0,8653

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC 95%), valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de alfa-amilase em diferentes tempos dentro do grupo exercício físico (EF). Não foram encontradas diferenças significativas entre os tempos avaliados. Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

6.4.2 Cortisol salivar

Os níveis de cortisol salivar foram mensurados para avaliar os níveis de estresse pré-testes. A medida foi realizada em diferentes tempos (basal, após exercício, 3 horas, 24 horas e 7 dias) para os grupos controle (CT) e exercício físico (EF). A ANOVA de duas vias revelou um efeitos do fator tempo ($F_{(3,047, 216,4)} = 9,999$; $p < 0.0001$), e nenhum efeito significativo do fator grupo ($F_{(1,71)} = 0,2915$; $p = 0,5909$). Além disso, uma interação significativa entre os fatores tempo e grupo foi verificada ($F_{(4,284)} = 3,017$; $p = 0,0184$).

A análise de post-hoc não revelou diferenças entre os grupos em nenhum tempo de medida (Tabela 8; Figura 9).

Tabela 8. Comparação entre grupos nos níveis de cortisol mensurados em diferentes

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de t	DF	Valor p
Basal	0,1741	-0,7914 a 1,140	0,4775	69,35	> 0,9999
Após Exercício	0,05970	-1,471 a 1,590	0,1032	70,52	> 0,9999
3 horas	0,1156	-2,139 a 2,371	0,1357	70,46	> 0,9999
24 horas	-1,999	-4,143 a 0,1448	2,483	58,15	0,0796
7 dias	0,4232	-1,337 a 2,184	0,6363	70,86	> 0,9999

tempos.

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95%, valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de cortisol entre os grupos controle (CT) e exercício físico (EF) em diferentes tempos (basal, após exercício, 3 horas, 24 horas e 7 dias). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos tempos avaliados. Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

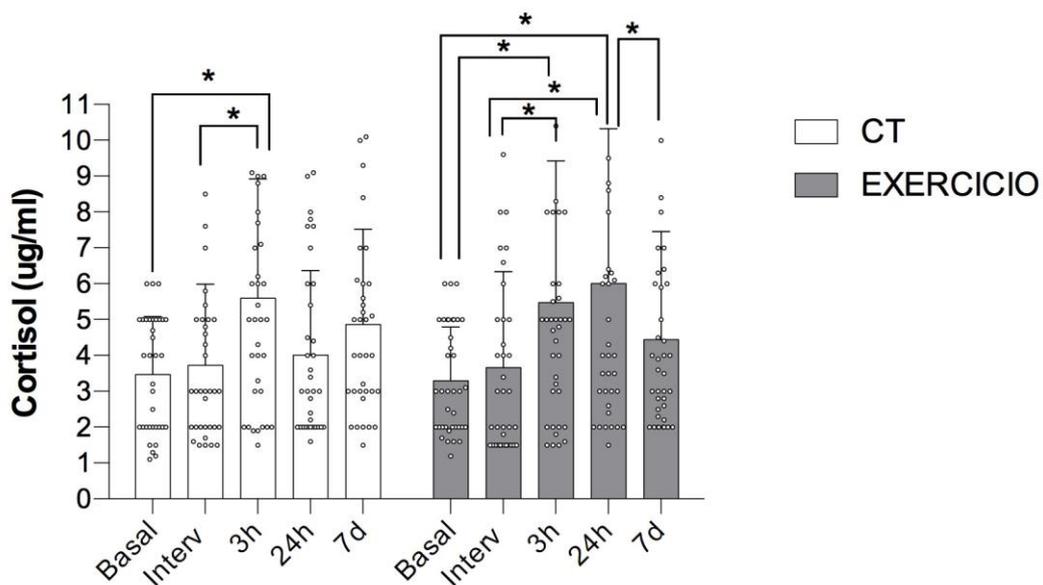


Figura 9. Níveis de cortisol mensurados em diferentes tempos (basal, imediatamente após a intervenção

(Interv), 3 horas, 24 horas e 7 dias) para os grupos controle (CT) e exercício físico (EF). As barras representam a média \pm erro padrão da média (SEM). Os pontos representam os dados individuais dos participantes. *diferença significativa ($p < 0,05$) intragrupo, entre os diferentes tempos de testagem ($n = 35-38$ /grupo). Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Na análise intragrupo das medidas de cortisol do grupo controle (CT) foi verificada diferença apenas entre a medida basal e a medida pré-teste de 3h (Tabela 9; Figura 9).

Tabela 9. Comparações Intragrupo dos níveis de cortisol no grupo Controle (CT) nos

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de t	DF	Valor p
Basal vs. após interv.	-0,2514	-1,403 a 0,8999	0,8893	34	0,9693
Basal vs.3 horas	-2,126	-3,544 a -0,7076	6,104	34	0,0012*
Basal vs 24 horas	-0,5400	-1,855 a 0,7750	1,672	34	0,7611
Basal vs. 7 dias	-1,389	-2,624 a -0,1527	4,575	34	0,0213*
Após interv. vs 3h	-1,874	-3,307 a -0,4413	5,326	34	0,0053**
Após interv. vs 24h	-0,2886	-1,694 a 1,117	0,8361	34	0,9755
Após o interv. vc 7d	-1,137	2,362 a 0,08820	3,779	34	0,0795
3h vs. 24h	1,586	0,4096 a 2,762	5,491	34	0,0039**
3h vs. 7d	0,7371	-0,3570 a 1,831	2,743	34	0,3166
24h vs. 7d	-0,8486	-2,018 a 0,3206	2,956	34	0,2477

diferentes tempos de medida.

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC 95%), valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de cortisol em diferentes tempos dentro do grupo controle (CT). *Foram encontradas diferenças significativas entre os tempos basal e 3 horas e após intervenção e 3h. Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Na análise intragrupo das medidas de cortisol do grupo exercício físico (EF) foi verificada diferença apenas entre a medida basal e a medida pré-teste de 3h, entre a basal e de 24h, e entre realizada imediatamente após a intervenção e a de 24h. (Tabela 10; Figura 9).

Tabela 10. Comparações intragrupo nos níveis de cortisol no grupo Exercício Físico

Comparação	Diferença Média (CT - EF)	IC 95% da Diferença	Valor de t	DF	Valor p
Basal vs. após exercício	-0,3658	-1,387 a 0,6557	1,452	37	0,8415
Basal vs.3 horas	-2,184	-4,128 a -0,2401	4,555	37	0,0211*
Basal vs 24 horas	-2,713	-4,796 a -0,6307	5,282	37	0,0054**
Basal vs. 7 dias	-1,139	-2,665 a 0,3861	3,028	37	0,2248
Após interv. vs 3h	-1,818	-3,763 a 0,1266	3,790	37	0,0764
Após interv. vs 24h	-2,347	-4,612 a -0,08284	4,203	37	0,0390*
Após o exerc. vc 7d	-0,7737	-2,460 a 0,9125	1,860	37	0,6835
3h vs. 24h	-0,5289	-2,815 a 1,757	0,9380	37	0,9630
3h vs. 7d	1,045	-0,2411 a 2,331	3,294	37	0,1585
24h vs. 7d	1,574	-0,7796 a 3,927	2,711	37	0,0326*

(EF) nos diferentes tempos de medida.

A tabela apresenta as diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC 95%), valores t, graus de liberdade (DF) e valores P para as comparações dos níveis de cortisol em diferentes tempos dentro do grupo exercício físico (EF). *Foram encontradas diferenças significativas entre os tempos basal e 3 horas, basal e 24 horas, após intervenção e 24 horas, e entre 24 horas e 7 dias. Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Embora tenham sido conduzidas análises para verificar correlações entre a percepção de conhecimento, retenção de aprendizagem e variáveis bioquímicas, como os níveis de cortisol, os resultados não indicaram correlações significativas. Isso sugere que os fatores neurobiológicos medidos podem não ter sido os principais determinantes do desempenho cognitivo observado, ou que outros fatores, não controlados neste estudo, possam ter desempenhado um papel mais relevante.

7. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que o exercício físico realizado logo após uma aprendizagem escolar (aquisição de conhecimentos) é capaz de melhorar a retenção dos conhecimentos, resultando em melhor desempenho no teste de conhecimentos realizado 24h após a aquisição. No entanto, com o protocolo aqui empregado, este efeito não foi persistente, já que no teste realizado 7 dias após a aquisição não foi observado melhor desempenho no grupo exercitado. Na primeira avaliação de conhecimentos realizada (3h após a aquisição), o grupo EF apresentou uma menor autopercepção de conhecimento do que o controle, no entanto, no teste de 7 dias a sua percepção melhorou significativamente, demonstrando que os estudantes sentiram-se mais seguros acerca de sua aprendizagem. Os níveis de ansiedade pré-testes dos estudantes do grupo EF também reduziram nas testagens realizadas entre os tempos de 24 horas e 7 dias após a aquisição. Não foram observadas diferenças significativas nos níveis de alfa-amilase salivar, já os níveis de cortisol variaram significativamente intragrupo, de forma que no teste de 3h estavam maiores em ambos os grupos e no teste de 24h foram maiores apenas para o grupo EF.

O principal resultado deste estudo é a verificação da melhoria da retenção da aprendizagem 24h após a aquisição. Essa melhora significativa na retenção pode ser relacionada aos mecanismos neurobiológicos ativados pelo exercício físico, capazes de modular a aprendizagem, já que a mesma não foi observada no grupo que não realizou exercício (CT), ao contrário, este grupo apresentou queda no desempenho no teste. Estudos demonstram que a atividade física aumenta os níveis de neurotransmissores, como a dopamina, a noradrenalina, e a serotonina, que estão diretamente envolvidos na memória e na cognição (Katche *et al.*, 2013; Hötting *et al.*, 2016; da Silva de Vargas *et al.*, 2017; Ramires *et al.*, 2021). Aqui, tentamos relacionar os efeitos observados na aprendizagem com um possível mecanismo noradrenérgico, usando como estratégia a medida indireta da atividade noradrenérgica por meio da alfa-amilase salivar (Akiyoshi *et al.*, 2011; Segal *et al.*, 2012; Won *et al.*, 2019; Flynn, Gentles, & Langford, 2022), no entanto, apesar dos efeitos benéficos do exercício na aprendizagem, não detectamos alterações significativas nas medidas de alfa-amilase

salivar em nenhum dos tempos e em nenhum dos grupos. É preciso considerar que esta é uma medida indireta, e pode não refletir de maneira fidedigna as mudanças centrais nos níveis de noradrenalina, apesar de seu uso em outros estudos (Spert *et al.*, 2022). A rápida normalização dos níveis de neurotransmissores após o exercício também pode limitar a medida em um contexto ecológico, como aquele onde desenvolvemos nossa pesquisa. Isso pode explicar a ausência de alterações significativas nas medidas de alfa-amilase salivar em alguns estudos, conforme destacado por Spert *et al.* (2022), apesar dos benefícios do exercício na aprendizagem.

Além disso, deve-se admitir que outros mecanismos podem estar envolvidos no efeito do exercício físico, como a liberação de fatores neurotróficos derivados do cérebro (como BDNF), que promovem a plasticidade sináptica, essencial para a consolidação da memória (Mello-Carpes *et al.*, 2016; Erickson *et al.*, 2011), o aumento do fluxo sanguíneo cerebral (Erickson *et al.*, 2011), dentre outros. O mecanismo de *Synaptic Tagging and Capture* (STC) é outro que pode estar envolvido no efeito observado. Este mecanismo pode contribuir para a formação e consolidação da memória de longo prazo, envolvendo a marcação temporária das sinapses durante o aprendizado para que possam capturar proteínas recém-sintetizadas essenciais à consolidação da memória. Inibidores da síntese proteica, como anisomicina e rapamicina, comprometem este processo, prejudicando a consolidação da memória. No entanto, estudos demonstram que o exercício físico agudo pode mitigar esses efeitos negativos, promovendo a plasticidade sináptica e a formação de memórias duradouras, mesmo na presença de inibidores da síntese proteica (Lima *et al.*, 2024). O *Behavioral Tagging*, mecanismo relacionado ao STC, por sua vez, sugere que eventos comportamentais próximos ao aprendizado podem fortalecer as sinapses marcadas, facilitando a formação de memórias duradouras. Estudos anteriores, como o de Ballarini *et al.* (2013), indicam que experiências novas e não relacionadas podem melhorar a memória em crianças, sugerindo um mecanismo semelhante para o impacto positivo do exercício físico observado. Autores sugerem que este mecanismo também pode estar envolvido com o efeito do exercício físico agudo (Lima *et al.*, 2024).

A memória episódica, conforme descrito por Baddeley (2001), pode ser

particularmente sensível a intervenções imediatas, mas requer reforço contínuo para que os benefícios sejam sustentados a longo prazo. Desta forma, apesar da melhoria do desempenho dos estudantes do grupo EF na testagem de 24h, não observamos retenção de conhecimento 7 dias após a intervenção, sugerindo que os benefícios do exercício físico na retenção são limitados. Essa perda dos benefícios a longo prazo pode estar relacionada a vários fatores. Uma hipótese para a perda dos benefícios a longo prazo é a interferência retroativa, onde novas informações adquiridas após a aprendizagem inicial podem competir com as memórias já formadas, levando à sua deterioração. Wixted (2004), discute como a interferência retroativa pode causar esquecimento ou dificuldade de recuperação de memórias. Além disso, o decaimento natural da memória, especialmente na ausência de práticas de recuperação, pode explicar a falta de retenção observada no teste de 7 dias. Sem reforço que promova a sua reativação, as memórias tendem a enfraquecer rapidamente ao longo do tempo (Baddeley, 2001). Além disso, os efeitos benéficos do exercício sobre a memória tendem a diminuir com o tempo, como demonstrado por Etnier *et al.* (2014) e da Silva de Vargas *et al.* (2017). Assim, explorar combinações de exercícios físicos com outras intervenções cognitivas, como atividades de revisão do conteúdo que promovem reativação da memória apreendida, pode revelar sinergias que prolonguem os benefícios observados.

Outra possível explicação para a perda dos benefícios a longo prazo é o impacto dos altos níveis de cortisol, especialmente após atividades físicas intensas. A literatura sobre o impacto do estresse e do cortisol na consolidação da memória é bem estabelecida, como discutido por McEwen (2000) e Joëls & Baram (2009). Embora o cortisol seja necessário para a mobilização atencional, níveis elevados e prolongados podem ter efeitos neurotóxicos no hipocampo, prejudicando a consolidação da memória. Isso sugere que, embora o exercício físico tenha inicialmente melhorado a retenção de conhecimento, os níveis aumentados de cortisol, especialmente nas 24 horas após a aquisição, podem ter contribuído para a deterioração da memória ao longo do tempo. Os resultados dos testes de autopercepção de aprendizagem realizados em diferentes tempos após a intervenção indicam variações significativas entre os grupos controle (CT) e exercício físico (EF). Observamos uma interação significativa entre os

fatores grupo e tempo, sugerindo que as diferenças na percepção de aprendizagem entre os grupos variam ao longo do tempo. Inicialmente, na testagem de 3h após a aquisição, os estudantes do grupo EF apresentaram uma autopercepção de conhecimentos inferior aos do grupo controle, no entanto, no teste de 7 dias, sua autopercepção melhorou, o que pode indicar que eles ficaram mais seguros em relação à sua aprendizagem (o que pode estar relacionado com o melhor desempenho no teste de 24h). A literatura sugere que o ambiente de aprendizagem e os métodos pedagógicos também desempenham um papel crucial na percepção de conhecimentos dos estudantes (Cardozo *et al.*, 2020). Além disso, a percepção de aprendizagem também pode ser influenciada por fatores emocionais e motivacionais, que são modulados pelo exercício físico (Barrett *et al.*, 2015). A integração de atividades físicas nas aulas pode criar um ambiente mais dinâmico e envolvente, promovendo maior interesse e participação dos alunos. O exercício físico pode funcionar como uma pausa ativa, permitindo que os estudantes retornem às atividades cognitivas com maior foco e energia. Ainda, a prática regular de exercícios pode melhorar a saúde geral dos estudantes, contribuindo para uma melhor disposição e capacidade de aprendizado (Balbinot *et al.*, 2022).

Os resultados da avaliação dos níveis de ansiedade (IDATE) indicaram que o exercício físico teve um impacto positivo, promovendo uma redução significativa na ansiedade, dentro do grupo EF, 24 horas e 7 dias após a aquisição. Este resultado pode ser relacionado com a melhoria da aprendizagem, de forma que os estudantes, ao se sentirem mais seguros em relação ao seu conhecimento/aprendizado, ficaram menos ansiosos. De fato os estudantes do grupo EF se saíram melhores na avaliação realizada 24h após a aquisição. Os níveis de cortisol salivar também foram avaliados em diferentes tempos após a intervenção para entender a relação entre estresse, ansiedade e segurança do conhecimento e a possível influência do EF. A análise revelou diferenças significativas nas respostas ao estresse dentro dos grupos ao longo do tempo, mas não entre os grupos. Quando comparados, os níveis de cortisol não apresentaram diferenças significativas entre os grupos controle (CT) e exercício físico (EF) em nenhum dos tempos avaliados (basal, após exercício, 3 horas, 24 horas e 7 dias).

Na comparação intragrupos, o grupo controle apresentou diferenças significativas nos níveis de cortisol entre os tempos basal e 3 horas. Já o grupo EF, apresentou diferenças significativas nos níveis de cortisol entre os tempos basal e 3 horas, basal e 24 horas, e após exercício e 24 horas, sendo os níveis aumentados nas medidas pré-teste 3h e 24h. A relação entre cortisol, ansiedade e aprendizagem é complexa. Altos níveis de cortisol e ansiedade podem prejudicar a memória e a aprendizagem, devido ao impacto negativo no hipocampo e em outras áreas do cérebro envolvidas na cognição, como a amígdala e o córtex pré-frontal. Esses efeitos são bem documentados e indicam que o estresse crônico pode levar à atrofia do hipocampo, prejudicando a capacidade de formar e recuperar memórias (McEwen, 2000; Joëls & Baram, 2009). No entanto, algum aumento do cortisol é importante para a mobilização atencional e para que os processos cognitivos ocorram normalmente, especialmente em situações que exigem alerta e resposta rápida. Além disso, sabe-se essa elevação inicial pode ter sido causada por uma hiperatividade do eixo HPA, um fenômeno bem documentado em indivíduos que enfrentam situações estressantes, como a expectativa de desempenho cognitivo ou físico (Herman, et al., 2005)

Estudos anteriores indicam que o exercício físico pode modular a resposta ao estresse e a ansiedade, mas a intensidade e a duração da atividade, bem como a variabilidade individual, podem influenciar os resultados (Basso, & Suzuki, 2017; Cefis *et al.*, 2023). Por exemplo, exercícios aeróbicos moderados a intensos são conhecidos por induzir a liberação de endorfinas e outros neurotransmissores, como a serotonina e a dopamina, que têm efeitos ansiolíticos e antidepressivos. A intensidade e a duração da atividade, bem como a variabilidade individual, podem influenciar os resultados, o que é evidenciado pela grande variabilidade entre os sujeitos nas diferentes medidas, especialmente nas bioquímicas, observada neste estudo. O exercício físico pode também influenciar a plasticidade sináptica por meio da liberação de BDNF, o que contribui para a resiliência contra o estresse e para a melhoria da consolidação da memória. O aumento dos níveis de BDNF após o exercício físico pode ser um dos mecanismos pelos quais o exercício reduz a ansiedade e melhora o desempenho cognitivo, incluindo o aprendizado e a memória (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008). O papel do BDNF é particularmente relevante na facilitação da neurogênese no

hipocampo, uma área crítica para a formação de novas memórias. Além disso, o exercício pode influenciar significativamente o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), modulando a liberação de cortisol. Destaca-se que, neste estudo, houve uma grande variabilidade entre os sujeitos nas diferentes medidas, em especial, bioquímicas.

A redução da ansiedade e do estresse têm um impacto significativo no processo de aquisição e consolidação da memória, assim como na sua evocação, e, como consequência, no desempenho dos estudantes nas avaliações (Cardozo *et al.*, 2023). Estudos indicam que níveis elevados de estresse, frequentemente medidos através de biomarcadores como o cortisol, podem comprometer a performance acadêmica (Joëls, & Baram, 2009; Jönsson *et al.*, 2015). Segundo estudo de Cardozo *et al.* (2020), a redução dos níveis de estresse e ansiedade dos estudantes, através do uso de metodologias ativas de ensino, como jogos educacionais, resultou em melhor desempenho dos estudantes em avaliações acadêmicas. Quando os níveis de estresse e ansiedade são reduzidos, os alunos podem se concentrar de forma mais eficaz nas tarefas acadêmicas e aprender com mais eficiência. A ansiedade elevada pode causar distração, dificultar a capacidade de concentração e, conseqüentemente, afetar negativamente a aprendizagem (Cooper *et al.*, 2018).

No estudo de Cardozo *et al.* (2020), foi observado que os estudantes que participaram de atividades lúdicas apresentaram menores níveis de ansiedade e estresse antes das avaliações, comparados aos estudantes que participaram apenas de aulas tradicionais. Isso sugere que a implementação de metodologias que promovam um ambiente de aprendizagem mais relaxado e interativo pode ser benéfica para o desempenho acadêmico (Lujan, & DiCarlo, 2016). Nossos dados reforçam a importância do exercício físico não apenas como um componente de saúde física, mas também como uma ferramenta eficaz para melhoria da aprendizagem e gestão do estresse e da ansiedade em contextos educacionais. A combinação de efeitos neurobiológicos, como a modulação do cortisol e a promoção da neuroplasticidade, com o impacto direto na aprendizagem e redução da ansiedade, pode resultar em melhorias substanciais no desempenho acadêmico dos estudantes.

7.1 Limitações do Estudo

Embora os resultados deste estudo sejam promissores e tragam *insights* importantes para melhoria da qualidade da aprendizagem escolar, algumas limitações devem ser cuidadosamente consideradas. Primeiramente, é essencial explorar outras intervenções complementares que possam sustentar e potencializar os efeitos positivos do exercício físico na aprendizagem e na memória. Pesquisas adicionais são necessárias para identificar quais tipos específicos de exercícios e combinações com outras práticas, como técnicas de gerenciamento de estresse ou métodos pedagógicos inovadores, podem proporcionar os melhores resultados (Ballarini *et al.*, 2009; Basso, & Suzuki, 2017; Etnier *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2023).

Além disso, as particularidades dos sujeitos da pesquisa, que são adolescentes, devem ser levadas em conta. Observamos uma variabilidade significativa entre os sujeitos nas medidas realizadas. A variabilidade individual entre os adolescentes, que inclui diferenças em nível de maturação biológica, histórico de atividade física, condições de saúde e ambiente socioeconômico, pode moderar os efeitos observados, tornando necessário um estudo mais aprofundado para entender como essas diferenças influenciam os resultados (Demetriou, & Höner, 2012; Hamer *et al.*, 2009; Mahar *et al.*, 2006).

De fato, adolescência é uma fase de desenvolvimento caracterizada por significativas mudanças físicas, emocionais e cognitivas. Essas mudanças podem influenciar de diversas maneiras a resposta ao exercício físico e ao processo de aprendizagem (Erickson *et al.*, 2011; Hamilton *et al.*, 2008; Hötting *et al.*, 2016). Por exemplo, fatores como o desenvolvimento do córtex pré-frontal, responsável pelo controle executivo e pela tomada de decisões, podem interagir de forma complexa com os benefícios do exercício físico; podem, ainda, influenciar o envolvimento e comprometimento dos sujeitos quanto à seriedade da pesquisa, um fator que pode ter influenciado de forma substancial os nossos resultados. Apesar de todas as orientações fornecidas aos participantes da pesquisas, aos professores, e aos pais dos estudantes, observamos que nem sempre os cuidados indicados foram tomados. Isso foi observado

tanto em relação à prática do exercício físico, quanto às coletas de saliva e aplicação dos testes de aprendizagem. Esta variabilidade é, de certa forma, esperada em um estudo ecológico, como este, que foi realizado no contexto real, buscando não promover uma mudança muito brusca na rotina escolar.

Além disso, observamos um comportamento típico da adolescência nos sujeitos da pesquisa, o chamado "comportamento de manada". Segundo um estudo Banerjee (1992), o comportamento de manada ocorre quando indivíduos, ao invés de tomarem decisões independentes, seguem as ações de um grupo, assumindo que os outros possuem mais informações ou melhores julgamentos. Em nosso contexto, esse comportamento resultou em alguns estudantes optando por não participar das etapas de coleta simplesmente porque outros colegas também não estavam participando. A influência dos pares pode ser extremamente poderosa em ambientes escolares, como demonstrado em pesquisas sobre psicologia social e comportamentos em grupo (Cialdini, & Goldstein, 2004). Assim, mesmo com todas as instruções e esforços para assegurar a participação plena e correta dos estudantes, a pressão social e a dinâmica grupal prevaleceram, prejudicando a coleta dos dados.

Dessa forma, é fundamental considerar essas variáveis comportamentais ao analisar os resultados e planejar futuras pesquisas, garantindo estratégias que minimizem a influência negativa do comportamento de manada e incentivem um maior comprometimento dos participantes. Além dos fatores já mencionados, é importante destacar que a frequência às aulas e, conseqüentemente, às coletas, também foi impactada por fatores externos, como as condições climáticas e a localização periférica das escolas. Em dias de chuva intensa, muitos alunos faltaram às aulas, o que afetou diretamente a consistência na coleta de dados. A falta de infraestrutura adequada para enfrentar condições climáticas adversas é um problema comum em áreas periféricas, como relatado em um estudo que discute os desafios enfrentados por estudantes de regiões com condições socioeconômicas desfavoráveis (Kearney, Heyne, & González, 2020).

Outro fator crítico foi a condição socioeconômica dos alunos. Muitos estudantes

não possuíam nem mesmo um tênis adequado para a prática dos exercícios propostos na pesquisa. Embora tenhamos buscado apoio de empresas que doaram calçados para o estudo, é inegável que a falta de recursos básicos não apenas dificultou a participação plena dos alunos, mas também evidenciou as desigualdades socioeconômicas que podem influenciar significativamente os resultados das pesquisas de campo. Estudos como o de Coenen *et al.* (2020) ressaltam a importância de considerar o ambiente socioeconômico ao avaliar o desempenho e a participação dos estudantes em atividades físicas e educacionais. Essas observações mostram a necessidade de políticas públicas mais inclusivas e de um suporte melhorado para estudantes de áreas periféricas, visando minimizar o impacto dessas desigualdades. Também é fundamental incorporar estratégias que considerem essas variáveis ao planejar e conduzir futuras pesquisas, garantindo uma análise mais precisa e representativa dos dados coletados.

Assim, a generalização dos resultados deste estudo pode ser limitada pela amostra utilizada. Estudos com outras amostras, que incluam diferentes faixas etárias e contextos culturais, são importantes para validar a aplicabilidade dos achados em uma população mais ampla. A replicação do estudo em diferentes ambientes escolares, contextos culturais, e com diferentes metodologias de avaliação também contribuiria para a robustez das conclusões (Gall *et al.*, 2018; Norris *et al.*, 2015; Paillard, 2015).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo confirma que uma sessão de exercício físico realizada logo após uma aprendizagem escolar tem um impacto positivo na retenção de conhecimento. Esta retenção, no entanto, é limitada pelo tempo transcorrido entre o momento de aprendizagem e o de testagem, não sendo persistente.

Além disso, os resultados observados permitem concluir que:

- Uma única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, melhora a consolidação da aprendizagem/memória de estudantes da Educação Básica;
- A melhora da consolidação da aprendizagem promovida pela prática de uma única sessão de exercício físico, logo após uma nova aprendizagem não se reflete em melhora persistente da aprendizagem/memória de estudantes da Educação Básica;
- Uma única sessão de exercício físico inicialmente reduz a autopercepção de aprendizagem dos estudantes da Educação Básica; contudo, essa percepção melhora significativamente após 7 dias da intervenção.
- Uma única sessão de exercício físico realizada logo após uma nova aprendizagem diminui a ansiedade pré-teste dos estudantes da Educação Básica em testes realizados 3h e 24h após a aprendizagem;
- Uma única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem por estudantes da Educação Básica não influencia significativamente os níveis de alfa-amilase salivar, uma medida indireta da ativação noradrenérgica;
- Uma única sessão de exercício físico realizada logo após uma nova aprendizagem por estudantes da Educação Básica promove aumento dos níveis de cortisol pré-testagem de conhecimentos 3h e 24h após a aquisição, em comparação aos níveis basais, mas estes aumentos não se traduzem em

diferenças em relação aos estudantes que não realizam exercício físico.

Embora o estudo apresente limitações, ele reforça a ideia de que é importante que estudos de pesquisa básica, realizados com modelos animais, sejam transladados para o contexto real em que objetivam ser aplicados. Abordagens de pesquisa ecológica, embora reduzam o controle dos pesquisadores sob variáveis intervenientes diversas, permitem verificar a real aplicabilidade das diferentes intervenções. Neste caso em específico, nossos achados contribuem para ratificar a importância do exercício físico no contexto escolar, e para a compreensão dos mecanismos pelos quais o exercício físico influencia a cognição, além de sugerir direções futuras para pesquisas e práticas educativas. Contribuir para a produção de evidências científicas que fundamentem a organização escolar e subsidiem futuras políticas públicas é fundamental para melhoria da qualidade da Educação.

9. PERSPECTIVAS FUTURAS

Com base nos achados deste estudo, várias perspectivas futuras e ações complementares podem ser exploradas para aprofundar a compreensão e ampliar os benefícios do exercício físico na retenção de conhecimento:

- Exploração de Intervenções Complementares:

- Métodos Pedagógicos Inovadores: Testar diferentes abordagens educacionais e metodologias de ensino que, combinadas com a atividade física, possam melhorar a aprendizagem e a memória.

- Ajuste da Frequência e Intensidade do Exercício:

- Realizar estudos que variem a frequência e a intensidade dos exercícios para determinar as condições ideais que sustentem os benefícios cognitivos a longo prazo;

- Amostras Diversificadas:

- Ampliar as pesquisas para incluir uma amostra maior e mais diversificada, abrangendo diferentes faixas etárias e contextos socioculturais;

- Replicar o estudo em diferentes ambientes escolares e com variadas metodologias de avaliação para validar a aplicabilidade dos achados em uma população mais ampla.

- Integração de Tecnologias:

- Utilizar tecnologias como aplicativos de monitoramento de atividade física e biossensores para coletar dados mais precisos e em tempo real sobre os efeitos do exercício, permitindo relacionar a intensidade do exercício com os efeitos observados;

- Implementar plataformas *on-line* que integrem exercícios físicos e atividades cognitivas para estudar o impacto dessas tecnologias combinadas na aprendizagem.

- Colaboração Interdisciplinar:

- Promover colaborações entre educadores, psicólogos, neurocientistas e profissionais de educação física para desenvolver programas integrados e baseados em evidências;

- Realizar workshops e treinamentos para capacitar professores e profissionais da educação sobre a importância e os métodos de integração do exercício físico no ambiente escolar;

- Promover ações educativas para explicar aos estudantes os benefícios do exercício físico como ferramenta para qualificar a aprendizagem.

Essas ações e perspectivas futuras poderão proporcionar uma visão mais abrangente e detalhada dos efeitos do exercício físico na consolidação e persistência da memória, contribuindo para a criação de intervenções mais eficazes e personalizadas que beneficiem alunos e a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akiyoshi, J., Tanaka, Y., Isogawa, K., Ishitobi, Y., Tsuru, J., Ando, T., Kodam, K. (2011). O estresse agudo em pacientes com transtorno de pânico produz efeitos na amilase salivar e no cortisol. *Tecnologia*. doi: 10.5772/18556
- Baddeley, A. (2001). The concept of episodic memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356(1413), 1345–1350. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0957>
- Balbinot, F.; Claudino, F. C. de A.; Lucas, P. K.; Martins, A. P. D.; Wendland, E. M.; Gerbase, M. W. Does Regular Exercise Impact the Lung Function of Healthy Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatric Exercise Science*, 2022. Disponível em: <https://typeset.io/papers/does-regular-exercise-impact-the-lung-function-of-healthy-28tjxmy>.
- Ballarini, F., Moncada, D., Martinez, M. C., Alen, N., & Viola, H. (2009). Behavioral tagging is a general mechanism of long-term memory formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(34), 14599–14604. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907078106>
- Ballarini, F., Martínez, M. C., Díaz Perez, M., Moncada, D., & Viola, H. (2013). Memory in Elementary School Children Is Improved by an Unrelated Novel Experience. *PLoS ONE*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066875>
- Berger, E. M., Fehr, E., Hermes, H., Schunk, D., and Winkel, K. (2020). The impact of working memory training on children's cognitive and noncognitive skills. *NHH Department of Economics Discussion Paper*. (9).
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118-133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Basso, J. C., & Suzuki, W. A. (2017). The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. *Brain plasticity (Amsterdam, Netherlands)*, 2(2), 127–152. <https://doi.org/10.3233/BPL-160040>
- Banerjee, A. V. (1992). A Simple Model of Herd Behavior. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 12(3), 271-290.
- Biaggio, A. M. B. & Natalício, L. (1979). Manual para o Inventário de Ansiedade Traço-Estado (IDATE). Centro Editor de Psicologia Aplicada-CEPA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Borg G. Escalas de Borg para a Dor e Esforço Percebido. Manole: São Paulo, 2000.
- Cahill L., McGaugh J. L. (1998). Mechanisms of emotional arousal and lasting declarative memory. *Trends in neurosciences* 21(7).
- Cardozo, L. T., De Azevedo, M. A. R., Carvalho, M. S. M., Costa, R., De Lima, P. O.,

Marcondes, F. K. Effect of an active learning methodology combined with formative assessments on performance, test anxiety, and stress of university students. *Adv Physiol Educ* 44: 744–751, 2020. doi:10.1152/advan.00075.2020

Cardozo, L. T., Lima, P. O., Carvalho, M. S. M., Casale, K. R., Bettioli, A. L., Azevedo, M. A. R., & Marcondes, F. K. (2023). Active learning methodology, associated to formative assessment, improved cardiac physiology knowledge and decreased pre-test stress and anxiety. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1261199>

Carvalho, A. S., Abdalla, P. P., Silva, N. G. F., Garcia Júnior, J. R., Mantovani, A. M. & Ramos, N. C. (2021). Exercício Físico e seus benefícios para a Saúde das Crianças: Uma revisão narrativa. *Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida*. Vol.13.

Cefis, M., Chaney, R., Wirtz, J., Méloux, A., Quirié, A., Leger, C., Prigent-Tessier, A., & Garnier, P. (2023). Molecular mechanisms underlying physical exercise-induced brain BDNF overproduction. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1275924>

Ceylan, H. İ., Silva, A. F., Ramirez-Campillo, R., Murawska-Ciałowicz, E. (2024). Exploring the Effect of Acute and Regular Physical Exercise on Circulating Brain-Derived Neurotrophic Factor Levels in Individuals with Obesity: A Comprehensive Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology*, 13, 323. <https://doi.org/10.3390/biology13050323>

Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. In *Brain Research* (Vol. 1453, pp. 87–101). <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>

Cialdini, R. B., & Goldstein, N. J. (2004). Social Influence: Compliance and Conformity. *Annual Review of Psychology*, 55(1), 591-621.

Coenen, P., Robroek, S. J. W., van der Beek, A. J., Boot, C. R. L., van Lenthe, F. J., Burdorf, A., & Oude Hengel, K. M. (2020). Socioeconomic inequalities in effectiveness of and compliance to workplace health promotion programs: An individual participant data (IPD) meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01002-w>

Cooper, K. M., Downing, V. R., & Brownell, S. E. (2018). The influence of active learning practices on student anxiety in large-enrollment college science classrooms. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0123-6>

Cotman, C.W. & Berchtold N.C. (2002). Exercise: a Behavioral Intervention to Enhance Brain Health and Plasticity. *Trends in Neuroscience* doi: 10.1016/S0166-2236(02)02143-4

de Greeff, J.W., Bosker, R.J, Oosterlaan, J., Visscher, C. & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in

preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* doi: 10.1016/j.jsams.2017.09.595

da Silva de Vargas, L., Neves, B. H. S. das, Roehrs, R., Izquierdo, I., & Mello-Carpes, P. (2017). One-single physical exercise session after object recognition learning promotes memory persistence through hippocampal noradrenergic mechanisms. *Behavioural Brain Research*, 329, 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.04.050>

Demetriou, Y., & Höner, O. (2012). Physical activity interventions in the school setting: A systematic review. In *Psychology of Sport and Exercise* (Vol. 13, Issue 2, pp. 186–196). <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.11.006>

Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., et al. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci*, 108:3017-22.

Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Contreras-Rodriguez, O., Verdejo-Roman, J., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., Henriksson, P., Davis, C. L., Verdejo-Garcia, A., Catena, A., & Ortega, F. B. (2017). A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *NeuroImage*, 159, 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.08.011>

Esteban-Cornejo, I., Rodriguez-Ayllon, M., Verdejo-Roman, J., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Chaddock-Heyman, L., Raine, L. B., Stillman, C. M., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Catena, A., Ortega, F. B., & Hillman, C. H. (2019). Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: Findings from the activebrains and FITKids2 projects. *Frontiers in Psychology*, 10(FEB). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00208>

Etnier, J., Labban, J. D., Piepmeier, A., Davis, M. E., & Henning, D. A. (2014). Effects of an acute bout of exercise on memory in 6th grade children. *Pediatric Exercise Science*, 26(3), 250–258. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0141>

Etnier, J. L., Sprick, P. M., Labban, J. D., Shih, C. H., Glass, S. M., & Vance, J. C. (2020). Effects of an aerobic fitness test on short- and long-term memory in elementary-aged children. *Journal of Sports Sciences*, 2264–2272. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1778251>

Erika, Andressa, Simões, de, Melo., Laryssa, Elza, de, Santana, Ferreira., Rodolfo, José, Ferreira, Cavalcanti., Carlos, Alberto, de, Lima, Botelho, Filho., Matheus, Rodrigues, Lopes., Romero, Henrique, de, Almeida, Barbosa. (2021). Nuances between sedentary behavior and physical inactivity: cardiometabolic effects and cardiovascular risk. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, 67(2):335-343. doi: 10.1590/1806-9282.67.02.20200746

Fan, Rong., Xin, Li., Jing, Liu., Shuqin, Li., Zhixian, Zhang., Rui, Wang., Danni, Wang., Yuhui, Wan. (2024). Substitutions of physical activity and sedentary behavior with negative emotions and sex difference among college students.. *Psychology of Sport and*

Exercise, 102605-102605. doi: 10.1016/j.psychsport.2024.102605.

Festa, F., Medori, S., & Macrì, M. (2023). Move Your Body, Boost Your Brain: The Positive Impact of Physical Activity on Cognition across All Age Groups. *Biomedicines*, 11(6), 1765. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11061765>

Flynn, A. L., Gentles, J., & Langford, T. (2023). The salivary alpha-amylase response to moderate intensity trap bar deadlift. *The Sport Journal*, 24. ISSN: 1543-9518.

Gall, S., Adams, L., Joubert, N., Ludyga, S., Müller, I., Nqweniso, S., Pühse, U., du Randt, R., Seelig, H., Smith, D., Steinmann, P., Utzinger, J., Walter, C., & Gerber, M. (2018). Effect of a 20-week physical activity intervention on selective attention and academic performance in children living in disadvantaged neighborhoods: A cluster randomized control trial. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206908>

García-Hermoso, A., Hormazábal-Aguayo, I., Fernández-Vergara, O., González-Calderón, N., Russell-Guzmán, J., Vicencio-Rojas, F., Chacana-Cañas, C., & Ramírez-Vélez, R. (2020). A before-school physical activity intervention to improve cognitive parameters in children: The Active-Start study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(1), 108–116. <https://doi.org/10.1111/sms.13537>

Guedes, D. P.; Neto, J. T. M; Germano, J. M; Lopes, V; Silva, A. J. R. M. (2012). Aptidão física relacionada à saúde de escolares: programa fitnessgram. *Rev. Bras. Med. Esporte*. Vol. 18, Nº 2.

Hamer, M., Stamatakis, E., & Steptoe, A. (2009). Dose-response relationship between physical activity and mental health: the Scottish Health Survey. *British journal of sports medicine*, 43(14), 1111–1114. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.046243>

Hamilton, L. D., Fogle, E. A., & Meston, C. M. (2008). The roles of testosterone and alpha-amylase in exercise-induced sexual arousal in women. *Journal of Sexual Medicine*, 5(4), 845–853. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2007.00751.x>

Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(11), 1967–1974. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce>

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65.

Hoffman, B. M., Babyak, M. A., Sherwood, A., Hill, E. E., Patidar, S. M., Doraiswamy, P. M., & Blumenthal, J. A. (2009). Effects of aerobic exercise on sexual functioning in depressed adults. *Mental Health and Physical Activity*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2008.12.001>

Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental science*, 12(4), F9–F15. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x>

Hötting, K., Schickert, N., Kaiser, J., Röder, B., & Schmidt-Kassow, M. (2016). The effects of acute physical exercise on memory, peripheral BDNF, and cortisol in young adults. *Neural Plasticity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6860573>

Hutchison, I. C., & Rathore, S. (2015). The role of REM sleep theta activity in emotional memory. *Frontiers in psychology*, 6, 1439. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01439>

Izquierdo, I., & Medina, J. H. (1997). Memory Formation: The Sequence of Biochemical Events in the Hippocampus and Its Connection to Activity in Other Brain Structures. In *NEUROBIOLOGY OF LEARNING AND MEMORY*

Izquierdo, I., Medina, J. H., Vianna, M. R. M., Izquierdo, L. A., & Barros, D. M. (1999). Separate mechanisms for short- and long-term memory. *Behavioural Brain Research*, 103(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(99\)00036-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(99)00036-4)

Izquierdo, I. *Memória*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Izquierdo, I. *Memória*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. 110 pg.

Izquierdo, I. *Questões sobre memória*. São Leopoldo: Unisinos, 2004.

Izquierdo, I., et al. (2008). The evidence for hippocampal long-term potentiation as a basis of memory simple tasks. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. doi: 10.1590/S0001-37652008000100007

Izquierdo, I. A., Myskiw, J. de C., Benetti, F., & Furini, C. R. G. (2013). Memória: tipos e mecanismos – achados recentes. *Revista USP*, 98, 9-16. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i98p9-16>

Jaberi, S., & Fahnestock, M. (2023). Mechanisms of the Beneficial Effects of Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor Expression in Alzheimer's Disease. *Biomolecules*, 13(11), 1577. <https://doi.org/10.3390/biom13111577>

Joëls, M., & Baram, T. Z. (2009). The neuro-symphony of stress. *Nature reviews. Neuroscience*, 10(6), 459–466. <https://doi.org/10.1038/nrn2632>

Jönsson, P., Österberg, K., Wallergård, M., Hansen, Å. M., Garde, A. H., Johansson, G., & Karlson, B. (2015). Exhaustion-related changes in cardiovascular and cortisol reactivity to acute psychosocial stress. *Physiology & behavior*, 151, 327–337. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.07.020>

Kaercher, P. L. K., Glänzel, M. H., da Rocha, G. G., Schmidt, L. M., Nepomuceno, P., Stroschöen, L., Pohl, H. H., & Reckziegel, M. B. (2019). Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. *RBPFEEX - Revista Brasileira De Prescrição E Fisiologia Do Exercício*, 12(80), 1180-1185. Recuperado de <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1603>

Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, 14(5), 1046–1058.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>

Katche, C., Cammarota, M., & Medina, J. H. (2013). Neurobiology of Learning and Memory Molecular signatures and mechanisms of long-lasting memory consolidation and storage. *Neurobiology of Learning and Memory*, 106, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2013.06.018>

Katika, Akksilp., Falk, Müller-Riemenschneider., Yot, Teerawattananon., Cynthia, Chen. (2023). The association of physical activity and sedentary behaviour on health-related quality of life: a cross-sectional study from the physical activity at work (PAW) trial. *Journal of Activity, Sedentary and Sleep Behaviors*, 2 doi: 10.1186/s44167-023-00031-7

Kearney, C. A., Heyne, D., & González, C. (2020). Editorial: School Attendance and Problematic School Absenteeism in Youth. *Frontiers in Psychology*, 11, 602242.

Kruger, J., & Dunning, D. (1999). "Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments." *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121-1134.

Lai, J., Zou, P., Rocha, J. L. D., Heitzer, A. M., Patni, T., Li, Y., ... & Sitaram, R. (2024). Hydroxyurea maintains working memory function in pediatric sickle cell disease. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296196>.

Lent, R. Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais da neurociência. São Paulo: Atheneu, 2001.

Lima, K. R., Neves, B. S. D., Sigaran, G. J., Rosa, A. C. S. D., Gomes, G. C. M., Gomes de Gomes, M., & Mello-Carpes, P. B. (2024). Acute physical exercise prevents memory amnesia caused by protein synthesis inhibition in rats' hippocampus. *Neurochemistry international*, 176, 105740. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2024.105740>

Lin, Y., & Gao, W. (2023). The effects of physical exercise on anxiety symptoms of college students: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1136900>

Loprinzi, P. D., Edwards, M. K., Frith, E., (2017). Potential Avenues for Exercise to Activate Episodic Memory-Related Pathways: A Narrative Review. *EUR. J. Neurosci*. 46, 2067-2077. <https://doi.org/10.1111/ejn.13644>.

Louise Kellermann Kaercher, P., Henrique Glänzel, M., Görgen da Rocha, G., Müller Schmidt, L., Nepomuceno, P., Stroschöen, L., Hedwig Pohl, H., & Beatris Reckziegel, M. (2018). Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO DE BORG COMO FERRAMENTA DE MONITORIZAÇÃO DA INTENSIDADE DE ESFORÇO FÍSICO.

Lujan, H. L., & DiCarlo, S. E. (2016). Humor promotes learning!. *Advances in physiology education*, 40(4), 433–434. <https://doi.org/10.1152/advan.00123.2016>

Mahar, M. T., Murphy, S. K., Rowe, D. A., Golden, J., Shields, A. T., & Raedeke, T. D.

(2006). Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(12), 2086–2094. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000235359.16685.a3>

McEwen B. S. (2000). The neurobiology of stress: from serendipity to clinical relevance. *Brain research*, 886(1-2), 172–189. [https://doi.org/10.1016/s0006-8993\(00\)02950-4](https://doi.org/10.1016/s0006-8993(00)02950-4)

McGaugh, J. L. (1989). INVOLVEMENT OF HORMONAL AND NEUROMODULATORY SYSTEMS IN THE REGULATION OF MEMORY STORAGE. www.annualreviews.org

McGaugh, J. L. (2000). Memory - A century of consolidation. In *Science* (Vol. 287, Issue 5451, pp. 248–251). American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.287.5451.248>

McGaugh, J. L. (2004). The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. In *Annual Review of Neuroscience* (Vol. 27, pp. 1–28). <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144157>

Medina, J. H., Bekinschtein, P., Cammarota, M., Izquierdo, I. (2008). Do memories consolidate to persist or do they persist to consolidate?, *Behavioural brain research* 192(1) 61-9.

Meeusen, R., & de Meirleir, K. (1995). Exercise and Brain Neurotransmission. In *Sports Med* (Vol. 20, Issue 3).

Mello-Carpes, P. B., & Izquierdo, I. (2013). The nucleus of the solitary tract→nucleus paragigantocellularis→locus coeruleus→CA1 region of dorsal hippocampus pathway is important for consolidation of object recognition memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 100, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2012.12.002>

Mello-Carpes, P. B., da Silva de Vargas, L., Gayer, M. C., Roehrs, R., & Izquierdo, I. (2016). Hippocampal noradrenergic activation is necessary for object recognition memory consolidation and can promote BDNF increase and memory persistence. *Neurobiology of Learning and Memory*, 127, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2015.11.014>

Mello-Carpes, P. B. The benefits of physical exercise for health are well known. A lot of evidence support the effects of exercise on cardiovascular, endocrine, respiratory and other body systems' functions. IBRO/IBE-UNESCO Science of Learning Briefings, 2020. Disponível em: <https://solportal.ibe-unesco.org/articles/physical-exercise-practice-and-its-implications-for-learning-and-memory/>

Merege Filho, C. A. A., Alves, C. R. R., Sepúlveda, C. A., Costa, A. dos S., Lancha Junior, A. H., & Gualano, B.. (2014). Influência do exercício físico na cognição: uma atualização sobre mecanismos fisiológicos. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 20(3), 237–241. <https://doi.org/10.1590/1517-86922014200301930>

Mezcua-Hidalgo, A., Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., & Martínez-López, E. J. (2019). 48-Hour Effects of Monitored Cooperative High-Intensity Interval Training on Adolescent Cognitive Functioning. *Perceptual and Motor Skills*, 126(2), 202–222.

<https://doi.org/10.1177/0031512518825197>

Morucci, G.; Ryskalin, L.; Pratesi, S.; Branca, J.J.V.; Modesti, A.; Modesti, P.A.; Gulisano, M.; Gesi, M. (2022) Effects of a 24-Week Exercise Program on Functional Fitness, Oxidative Stress, and Salivary Cortisol Levels in Elderly Subjects. *Medicina*, 58, 1341. <https://doi.org/10.3390/medicina58101341>

Neves, B. H., Menezes, J., Souza, M. A., & Mello-Carpes, P. B. (2015). Physical exercise prevents short and long-term deficits on aversive and recognition memory and attenuates brain oxidative damage induced by maternal deprivation. *Physiology and Behavior*, 152, 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.09.019>

Nguyen, S., McEvoy, L. K., Espeland, M. A., Whitsel, E. A., Lu, A. T., Horvath, S., ... & Shadyab, A. H. (2024). Associations of Epigenetic Age Estimators With Cognitive Function Trajectories in the Women's Health Initiative Memory Study. *Neurology*. <https://doi.org/10.1212/WNL.000000000020953>

Norris, E., Shelton, N., Dunsmuir, S., Duke-Williams, O., & Stamatakis, E. (2015). Physically active lessons as physical activity and educational interventions: A systematic review of methods and results. In *Preventive Medicine* (Vol. 72, pp. 116–125). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.12.027>

OMS. (2020). Organização Mundial da Saúde. Diretrizes da OMS para Atividade Física e Comportamento Sedentário: num piscar de olhos. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/337001/9789240014886-por.pdf?sequence=102&isAllowed=y#:~:text=Para%20sa%C3%BAde%20e%20bem%20Destar,dia%20para%20crian%C3%A7as%20e%20adolescentes>

Paillard T. (2015). Preventive effects of regular physical exercise against cognitive decline and the risk of dementia with age advancement. *Sports medicine - open*, 1(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0016-x>

Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., & Bellucci, M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Mental Health and Physical Activity*, 2(1), 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2009.02.001>

Ramires Lima, K., de Souza da Rosa, A. C., Severo Picua, S., Souza e Silva, S., Marks Soares, N., & Billig Mello-Carpes, P. (2021). One single physical exercise session improves memory persistence by hippocampal activation of D1 dopamine receptors and PKA signaling in rats. *Brain Research*, 1762. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2021.147439>

Redondo, R. L., & Morris, R. G. M. (2011). Making memories last: The synaptic tagging and capture hypothesis. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 12, Issue 1, pp. 17–30). <https://doi.org/10.1038/nrn2963>

Rethorst, C. D., Wipfli, B. M., & Landers, D. M. (2009). The antidepressive effects of exercise: a meta-analysis of randomized trials. *Sports Medicine*, 39(6), 491-511.

- Ribeiro, M. P., & Laterza, M. C. (2014). Efeito agudo e crônico do exercício físico aeróbio na pressão arterial em pré-hipertensos. *Journal of Physical Education*, 25(1), 143-152. Retrieved from <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/21521>
- Roffey, Sue. (2012). Pupil wellbeing -Teacher wellbeing: Two sides of the same coin?. *Educational and Child Psychology*. 29. 8-17. 10.53841/bpsecp.2012.29.4.8.
- Roosendaal, B., Okuda, S., van der Zee, E. A., & Mcgaugh, J. L. (2006). Glucocorticoid enhancement of memory requires arousal-induced noradrenergic activation in the basolateral amygdala. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0601874103
- Rossato, J. I., Bevilaqua, L. R., Izquierdo, I., Medina, J. H., Cammarota, M. (2009). Dopamine controls persistence of long-term memory storage, *Science* 325(5943) 1017-20.
- Rotta, N., Bridi Filho, C., Bridi, F. (Org.). *Neurologia e aprendizagem: Abordagem multidisciplinar*. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- Rotta, N., Ohlweiler, L., Riesgo, R. (Org.). *Transtornos da Aprendizagem: Abordagem neurológica e multidisciplinar*. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- Segal, S. K., & Cahill, L. (2009). Endogenous noradrenergic activation and memory for emotional material in men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 34(9), 1263–1271. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.04.020>
- Segal, S. K., Cotman, C. W., & Cahill, L. F. (2012). Exercise-induced noradrenergic activation enhances memory consolidation in both normal aging and patients with amnesic mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 32(4), 1011–1018. <https://doi.org/10.3233/JAD-2012-121078>
- Singh B, Olds T, Curtis R, et al. (2023) Effectiveness of physical activity interventions for improving depression, anxiety and distress: an overview of systematic reviews. *British Journal of Sports Medicine*;57:1203-1209.
- Sperl, M. F. J., Panitz, C., Skoluda, N., Nater, U. M., Pizzagalli, D. A., Hermann, C., & Mueller, E. M. (2022). Antagonista do receptor adrenérgico alfa-2 ioimbina potencializa a consolidação do medo condicionado. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 25(9), 759–773. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyac038>
- Spielberger C. D., Gorsuch, R. L. & Lushene, R. D. (1970). *STAI: manual for the State - Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Srinivas, N. S., Vimalan, V., Padmanabhan, P., & Gulyás, B. (2021). An Overview on Cognitive Function Enhancement through Physical Exercises. *Brain sciences*, 11(10), 1289. <https://doi.org/10.3390/brainsci11101289>
- Tamura, A., Murayama, K., Ishii, R. et al. The effect of low-intensity exercise on emotional and cognitive engagement in the classroom. *npj Sci. Learn.* 7, 9 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41539-022-00125-y>

Vargas, L. da S. de, Neves, B. H. S. das, Roehrs, R., Izquierdo, I., & Mello-Carpes, P. (2017). One-single physical exercise session after object recognition learning promotes memory persistence through hippocampal noradrenergic mechanisms. *Behavioural Brain Research*, 329(March), 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.04.050>

Vargas, L. S., Ramires Lima, K., Piaia Ramborger, B., Roehrs, R., Izquierdo, I., & Mello-Carpes, P. B. (2020). Catecholaminergic hippocampal activation is necessary for object recognition memory persistence induced by one-single physical exercise session. *Behavioural Brain Research*, 379. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.112356>

Wang, S. H., Redondo, R. L., & Morris, R. G. M. (2010). Relevance of synaptic tagging and capture to the persistence of long-term potentiation and everyday spatial memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(45), 19537–19542. <https://doi.org/10.1073/pnas.1008638107>

Wang, T., Li, S., Tan, C., Zhang, J., & Lajoie, S. P. (2023). Cognitive load patterns affect temporal dynamics of self-regulated learning behaviors, metacognitive judgments, and learning achievements. *Computers & Education*, 207, 104924. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104924>

Weyerer, S. (1992). Physical inactivity and depression in the community. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 492-496.

Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A., & Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of learning and memory*, 87(4), 597–609. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2006.11.003>

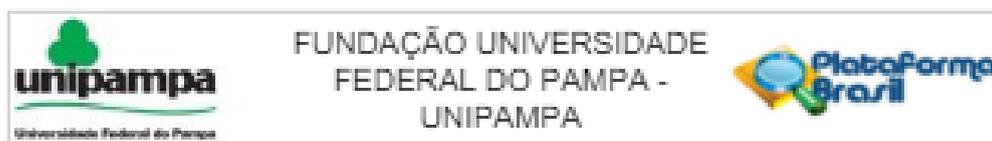
Wittmann, B. C., Schott, B. H., Guderian, S., Frey, J. U., Heinze, H. J., & Düzel, E. (2005). Reward-related fMRI activation of dopaminergic midbrain is associated with enhanced hippocampus-dependent long-term memory formation. *Neuron*, 45(3), 459–467. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.01.010>

Won, J., Alfini, A. J., Weiss, L. R., Michelson, C. S., Callow, D. D., Ranadive, S. M., Gentili, R. J., & Carson Smith, J. (2019). Semantic Memory Activation after Acute Exercise in Healthy Older Adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 25(6), 557–568. <https://doi.org/10.1017/S1355617719000171>

Yan, J., Bai, H., Sun, Y., Sun, X., Hu, Z., Liu, B., ... & Zhang, X. (2024). Frontoparietal Response to Working Memory Load Mediates the Association between Sleep Duration and Cognitive Function in Children. *Brain Sciences*. <https://typeset.io/papers/frontoparietal-response-to-working-memory-load-mediates-the-3vtndbg1z4>

Xavier, G. F. (1996). Memória: correlatos anátomo-funcionais. In: Nitrini R, Caramelli P, Mansur LL, Editors. *Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação*. São Paulo: Clínica Neurológica, Hospital das Clínicas, FMUSP.

ANEXO I – Carta de Aprovação do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DE UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO FÍSICO NA CONSOLIDAÇÃO E PERSISTÊNCIA DA APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Pesquisador: BRUNA TARASUK TREIN CRESPO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 61470922.6.0000.5323

Instituição Proponente: Fundação Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.699.286

Apresentação do Projeto:

As afirmações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivos da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1990278, de 03/10/2022).

A educação é o meio mais eficaz e tradicional para formação crítica do ser humano, tendo como fator chave os processos de aprendizagem, consequentemente de memória. Trabalhar formas e ferramentas que auxiliem o processo de aprendizagem de crianças e adolescentes é de extrema importância se pensarmos em uma sociedade comprometida com o crescimento da sua população. Dispor de técnicas de baixo custo e fácil aplicação que auxiliem na concretização do aprendizado nos abre uma janela de possibilidades que poderão nortear o desenvolvimento de estratégias educacionais de grande relevância para o futuro da educação. Por esse motivo, investigar estratégias para melhorar o desempenho dos alunos é essencial. Diversas pesquisas realizadas com roedores, inclusive dentro da nossa Universidade, mostram que são vários os fatores que influenciam a consolidação e persistência de um aprendizado/uma memória, entre eles a prática de exercício físico, inclusive uma única sessão dele. Estes estudos demonstraram o papel fundamental que os sistemas de neurotransmissão catecolaminérgicos (dopaminérgico e noradrenérgico),

ativados pela prática de exercício, que parecem promover uma melhora do aprendizado. Neste projeto propomos verificar se os efeitos moduladores da memória induzidos pelo exercício

Endereço: BR 473 - Km 585 - Campus Uruguaiana
Bairro: Pólo Administrativo - Sala 33 - Caixa **CEP:** 97.501-870
UF: RS **Município:** URUGUAIANA
Telefone: (51)3911-0202 **E-mail:** cep@unipampa.edu.br

obtidos em laboratório também se aplicam ao contexto educacional real. Nosso foco é transladar esse conhecimento obtido dentro do laboratório, levando-o para dentro da escola, avaliando se a inclusão de uma sessão única de exercício após um aprendizado escolar é capaz de facilitar e qualificar os processos de aprendizagem de estudantes. A amostra deste estudo será composta por 86 estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Uruguaiana. Estes estudantes serão divididos em 2 grupos: Grupo Controle (CT; n=43) e Grupo Intervenção/Exercício Físico (EF; n=43). Os dois grupos irão assistir a mesma aula na disciplina de Biologia, tendo como temática o Sistema Nervoso, ministrada nos moldes tradicionais de ensino. Ao tempo que o grupo CT não irá realizar exercício físico após essa aula, o grupo EF irá fazer uma sessão de exercício físico (conduzida em intensidade moderada verificada pela Escala de Borg) por um tempo de 30 min.

Após, todos os estudantes serão avaliados quanto ao seu conhecimento da temática da aula em três momentos distintos (3hs, 24hs e 7 dias após de assistirem a aula) através de testes de conhecimento (teste com 10 questões de diferentes graus de dificuldade), quando também aplicaremos a escala IDATE (Inventário de Ansiedade Traço-Estado)-Estado, com o objetivo de avaliar o grau de ansiedade no momento da testagem. A fim de entender alguns dos possíveis mecanismos envolvidos nos efeitos observados, também será realizada a coleta de saliva, sendo realizadas 5 coletas: uma antes de qualquer intervenção (medida basal), uma logo após o exercício, e uma antes de cada um dos 3 testes de aprendizagem.

Através das amostras de saliva mensuraremos os níveis de cortisol e de amilase salivar, após o exercício objetivando mensurar a ativação noradrenérgica induzida pelo exercício, e antes dos testes como uma medida de nível de estresse.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo principal deste estudo é transladar o conhecimento obtido dentro do laboratório de pesquisa básica com modelos experimentais, e levá-lo para dentro da escola, avaliando se a inclusão de uma sessão única de exercício físico realizada pelos estudantes após um aprendizado escolar é capaz de facilitar e qualificar a aprendizagem deles.

Objetivo Secundário:

Dentre os objetivos específicos deste estudo, estão:- Verificar se única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, melhora a consolidação da aprendizagem/memória de estudantes da Educação Básica, através de testes de conhecimento;- Verificar se única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, melhora a persistência da aprendizagem/memória de estudantes da Educação Básica, através de testes de conhecimento;-

Continuação do Parecer: 5.089.200

Verificar se única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, aumenta a ativação do sistema catecolaminérgico em estudantes da Educação Básica, através de testes de mensuração indireta, via alfa-amilase salivar;- Verificar se única sessão de exercício físico, realizada logo após uma nova aprendizagem, ao melhorar a sua aprendizagem, diminui a ansiedade dos estudantes da Educação Básica em momentos de testagem, através da avaliação da ansiedade (IDATE-Estado) e dos níveis de cortisol e alfa-amilase salivar;- Compreender os efeitos modulatórios e mecanismos de ação do exercício físico sobre a consolidação e persistência da aprendizagem em contexto escolar;- Contribuir para a produção de evidências científicas que fundamentem a organização escolar e subsidiem futuras políticas públicas para melhoria da qualidade da Educação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Este projeto não envolve técnicas invasivas ou com grau de severidade considerável. A proposta segue as normas da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da saúde, que regulamenta pesquisas realizadas com seres humanos. Como riscos aos participantes, pode ocorrer sensação de constrangimento ou receio, por parte dos mesmos, tendo em vista os aspectos do estudo, ou a falta de conhecimento acerca do tema. Os participantes serão orientados sobre a possibilidade de abdicar-se de responder qualquer questionamento, e interromper ou encerrar sua participação na pesquisa no momento que considerarem oportuno. Ainda, em caso de necessidade, os sujeitos poderão ser encaminhados ao Ambulatório do Serviço de Atenção Integral à Saúde Mental de Uruguaiana vinculado à Secretaria Municipal de Saúde de Uruguaiana, podendo receber acompanhamento psicológico. Há, ainda, o risco de identificação indireta devido ao número restrito de participantes da pesquisa, o que procuraremos minimizar tratando os dados anonimamente. Destaca-se, ainda, que existe um risco de vazamento de dados, o que procuraremos minimizar utilizando arquivos com acesso restrito aos pesquisadores responsáveis pela análise de dados.

Benefícios:

Como benefício direto desta pesquisa espera-se que, ao realizar uma única sessão de exercício físico logo após uma nova aprendizagem, os alunos tenham uma melhora na consolidação e da persistência da aprendizagem/memória, evidenciada através de um melhor desempenho nos testes de conhecimento a que serão submetidos. Espera-se que ao praticar uma única sessão de exercício físico logo após uma nova aprendizagem, ao melhorar a aprendizagem dos estudantes, diminua a sua ansiedade e estresse nos momentos de testagem, já que estes estarão mais seguros

Endereço: BR 472 - Km 285 - Campus Uruguaiana
Bairro: Prédio Administrativo - Sala 23 - Caixa CEP: 97.501-670
UF: RS Município: URUGUAIANA
Telefone: (51)3911-0202 E-mail: cep@unipampa.edu.br

Página 02 de 08

Continuação do Parecer: 5.668.266

em relação a sua aprendizagem, o que pretendemos evidenciar através da avaliação da ansiedade (IDATE- Estado) e dos níveis de cortisol e alfaamilase salivar; quando esperamos detectar menor índice de ansiedade, assim como menores níveis de cortisol e alfa-amilase, nos estudantes que realizaram exercício físico após a aprendizagem. Assim, espera-se, com esse estudo, é uma melhoria na qualidade de aprendizagem dos estudantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Recomendações:

Recomendamos, para futuras submissões, que atente para o item 3 da Folha de Rosto. O correto é grupo 3. Para maiores esclarecimentos, acesso os endereços <<https://sites.unipampa.edu.br/cap/como-enviar-um-projeto-de-pesquisa-ao-capunipampa/>> ou <<https://sites.unipampa.edu.br/cap/files/2012/05/reas-tematicas.docx>>

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Trata-se de análise de resposta ao parecer pendente nº 5.668.680 emitido pelo CEP em 28/09/2022.

Pendências atendidas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Resalta-se que cabe a pesquisadora responsável encaminhar os relatórios parciais e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciadas no CEP, conforme Norma Operacional CNS nº 001/13, Item XI.2.d.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	FB_INFORMACOES_BASICAS_DO_F RQJETO_1990278.pdf	03/10/2022 14:00:26		Aceito
Outros	CartaResposta.pdf	03/10/2022 13:59:29	BRUNA TARASUK TREIN.CRESPO	Aceito
Outros	TermoConfidencialidade.pdf	30/09/2022 19:08:10	BRUNA TARASUK TREIN.CRESPO	Aceito
TCLE / Termos de	TermoAssentimentoCerto.pdf	30/09/2022	BRUNA TARASUK	Aceito

Endereço: BR 473 - Km 565 - Campus Uniguaiense

Bairro: Prédio Administrativo - Sala 20 - Caixa CEP: 97.501-970

UF: RS Município: URUGUAIANA

Telefone: (51)3911-0202

E-mail: cap@unipampa.edu.br

APÊNDICE A

TESTE DE APRENDIZAGEM I- AULA DE BIOLOGIA CELULAR- TURMA 8C (E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) E 83 (E.E.E.M. DOM HERMETO)

1- Leia atentamente as informações a seguir e marque a alternativa que NÃO indica uma característica dos cloroplastos.

- a) Os cloroplastos apresentam um DNA próprio
- b) Os cloroplastos armazenam a clorofila.
- c) Os cloroplastos são organelas membranosas como as mitocôndrias.
- d) Os cloroplastos estão presentes em células animais

2- Para realizar as suas atividades, a célula necessita de energia. Qual é a organela encarregada de extrair energia a partir dos nutrientes e do oxigênio:

- a) Ribossomo
- b) Centríolo
- c) Retículo endoplasmático
- d) Mitocôndria

3- Entre as organelas listadas a seguir, marque apenas aquela que é encontrada em uma célula procariótica:

- a) retículo endoplasmático.
- b) mitocôndria.
- c) ribossomo.
- d) complexo de Golgi.

4- Com o processo evolutivo, as células eucariontes se tornaram mais complexas e altamente especializadas. A célula eucarionte pode ser definida como:

- a) célula que não possui núcleo definido.
- b) células que são encontradas nas bactérias.
- c) célula que possui núcleo definido e organelas membranosas.
- d) células que não possuem uma grande variedade de formas.

5- Animais e plantas são seres que pertencem a reinos distintos por terem muitas características diferentes, principalmente na forma de obtenção de energia. Animais são considerados heterótrofos, pois se alimentam de outros seres vivos. Já as plantas, são consideradas autótrofas, pois convertem radiação do sol. Analisando microscopicamente, animais e plantas possuem células com características comuns e distintas. Qual das alternativas abaixo está correta em relação às células animais e vegetais?

- a) células vegetais apresentam parede celular composta por celulose e as células animais apresentam vacúolos com clorofila.
- b) células animais possuem mitocôndrias que geram energia a partir da luz do sol e as células vegetais não possuem núcleo definido.
- c) células vegetais apresentam parede celular composta por celulose e ambas possuem núcleo organizado.
- d) células animais e vegetais possuem cloroplastos, sendo que somente na célula animal são encontrados ribossomos.

6- Algumas organelas celulares são encontradas tanto na célula animal quanto na célula vegetal. Outras, no entanto, são exclusivas de algumas dessas células. Como animais e vegetais pertencem a reinos diferentes, estes seres vivos possuem células com funções e

estruturas distintas. Entre as organelas listadas a seguir, marque a encontrada na célula animal:

- a) Membrana Plasmática, estrutura responsável pela respiração celular.
- b) Cloroplasto, estrutura responsável pela realização da fotossíntese.
- c) Mitocôndria, organela responsável pela síntese de proteína.
- d) Parede Celular, estrutura responsável pelo revestimento externo.

7- O núcleo celular é uma estrutura que aparece em células mais especializadas como as eucarióticas. No entanto, essa organela comporta o material genético que já era encontrado nas células procarióticas. Sendo assim, qual a principal função do material genético?

- a) armazenar informações e realizar fotossíntese
- b) armazenar informações genéticas e gerar energia
- c) armazenar informações e comandar as funções celulares
- d) armazenar informações e revestir a célula do meio externo

8- Os componentes celulares que estão presentes tanto em células de eucariontes como de procariontes são:

- a) membrana plasmática e ribossomos
- b) membrana plasmática e mitocôndrias
- c) mitocôndrias e ribossomos
- d) ribossomos e lisossomos

9- Dos organismos citados a seguir, qual apresenta células procariontes?

- a) Animais mamíferos
- b) Bactérias tipo lactobacilos
- c) Fungos como os cogumelos
- d) Plantas como as árvores

10- A membrana plasmática é uma estrutura que reveste as células de todos os seres vivos. Essa estrutura apresenta várias funções. Quais das funções abaixo não é a realizada pela membrana plasmática?

- a) barreira seletiva.
- b) transporte de substâncias.
- c) interação entre células.
- d) envolver o material genético.

APÊNDICE B
TESTE DE APRENDIZAGEM II- AULA DE BIOLOGIA CELULAR- TURMA 8C
(E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) E 83 (E.E.E.M. DOM HERMETO)

1- Células animal e vegetal apesar de serem diferentes, possuem algumas semelhanças. Analise atentamente as alternativas seguintes e marque a única estrutura que NÃO é comum a esses dois tipos de células.

- a) Membrana plasmática
- b) Ribossomo
- c) Parede celular
- d) Mitocôndria

2- Assinale a alternativa correta:

- a) Todas as células apresentam o mesmo formato.
- b) Células só são encontradas em animais.
- c) Todos os seres vivos possuem várias células.
- d) As células possuem estruturas em seu interior que atuam em conjunto para garantir sua sobrevivência.

3- Os seres vivos que são constituídos por células procariontes são todos unicelulares e possuem um reino próprio, o Monera. Vivem de forma associada a outro ser vivo, parasitando. São exemplos de seres vivos constituídos por célula procarionte:

- a) os seres humanos, pois possuem uma única célula.
- b) as árvores, devido à presença de cloroplastos.
- c) os cogumelos, pois são um reino exclusivamente unicelular.
- d) as bactérias, seres unicelulares sem organelas membranosas.

4- As organelas que encontramos nas células possuem diferentes funções. Uma das organelas mais fundamentais é a mitocôndria. Ela é formada, basicamente, por um envoltório membranoso e uma crista interna. Qual a função da mitocôndria?

- a) comandar a síntese do citoplasma.
- b) geração de energia e respiração celular.
- c) locomoção das células procarióticas.
- d) reserva de água e amido em vacúolos.

5- Uma célula é classificada como eucariótica se contiver:

- a) núcleo definido.
- b) parede celular rígida.
- c) membrana plasmática.
- d) ribossomos.

6- Qual é o nome da organela capaz de absorver energia luminosa por meio de pigmento que dá a coloração específica das células que realizam fotossíntese?

- a) Flagelo.
- b) Mitocôndria.
- c) Ribossomo.

d) Cloroplasto.

7- Das características celulares a seguir relacionadas, qual está presente somente nos eucariontes e representa um dos critérios utilizados para distingui-los dos procariontes?

- a) Conter DNA.
- b) Possuir Membrana plasmática.
- c) Apresentar Ribossomo.
- d) Possuir uma membrana nuclear.

8- As células eucariontes contêm muitas características comuns, podendo se diferenciar em células animais e vegetais de forma mais específica. Mesmo sendo células diferentes, ao classificarmos essas células como eucarióticas elas possuem organelas e estruturas iguais. Quais das estruturas e organelas abaixo são encontradas em ambas células procariontes animal e vegetal?

- a) possuem núcleo que é capaz de realizar fotossíntese.
- b) possuem membrana plasmática que contém celulose.
- c) possuem mitocôndrias que realizam a respiração celular
- d) possuem ribossomos que delimitam a célula.

9- Analise as seguintes afirmações:

I- A célula é a menor unidade dos organismos vivos.

II- As células são compostas basicamente de citoplasma e membrana plasmática.

III- As células eucarióticas apresentam núcleo, enquanto as células procarióticas não apresentam essa estrutura e seu material genético encontra-se disperso no citoplasma.

Estão CORRETAS as alternativas:

- a) Somente I e II.
- b) Somente I e III.
- c) Somente II e III.
- d) Todas as alternativas estão corretas.

10- Identifique nas alternativas a seguir qual NÃO apresenta uma função da membrana plasmática.

- a) Controle da entrada e saída de substâncias da célula.
- b) Proteção das estruturas internas da célula.
- c) Delimitação do conteúdo intracelular e extracelular.
- d) Reconhecimento de substâncias.

APÊNDICE C
TESTE DE APRENDIZAGEM III- AULA DE BIOLOGIA CELULAR- TURMAS 8C
(E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) E 83 (E.E.E.M. DOM HERMETO)

1-O núcleo é uma parte da célula constituída por camadas membranosas. Contido em uma região do citoplasma, o núcleo está presente somente nas células eucariontes e uma das suas principais funções é

- a) armazenar o material genético que comanda as funções celulares.
- b) realizar somente a sustentação da célula e seu exoesqueleto.
- c) excretar substâncias para o exterior da célula, através dos vacúolos.
- d) absorver energia solar convertida em energia química.

2- Existe uma estrutura nas células que corresponde a todo conteúdo celular que está localizado fora do núcleo, o espaço onde se encontram as demais organelas preenchido de uma substância gelatinosa. Qual o nome dessa estrutura?

- a) O ribossomo.
- b) O citoplasma.
- c) O núcleo.
- d) A mitocôndria.

3- Marque a alternativa que indica corretamente o nome de uma estrutura presente em células eucariontes e procariontes.

- a) Complexo de Golgi
- b) Retículo endoplasmático
- c) cloroplasto
- d) Ribossomo

4- Os cloroplastos são encontrados somente nas células vegetais e possuem uma função que caracteriza os vegetais como um reino próprio. Assim como as mitocôndrias, eles são constituídos por uma membrana e por uma substância chamada clorofila. Qual a função dessa substância?

- a) absorver oxigênio para produção de proteínas.
- b) absorver água do ar para nutrição.
- c) absorver água da chuva para hidratação.
- d) absorver energia solar para a realização de fotossíntese.

5- As células eucariontes podem ser classificadas em dois grupos principais: células animais e células vegetais. Essas últimas apresentam algumas estruturas exclusivas, tais como os cloroplastos, que são responsáveis pelo processo de fotossíntese. Analise as alternativas a seguir e marque a única estrutura que NÃO pode ser utilizada para diferenciar uma célula vegetal da célula animal.

- a) cloroplastos.
- b) vacúolo.
- c) mitocôndria.
- d) parede celular.

6- As estruturas das células são vivas, carregam a informação genética de um organismo e são capazes de transmitir essa informação no momento da divisão celular. Uma célula procarionte é diferente de uma célula eucarionte pela falta de:

- a) membrana plasmática.
- b) citoplasma.
- c) núcleo definido.
- d) DNA.

7- A organização celular de uma célula eucarionte é mais complexa que a estrutura de uma célula procarionte. Na verdade, acredita-se que a célula eucarionte surgiu a partir de uma célula primitiva, que seria a célula procariótica. Células eucariontes apresentam estruturas que atuam similares aos órgãos, realizando as atividades celulares essenciais para a célula. As mitocôndrias, por exemplo:

- a) são responsáveis pela síntese de proteínas na célula.
- b) realizam a respiração celular, que produz a maior parte de energia necessária para as funções vitais.
- c) digerem moléculas orgânicas, como carboidratos, lipídios e proteínas.
- d) atuam no armazenamento, modificação e liberação de substâncias.

8- Para realizar as suas atividades, a célula necessita de energia. Qual é a organela encarregada de extrair energia a partir dos nutrientes e do oxigênio:

- a) ribossomo.
- b) retículo endoplasmático.
- c) centríolo.
- d) mitocôndria.

9- As células mais primitivas que encontramos entre os seres vivos são as células procariontes. Os principais exemplares das células procarióticas são as bactérias que, por isso, possuem a característica de?

- a) possuir parede celular que sustenta a célula.
- b) ter material genético disperso no citoplasma.
- c) apresentar clorofila para absorção de luz do sol.
- d) realizar a síntese de proteínas nos ribossomos.

10- É através da respiração celular que a célula é capaz de produzir energia para o seu funcionamento. No interior de que organela ocorrem algumas etapas desse processo?

- a) Complexo de Golgi.
- b) Mitocôndria.
- c) Cloroplasto.
- d) Retículo

APÊNDICE D

TESTE DE APRENDIZAGEM I- AULA DE BIOLOGIA CELULAR- TURMAS 8D (E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) E 85 (E.E.E.M. DOM HERMETO)

1- As distintas organelas encontradas nas células possuem diferentes funções. Uma das mais fundamentais é a mitocôndria. Essa organela é formada, basicamente, por um envoltório membranoso e uma crista interna. A mitocôndria é responsável:

- a) por comandar a síntese do citoplasma.
- b) pela locomoção das células procarióticas.
- c) pela reserva de água e amido em vacúolos.
- d) pela geração de energia e respiração celular.

2- Analise as alternativas abaixo e marque aquela que melhor descreve uma célula eucarionte.

- a) Célula com material genético disperso no citoplasma.
- b) Célula que apresenta um núcleo verdadeiro.
- c) Célula das bactérias.
- d) Célula que apresenta nucleóide.

3- Qual estrutura existente nas células, corresponde a todo conteúdo celular localizado fora do núcleo e possui uma variada quantidade de organelas membranosas, as quais desenvolvem as mais variadas funções?

- a) O ribossomo.
- b) O citoplasma.
- c) O núcleo.
- d) A mitocôndria.

4- Nas células eucariontes a função do núcleo é:

- a) revestir a célula externamente.
- b) armazenar o material genético e comandar as atividades celulares.
- c) respiração celular e geração de energia.
- d) locomoção e movimentação da célula.

5- A célula primitiva que originou os demais seres vivos através da evolução foi a célula procarionte. A célula procarionte pode ser definida como:

- a) célula que contém cloroplastos e parede celular.
- b) célula que não possui núcleo definido.
- c) célula que apresenta organelas especializadas.
- d) célula que apresenta núcleo verdadeiro.

6- Dentre as características que identificam os seres vivos nos seus respectivos reinos, uma das mais importantes é a constituição celular. Além dos animais, as plantas, os fungos e os protozoários são seres eucariontes. Porém, cada um desses reinos possuem suas organelas e especialidades. Quais das alternativas abaixo encontramos características semelhantes nas células animais e vegetais?

- a) ambas possuem núcleo, mitocôndrias e cloroplastos.
- b) ambas possuem citoplasma, parede celular e núcleo.
- c) ambas possuem cloroplastos, parede celular e vacúolos.
- d) ambas possuem núcleo, mitocôndria e retículo endoplasmático.

7- As células procariontes, entre outras características:

- a) não possuem material genético.
- b) possuem material genético como os eucariontes, mas não possuem núcleo.
- c) possuem núcleo, mas o material genético encontra-se disperso no citoplasma.
- d) possuem núcleo e material genético organizado nos cromossomos.

8- Por meio da utilização de técnicas de microscopia de luz, as células de organismos vivos podem ser classificadas em dois tipos: procarióticas e eucarióticas. A afirmativa CORRETA a respeito da classificação celular de organismos vivos é:

- a) As células de plantas e animais são classificadas como eucarióticas.
- b) As células de bactérias e fungos são classificadas como procarióticas.
- c) Bactérias não possuem parede celular.
- d) Organismos eucarióticos vivem em uma variedade de nichos ecológicos muito maiores do que organismos procarióticos.

9- Analise as seguintes afirmações:

I- A célula é a menor unidade dos organismos vivos.

II- As células são compostas basicamente de citoplasma e membrana plasmática.

III- As células eucarióticas apresentam núcleo, enquanto as células procarióticas não apresentam essa estrutura e seu material genético encontra-se disperso no citoplasma.

Estão CORRETAS as alternativas:

- a) Somente I e II.
- b) Somente I e III.
- c) Somente II e III.
- d) Todas as alternativas estão corretas.

10- Encontrado somente nas células vegetais, os cloroplastos possuem uma função que caracteriza os vegetais como um reino próprio. Assim como as mitocôndrias, eles são constituídos por uma membrana e por uma substância chamada clorofila. Essa substância possui a função de:

- a) absorver oxigênio para produção de proteínas.
- b) absorver energia solar para a realização de fotossíntese.
- c) absorver água do ar para nutrição.
- d) absorver água da chuva para hidratação.

APÊNDICE E

**TESTE DE APRENDIZAGEM II- AULA DE BIOLOGIA CELULAR- TURMAS 8D
(E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) E 85 (E.E.E.M. DOM HERMETO)**

1- Evolutivamente é comum encontrarmos afirmações de que a célula procariótica é mais primitiva que a célula eucariótica. Conclui-se então, que a célula eucarionte surge de uma célula procarionte que se modificou ao longo do tempo. Afirmar isso só é possível, pois ambas as células compartilham características comuns. Quais são as características comuns entre as células procariontes e eucariontes?

- a) membrana plasmática, núcleo e mitocôndrias.
- b) membrana plasmática, retículos e complexo de Golgi
- c) membrana plasmática, ribossomos e retículos.
- d) membrana plasmática, citoplasma e ribossomos.

2- A bactéria é constituída por apenas uma célula, já o ser humano é formado por muitas células. A exemplo da bactéria que possui apenas uma célula, logo, ela é classificada como

- a) pluricelular.
- b) autotrófico.
- c) procarionte.
- d) unicelular.

3- As células animal e vegetal apresentam algumas diferenças marcantes, porém também algumas semelhanças. Analise atentamente as alternativas seguintes e marque a única que não corresponde a uma estrutura comum a essas células.

- a) Membrana plasmática
- b) Ribossomo
- c) Parede celular
- d) Mitocôndria

4- No núcleo, que é uma região da célula delimitada por membrana, encontramos o material genético do organismo. Entre as alternativas a seguir, marque aquela que indica corretamente o nome dado às células que possuem núcleo definido.

- a) Células autotróficas.
- b) Células heterotróficas.
- c) Células eucarióticas.
- d) Células procarióticas.

5- Que parte da célula controla a entrada e a saída de substâncias?

- a) citoplasma.
- b) núcleo.
- c) membrana plasmática.
- d) mitocôndria.

6- As células mais simples que encontramos entre os seres vivos são as presentes no reino Monera como as bactérias, que possuem como exemplo:

- a) as bactérias de células procariontes como os lactobacilos
- b) as bactérias tipo eucarionte como os vírus
- c) as bactérias de células eucariontes tipo os fungos
- d) as bactérias tipo algas de células eucariontes

7- Uma das primeiras estruturas a surgirem e se especializarem nas células foi a membrana plasmática. A partir do seu surgimento, a célula consegue ter controle entre os meios interno e externo. Dentre as alternativas abaixo, qual a principal característica da membrana plasmática

- a) possuir permeabilidade seletiva.
- b) permitir somente a entrada de água.
- c) isolar totalmente a célula.
- d) possuir estrutura rígida de celulose.

8- Um aluno observou uma célula eucarionte em um microscópio e não sabia se essa se tratava de uma célula animal ou vegetal. Ele então fez algumas anotações:

I - A célula possui ribossomos.

II - A célula possui retículo endoplasmático.

III - A célula possui apenas membrana plasmática como envoltório.

IV - A célula apresenta mitocôndria.

Com essas anotações, é possível identificar a célula como uma célula:

- a) vegetal, devido à ausência de parede celular.
- b) vegetal, devido à presença de lisossomo.
- c) vegetal, devido à presença de retículo endoplasmático.
- d) animal, devido à ausência de parede celular.

9- Na respiração celular, a célula é capaz de produzir energia para o seu funcionamento. Algumas etapas desse processo ocorrem no interior de uma organela denominada de:

- a) Complexo de Golgi.
- b) Mitocôndria.
- c) Cloroplasto.
- d) Retículo.

10- Os cloroplastos são importantes organelas presentes nas células vegetais e nas algas. A respeito dos cloroplastos, marque a alternativa INCORRETA:

- a) Os cloroplastos estão relacionados com o processo de fotossíntese.
- b) No interior dos cloroplastos, encontramos a clorofila, um pigmento de cor verde.
- c) Os cloroplastos são as estruturas que responsáveis pela absorção de luz do sol
- d) Os cloroplastos são presentes na célula animal

APÊNDICE F

TESTE DE APRENDIZAGEM III- AULA DE BIOLOGIA CELULAR- TURMAS 8D

(E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) E 85 (E.E.E.M. DOM HERMETO)

1- O núcleo celular é uma estrutura que aparece em células mais especializadas como as eucarióticas. No entanto, essa organela comporta o material genético que já era encontrado nas células procarióticas. Sendo assim, qual a principal função do material genético?

- a) armazenar informações e realizar fotossíntese
- b) armazenar informações genéticas e gerar energia
- c) armazenar informações e comandar as funções celulares
- d) armazenar informações e revestir a célula do meio externo

2- A membrana plasmática é uma estrutura que reveste as células de todos os seres vivos. Essa estrutura apresenta várias funções, exceto a de:

- a) barreira seletiva.
- b) transporte de substâncias.
- c) interação entre células.
- d) envolver o material genético.

3- Contém o código em que são armazenadas as informações genéticas como o DNA. É o centro de controle das atividades da célula eucariótica. A estrutura celular definida é o:

- a) do núcleo.
- b) citoplasma.
- c) mitocôndria.
- d) membrana celular.

4- Para realizar as suas atividades, a célula necessita de energia. Qual é a organela encarregada de extrair energia a partir dos nutrientes e do oxigênio:

- a) Ribossomo
- b) Centríolo
- c) Retículo endoplasmático
- d) Mitocôndria

5- A célula vegetal e a célula animal apesar de tratarem-se de células eucariontes, apresentam algumas diferenças. Na célula vegetal observa-se a presença de uma estrutura responsável pelo armazenamento de substâncias e controle osmótico da célula. Essa estrutura é chamada de:

- a) Cloroplasto.
- b) Plasto.
- c) Vacúolo.
- d) Ribossomos.

6- Sobre as células procariontes é incorreto afirmar que:

- a) A principal característica das células procariontes é a ausência de membrana nuclear do núcleo
- b) não apresentam um núcleo bem delimitado
- c) em geral, a célula procarionte, também não apresenta organelas citoplasmáticas
- d) como exemplo de organismos que apresentam célula procarionte, exclusivamente, temos os protozoários e os fungos

7- Todos os seres vivos, com exceção dos vírus, apresentam células. Essas células, no entanto, possuem algumas diferenças básicas. Analise as afirmações a seguir e marque a alternativa correta a respeito dos diferentes tipos celulares:

- a) A célula vegetal apresenta algumas estruturas exclusivas, como mitocôndrias e lisossomos.
- b) A célula animal e a célula vegetal apresentam algumas semelhanças, como o fato de ambas terem núcleo delimitado pelo envoltório nuclear.
- c) As células procarióticas, assim como as células animais, apresentam membrana plasmática, citoplasma e mitocôndrias.
- d) Todos os tipos celulares apresentam ribossomos e mitocôndrias.

8- Assinale a afirmação falsa:

- a) Célula é a menor parte de um ser vivo.
- b) O formato das células varia de acordo com a sua função.
- c) As principais partes de uma célula são: núcleo, citoplasma e membrana plasmática.
- d) As células podem ser: eucariontes (não possuem membrana delimitando o núcleo) ou procariontes (possuem membrana envolvendo o núcleo).

9- Quais destes componentes celulares estão presentes tanto em células de eucariontes como de procariontes?

- a) membrana plasmática e ribossomos
- b) membrana plasmática e mitocôndrias
- c) mitocôndrias e ribossomos
- d) ribossomos e lisossomos

10- Qual das alternativas a seguir NÃO indica uma característica dos cloroplastos?

- a) Os cloroplastos apresentam um DNA próprio
- b) Os cloroplastos armazenam a clorofila.
- c) Os cloroplastos são organelas membranosas como as mitocôndrias.
- d) Os cloroplastos estão presentes em células animais.

APÊNDICE G

TESTE DE APRENDIZAGEM I- AULA DE HISTOLOGIA- TURMA 8C (E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS)

1- O Tecido Muscular possui uma característica muito própria, pois ele realiza:

- a) Os movimentos do corpo
- b) O revestimento como a pele
- c) O armazenamento de gordura
- d) O transporte de substâncias

2- Qual é o tipo de tecido que compõe o sangue em nosso corpo?

- a) Tecido muscular
- b) Tecido epitelial
- c) Tecido conjuntivo sanguíneo
- d) Tecido nervoso

3- Qual é a principal função do tecido conjuntivo adiposo?

- a) Produzir energia para o corpo
- b) Proteger os órgãos internos
- c) Auxiliar na digestão dos alimentos
- d) Controlar a temperatura corporal

4- Nossos tecidos são formados em diferentes regiões do nosso organismo. Onde é produzido o tecido conjuntivo sanguíneo?

- a) No fígado
- b) Nos pulmões
- c) Nos rins
- d) Na medula óssea vermelha

5- Por que o tecido conjuntivo cartilaginoso é importante para o nosso corpo?

- a) Ele permite o movimento livre das articulações
- b) Ele protege os órgãos internos de lesões
- c) Ele ajuda a manter a estrutura e o formato das orelhas e nariz
- d) Ele fornece suporte e absorção de choque em áreas como a coluna vertebral

6 - Qual é a função das fibras presentes no tecido conjuntivo?

- a) Armazenar energia
- b) Transmitir impulsos nervosos
- c) Conectar diferentes estruturas e fornecer resistência e elasticidade
- d) Transportar oxigênio e nutrientes para as células

7- Analise a seguinte situação a seguir: uma pessoa precisou fazer uma bateria de exames, pois o médico exigiu. Sendo assim, ela realizou um Raio X, um Hemograma e eletrocardiograma. Quais os tecidos analisados nos exames:

- a) Tecido Ósseo, tecido adiposo e tecido cartilaginoso.
- b) Tecido Sanguíneo, Tecido adiposo, Tecido ósseo.
- c) Tecido ósseo, Tecido Sanguíneo e tecido muscular cardíaco.
- d) Tecido ósseo, Tecido adiposo e tecido muscular liso.

8- Imagine que você esteja praticando esportes e seu coração está bombeando mais sangue para fornecer oxigênio aos seus músculos. Qual é o tecido muscular que forma as camadas grossas e contráteis do coração?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado cardíaco.
- d) Tecido muscular voluntário.

9 - Quando você realiza um chute ou um soco, qual é o tipo de tecido muscular responsável por gerar a força e o movimento nessas ações?

- a) Tecido muscular cardíaco.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado esquelético.
- d) Tecido muscular voluntário.

10 - Imagine que você está comendo um pedaço de chocolate e ele desce pelo seu esôfago em direção ao estômago. Qual é o tipo de tecido muscular responsável por empurrar o alimento através desses órgãos, usando contrações involuntárias?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular cardíaco.
- c) Tecido muscular voluntário.
- d) Tecido muscular liso.

APÊNDICE H
TESTE DE APRENDIZAGEM II- AULA DE HISTOLOGIA- TURMA 8C (E.M.E.F
MOACYR RAMOS MARTINS)

1- Qual é o tipo de tecido que compõe a cartilagem em nosso corpo?

- a) Tecido muscular
- b) Tecido epitelial
- c) Tecido conjuntivo cartilaginoso
- d) Tecido nervoso

2- O que os ossos fazem para proteger nossos órgãos internos?

- a) Crescem mais rápido
- b) Ficam mais fortes
- c) Se tornam mais flexíveis
- d) Se juntam para formar uma capa protetora

3- Onde encontramos o tecido conjuntivo adiposo em maior quantidade?

- a) Nos músculos do corpo
- b) Nos ossos e articulações
- c) Nas células cerebrais
- d) Sob a pele e em torno dos órgãos

4- O Tecido Ósseo, dentre suas muitas características, desempenha no nosso corpo as seguintes funções

- a) Movimento através do sangue e rigidez pela sua mobilidade articulada ao tecido muscular
- b) Conexões sinápticas e realizar movimentos com o sistema cartilaginoso
- c) Compor as cartilagens e sustentar com tecido sanguíneo
- d) Sustentação devido a sua rigidez e movimento por realizar alavanca com os músculos.

5- Onde encontramos o tecido conjuntivo cartilaginoso em nosso corpo?

- a) Nos músculos do corpo
- b) Nos ossos e articulações
- c) No sistema nervoso central
- d) Nas orelhas, nariz e discos intervertebrais

6- Onde encontramos o tecido conjuntivo em nosso corpo?

- a) Nos músculos do corpo
- b) Nos ossos e articulações
- c) No sistema nervoso central
- d) Em praticamente todos os órgãos e tecidos do corpo

7- Imagine que você está correndo e sente uma forte dor muscular nas pernas. Qual é o tecido que está envolvido no movimento e na contração dos músculos esqueléticos?

- a) tecido conjuntivo
- b) tecido muscular esquelético
- c) tecido sanguíneo
- d) tecido nervoso

8- Imagine que você esteja emocionado durante um filme e seu coração começa a bater mais rápido. Qual é o tecido que compõe a maior parte do seu coração e permite que ele se contraia de forma coordenada?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado cardíaco.
- d) Tecido muscular voluntário.

9- Quando você sorri ou franze a testa, qual é o tipo de tecido muscular que está sendo usado para realizar esses movimentos faciais?

- a) Tecido muscular cardíaco.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado esquelético.
- d) Tecido muscular voluntário.

10- Quando você está respirando, o ar passa pelos brônquios e chega aos seus pulmões. Qual é o tipo de tecido muscular encontrado nas paredes dos brônquios, que se contrai e relaxa para controlar o fluxo de ar?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular cardíaco.
- c) Tecido muscular voluntário.
- d) Tecido muscular liso.

APÊNDICE I

TESTE DE APRENDIZAGEM III- AULA DE HISTOLOGIA- TURMA 8C (E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS)

1 - Qual é o músculo responsável pelos nossos batimentos cardíacos?

- a) Músculo do estômago
- b) Músculo do coração
- c) Músculo do braço
- d) Músculo da perna

2 - Os ossos nos ajudam a:

- a) Realizar movimentos
- b) Enxergar melhor
- c) Ouvir sons mais altos
- d) Respirar mais rápido

3 - O que acontece quando o tecido conjuntivo adiposo é excessivo no corpo?

- a) Aumenta o risco de doenças cardiovasculares
- b) Promove a absorção adequada de nutrientes
- c) Ajuda a fortalecer os ossos e articulações
- d) Melhora a capacidade de regulação da temperatura corporal

4 - O sangue do nosso organismo circula pelo nosso corpo, isso é sabido, porém qual a é a principal função do tecido conjuntivo sanguíneo?

- a) Produzir energia para o corpo
- b) Proteger os órgãos internos
- c) Transportar nutrientes, oxigênio e resíduos metabólicos
- d) Controlar a temperatura corporal

5 - Nossas orelhas e nariz são flexíveis, mas possuem certa rigidez que dão estrutura para essas partes do corpo. Qual tecido constitui essas partes?

- a) Tecido Conjuntivo Ósseo
- b) Tecido Conjuntivo Sanguíneo
- c) Tecido Conjuntivo Muscular
- d) Tecido conjuntivo cartilaginoso

6 - Qual é a principal função do tecido conjuntivo em nosso corpo?

- a) Produzir energia para o corpo
- b) Proteger os órgãos internos
- c) Fornecer suporte e estrutura aos tecidos e órgãos
- d) Controlar a temperatura corporal

7- Imagine que você precise fazer uma transfusão de sangue. Qual é o tecido responsável por produzir as células sanguíneas, como glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas?

- a) tecido conjuntivo
- b) tecido muscular esquelético
- c) tecido conjuntivo sanguíneo
- d) tecido nervoso

8 - Imagine que você está correndo em uma maratona e seu coração começa a bater mais rápido para suprir o aumento da demanda de oxigênio. Qual é o tipo de tecido muscular responsável por essas contrações rítmicas do coração?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado cardíaco.
- d) Tecido muscular voluntário.

9 - Quando você levanta um objeto pesado, qual é o tipo de tecido muscular responsável por gerar a força necessária?

- a) Tecido muscular cardíaco.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado esquelético.
- d) Tecido muscular voluntário.

10 - Qual é o tipo de tecido muscular encontrado nas paredes dos órgãos internos, como o estômago e os intestinos?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular cardíaco.
- c) Tecido muscular voluntário.
- d) Tecido muscular liso.

APÊNDICE J
TESTE DE APRENDIZAGEM I- AULA DE HISTOLOGIA- TURMA 8D (E.M.E.F
MOACYR RAMOS MARTINS)

1- O tecido que realiza os movimentos dos membros, órgão e coração no nosso corpo é o:

- a) Tecido Sanguíneo
- b) Tecido Epitelial
- c) Tecido Muscular
- d) Tecido Adiposo

2- A característica principal desse tecido é a rigidez das suas células, estamos falando do:

- a) Tecido Sanguíneo
- b) Tecido Ósseo
- c) Tecido Nervoso
- d) Tecido Muscular

3- A gordura que nosso corpo acumula, sendo armazenada em um tecido que possui função de isolamento térmico e como reserva de energia é referente a qual tecido?

- a) Tecido Conjuntivo Adiposo
- b) Tecido Muscular Adiposo
- c) Tecido Nervoso adiposo
- d) Tecido Conjuntivo Sanguíneo

4- O tecido sanguíneo possui características distintas dos demais na sua constituição, especialmente por integrar componentes com características específicas como as hemácias, leucócitos e plaquetas. Quais alternativas abaixo correspondem às funções do tecido sanguíneo?

- a) transporte de substância pelo corpo e defesa do organismo
- b) amortecimento nas articulações
- c) transporte somente de gases
- d) conexão através de impulsos elétricos

5- O tecido cartilaginoso integra os tecidos conjuntivos e se caracteriza por ter uma estrutura flexível e sem vascularização . Sabendo disso, onde esse tipo de tecido pode ser encontrado no nosso corpo?

- a) Na pele e cabelo
- b) Nas orelhas e coração
- c) Na pele e nariz
- d) Nas orelhas e articulações

6 - São classificados como um grupo de tecidos diversos que são constituídos por células distintas e não realizam a mesma função, não tendo uma característica própria. De que tecido estamos falando?

- a) Tecido Nervoso
- b) Tecido Epitelial
- c) Tecido Conjuntivo
- d) Tecido Muscular

7- Analise a seguinte situação a seguir: uma pessoa está realizando o movimento voluntário de mastigação, engole o alimento que é conduzido para o estômago e depois involuntariamente para o intestino onde a gordura do alimento é absorvida e se acumula no abdômen. Quais os tecidos envolvidos na situação descrita?

- a) muscular esquelético, muscular liso e conjuntivo adiposo.
- b) muscular liso, conjuntivo cartilaginoso e muscular esquelético
- c) muscular ósseo, conjuntivo sanguíneo e muscular cardíaco
- d) Conjuntivo sanguíneo, Conjuntivo esquelético e muscular adiposo.

8- O corpo humano realiza diferentes movimentos. Um desses movimentos é fundamental para que o sangue seja bombeado por todas as estruturas. Qual o tecido e suas principais características?

- a) Tecido Muscular Esquelético que possui contração voluntária.
- b) Tecido muscular Cardíaco que possui células estriadas com contração rítmica e involuntária.
- c) Tecido Muscular Cardíaco que possui contração voluntária.
- d) Tecido Muscular Liso que possui contração rítmica e voluntária.

9 - Ao agarrarmos nossa mochila, caminharmos até a escola e sentarmos e levantarmos da cadeira estamos utilizando um conjunto de tecidos que realizam a função de movimentos voluntários, que são os

- a) Tecidos Musculares lisos
- b) Tecidos musculares cardíacos
- c) Tecidos musculares esqueléticos
- d) Tecidos musculares adiposos

10 - Ao percorrer o sistema digestório, desde a deglutição até a excreção das fezes, o alimento é transportado através dos movimentos peristálticos. Esse tipo de movimento é realizado devido à

- a) Característica voluntária dos músculos esqueléticos.
- b) Característica involuntária dos músculos lisos
- c) Características flexível das cartilagens
- d) Características voluntárias dos músculos cardíacos

APÊNDICE K
TESTE DE APRENDIZAGEM II- AULA DE HISTOLOGIA- TURMA 8D (E.M.E.F
MOACYR RAMOS MARTINS)

1- Qual é a principal função do tecido muscular?

- a) Realizar movimentos.
- b) Proteger os órgãos internos.
- c) Controlar a respiração.
- d) Transportar nutrientes.

2- Qual é o tipo de tecido que forma nossos ossos?

- a) Tecido muscular
- b) Tecido epitelial
- c) Tecido conjuntivo ósseo
- d) Tecido nervoso

3- Qual é o nome do tecido que armazena gordura em nosso corpo?

- a) Tecido conjuntivo adiposo
- b) Tecido muscular esquelético
- c) Tecido epitelial
- d) Tecido nervoso

4- Nosso sangue não é uma substância única, simples e composta de somente um componente, mas sim uma junção de inúmeras partes. Sabendo disso quais são os componentes principais do tecido conjuntivo sanguíneo?

- a) Células vermelhas do sangue, plaquetas e leucócitos
- b) Neurônios, dendritos e axônios
- c) Células musculares e fibras nervosas
- d) Células epiteliais e glândulas secretoras

5- Qual é a característica principal do tecido conjuntivo cartilaginoso?

- a) Possui fibras elásticas que conferem flexibilidade
- b) É altamente vascularizado, com muitos vasos sanguíneos
- c) Armazena grandes quantidades de gordura em suas células
- d) É resistente e flexível devido à matriz rica em colágeno

6- Quais são os diferentes tipos de tecido conjuntivo?

- a) Conjuntivo denso, conjuntivo frouxo, conjuntivo adiposo, cartilaginoso e sanguíneo
- b) Muscular, epitelial, nervoso e adiposo
- c) Ósseo, cartilaginoso, sanguíneo e adiposo
- d) Liso, estriado e cardíaco

7- Suponha que você tenha se machucado, caído de uma árvore e o médico tenha realizado um exame de raio X e precise fazer a colocação de gesso, imobilizando seu braço, pois descobriu uma fratura. Qual é o Tecido que deve ser regenerado ao colocar o gesso?

- a) tecido ósseo
- b) tecido epitelial
- c) tecido muscular

d) tecido cartilaginoso

8- Suponha que você tenha realizado um exame médico e o médico está ouvindo o som do seu coração com um estetoscópio. Qual é o tecido que está produzindo o som característico dos batimentos cardíacos?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado cardíaco.
- d) Tecido muscular voluntário.

9- Ao nadar, qual é o tipo de tecido muscular que está sendo usado para impulsionar o seu corpo através da água?

- a) Tecido muscular cardíaco.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado esquelético.
- d) Tecido muscular voluntário.

10- Suponha que você esteja em um dia quente e seu corpo começa a suar para regular a temperatura. Qual é o tipo de tecido muscular encontrado nas paredes dos seus vasos sanguíneos, que se contrai e dilata para controlar o fluxo sanguíneo e o transporte de calor?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular cardíaco.
- c) Tecido muscular voluntário.
- d) Tecido muscular liso.

APÊNDICE L
TESTE DE APRENDIZAGEM III- AULA DE HISTOLOGIA- TURMA 8D (E.M.E.F
MOACYR RAMOS MARTINS)

1- O tecido muscular nos ajuda a fazer o quê?

- a) Pensar e raciocinar
- b) Sentir o toque e o calor
- c) Realizar movimentos
- d) Fazer a digestão dos alimentos

2- Qual é a parte dos ossos que permite a movimentação do nosso corpo?

- a) Articulações
- b) Ligamentos
- c) Músculos
- d) Tendões

3- Qual é a característica principal do tecido conjuntivo adiposo?

- a) Possui fibras elásticas que conferem flexibilidade
- b) É altamente vascularizado, com muitos vasos sanguíneos
- c) Armazena grandes quantidades de água em suas células
- d) Contém células adiposas que acumulam gordura em seu citoplasma

4- Cada componente do nosso sangue possui uma função específica. Qual é a função das células vermelhas do sangue no tecido conjuntivo sanguíneo?

- a) Combater infecções e doenças
- b) Transportar oxigênio para as células do corpo
- c) Coagular o sangue e auxiliar na cicatrização
- d) Produzir hormônios e regular funções corporais

5- Qual é a principal função do tecido conjuntivo cartilaginoso?

- a) Produzir energia para o corpo
- b) Proteger os órgãos internos
- c) Sustentar e dar forma a certas estruturas do corpo
- d) Controlar a temperatura corporal

6- Quais são os componentes principais do tecido conjuntivo?

- a) Células, fibras e substância intercelular
- b) Neurônios, dendritos e axônios
- c) Células musculares e fibras nervosas
- d) Células epiteliais e glândulas secretoras

7- Suponha que você esteja brincando e acidentalmente toque em algo muito quente. Qual é o tecido que envia sinais de dor e calor para o seu cérebro, permitindo que você rapidamente retire a mão da fonte de calor?

- a) tecido nervoso
- b) tecido adiposo
- c) tecido cartilaginoso
- d) tecido conjuntivo ósseo

8- Suponha que você esteja em repouso e sente o batimento do seu coração no peito. Qual é o tecido muscular responsável por essas batidas regulares do coração ao longo da sua vida?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado cardíaco.
- d) Tecido muscular voluntário.

9- Ao praticar atividades físicas, como correr ou pular, qual é o tecido muscular que permite o movimento do seu corpo?

- a) Tecido muscular cardíaco.
- b) Tecido muscular liso.
- c) Tecido muscular estriado esquelético.
- d) Tecido muscular voluntário.

10- Imagine que você está comendo um pedaço de pizza e ele passa pelo seu esôfago em direção ao estômago. Qual é o tipo de tecido muscular responsável por empurrar o alimento através desses órgãos?

- a) Tecido muscular estriado esquelético.
- b) Tecido muscular cardíaco.
- c) Tecido muscular voluntário.
- d) Tecido muscular liso.

APÊNDICE M
QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DE CONHECIMENTO- AULA DE BIOLOGIA
CELULAR- TURMAS 8C, 8D (E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS) 83 E 85
(E.E.E.M. DOM HERMETO)

Olá! Queremos saber o quanto você aprendeu na aula de Biologia Celular, por isso

pedimos que responda este questionário!

Leia e avalie as afirmações abaixo e indique o quanto você concorda com elas:

1. Após a aula de Biologia Celular considero que entendi muito bem o conteúdo.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

2. Eu lembro muito bem do conteúdo da aula de Biologia Celular.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

3. Sinto que aprendi mais nesta aula de Biologia Celular do que em outras aulas de Biologia, com o mesmo professor.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

4. Me sinto seguro(a) e tranquilo(a) para realizar uma prova de Biologia Celular, porque sei o que estudei.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

Se você tivesse que atribuir uma nota de 0 a 10 para o seu conhecimento ou lembrança dos conteúdos de Biologia Celular, esta nota seria: _____(indique um número de 0 a 10).

APÊNDICE N
**QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM- AULA DE HISTOLOGIA-
TURMAS 8C, 8D (E.M.E.F MOACYR RAMOS MARTINS)**

Olá! Queremos saber o quanto você aprendeu na aula de Biologia Celular, por isso pedimos que responda este questionário!

Leia e avalie as afirmações abaixo e indique o quanto você concorda com elas:

1. Após a aula de histologia considero que entendi muito bem o conteúdo.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

2. Eu lembro muito bem do conteúdo da aula de histologia.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

3. Sinto que aprendi mais nesta aula de histologia do que em outras aulas de Biologia, com o mesmo professor.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

4. Me sinto seguro(a) e tranquilo(a) para realizar uma prova de histologia , porque sei o que estudei.
() Concordo Totalmente () Concordo Parcialmente () Não concordo, nem discordo () Discordo Parcialmente () Discordo Totalmente

Se você tivesse que atribuir uma nota de 0 a 10 para o seu conhecimento ou lembrança dos conteúdos de histologia, esta nota seria: _____(indique um número de 0 a 10).

APÊNDICE O **INVENTÁRIO DE ANSIEDADE (IDATE)-ESTADO**

AVALIADO: _____

Avaliador: _____

Data: _____

Muitíssimo = 4; Bastante = 3; Um pouco = 2; Absolutamente não = 1				
1. Sinto-me calmo	1	2	3	4
2. Sinto-me seguro	1	2	3	4
3. Estou tenso	1	2	3	4
4. Estou arrependido	1	2	3	4
5. Sinto-me à vontade	1	2	3	4
6. Sinto-me perturbado	1	2	3	4
7. Estou preocupado com possíveis infortúnios	1	2	3	4
8. Sinto-me descansado	1	2	3	4
9. Sinto-me ansioso	1	2	3	4
10. Sinto-me em casa	1	2	3	4
11. Sinto-me confiante	1	2	3	4
12. Sinto-me nervoso	1	2	3	4
13. Estou agitado	1	2	3	4
14. Sinto-me uma pilha de nervos	1	2	3	4
15. Estou descontraído	1	2	3	4
16. Sinto-me satisfeito	1	2	3	4
17. Estou preocupado	1	2	3	4
18. Sinto-me super excitado e confuso	1	2	3	4
19. Sinto-me alegre	1	2	3	4
20. Sinto-me bem	1	2	3	4