

# **Efeitos agudos da estimulação transcraniana de corrente contínua no desempenho cognitivo, psicológico e na regulação autonómica de atletas de E-Sports**

**Sergio Eduardo de Carvalho Machado**

Tese para obtenção do Grau de Doutor em  
**Ciências do Desporto**  
(3<sup>o</sup> ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Diogo Manuel Teixeira Monteiro  
Co-orientador: Prof. Doutor Bruno Filipe Rama Travassos

**Fevereiro de 2024**





# **Efeitos agudos da estimulação transcraniana de corrente contínua no desempenho cognitivo, psicológico e na regulação autonómica de atletas de E-Sports**

**Sergio Eduardo de Carvalho Machado**

Tese para obtenção do Grau de Doutor em  
**Ciências do Desporto**  
(3<sup>o</sup> ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Diogo Manuel Teixeira Monteiro  
Co-orientador: Prof. Doutor Bruno Filipe Rama Travassos

Júri  
Presidente:  
Doutor Mário António Cardoso Marques

Vogais:  
Doutor Manuel João Cerdeira Coelho e Silva  
Doutor Rui Manuel Neto e Matos  
Doutor Daniel Almeida Marinho  
Doutor Diogo Manuel Teixeira Monteiro  
Doutor Fábio Yuzo Nakamura

**Janeiro de 2024**



## **Declaração de Integridade**

Eu, Sergio Eduardo de Carvalho Machado, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição D2574 do 3º ciclo/Doutoramento em Ciências do Desporto da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 21/02/2024



# Dedicatória

Para aquele que apesar de ter sido muito duro comigo, foi um exemplo de homem de valor, de caráter e de muita dignidade. Veio de Portugal para o Brasil aos 13 anos de idade sozinho e com muita perseverança seguiu sua vida, mesmo afastado da família e de sua terra natal. Sua vida me serve de inspiração até hoje e sou muito grato por tê-lo tido com avô.

Obrigado, Vicente Carlos Philipe de Carvalho. Um abraço! (In memorian)

Para aquela que ajudou minha mãe a me criar, que fazia tudo por mim, comprava biscoitos, doces, e outras bobagens que crianças adoram...hahaha. Um doce de pessoa que também faz muita falta.

Obrigado, Josanne Azeredo de Carvalho. Um beijo! (In memorian)

Aos meus pais que me ensinaram a seguir o caminho correto na vida, o caminho do bem, do estudo e do trabalho.

Obrigado, Mônica Maria de Carvalho Machado e Antônio Sergio Martins Machado. Beijinhos!

À minha tia, Elaine Azeredo de Carvalho que muito me ajudou, não somente ao longo do doutoramento, mas como um todo na minha vida acadêmica principalmente! Bjinhos!

E para aqueles que são minha segunda fonte de inspiração para ser cada vez mais um homem melhor, um pai melhor, um homem de valor, um exemplo a ser seguido, meus filhos amados, Eduardo de Abreu Paes Machado e Rodrigo de Abreu Paes Machado. Beijijos, amo vocês!

À Flávia Paes, que apesar de não sermos mais casados, é uma excelente mãe e cuida e educado muito bem nossos miúdos!

Obrigado, bjinhos!

Um abraço a todos os meus primos portugueses que conheci faz poucos anos. Infelizmente, o oceano atlântico por muitos anos nos separou. Mas, graças a paciência e vontade de minha prima Nerina Carvalho de Miranda, aos poucos fomos conectando os Carvalho de Portugal e Brasil. Portanto, um agradecimento especial a você Nerina por tudo isso e por toda ajuda e atenção ao longo de meu doutoramento. Beijinhos!



# Agradecimentos

Foi uma longa jornada...e com um período de pandemia que começou meses depois de minha entrada no doutoramento. Apesar disso, o trabalho foi cumprido e novos conhecimentos foram gerados. Esta tese de doutorado focou na neurociência do exercício, área em grande crescimento na literatura nos últimos anos e de grande importância para as Ciências do Desporto. Um grande desafio iniciado 7 anos após o término de meu primeiro doutoramento, que foi realizado no Brasil, numa área completamente distinta, a de Saúde Mental.

Agradeço imensamente aos meus orientadores Dr. Diogo Manuel Teixeira Monteiro e Dr. Bruno Filipe Rama Travassos pelo apoio e por aceitarem me orientar. Dr. Diogo Monteiro, o conheci por meio de um e-mail inesperado à revista *Frontiers in Psychology*, onde era editor associado que estava a cuidar de um de seus trabalhos, e dali em diante começamos nossa amizade. Sua energia e inquietude são contagiantes, e me ajudaram muito nos momentos ruins que atravessei ao longo do doutoramento. Dr. Bruno Travassos, obrigado por sua orientação, prontidão e valiosas contribuições durante meu doutorado. Seus comentários e sugestões nos artigos foram sempre muito valiosos. Além disso, sua atenção e ajuda em tudo que precisei durante o curso foi fundamental para que eu seguisse sempre confiante e tranquilo durante a execução deste trabalho. A vocês o meu muito obrigado!

Gostaria de agradecer muito ao Dr. Daniel Marinho, coordenador do doutoramento em Ciências do Desporto. O Dr. Daniel Marinho me recebeu muito bem no curso e sempre que precisei de auxílios referentes ao curso, ele prontamente me atendeu. O meu muito obrigado!

Gostaria também de agradecer aos outros pesquisadores que colaboraram nesta tese: Dr. Luis Cid, Dr. Diogo Teixeira, Dr. Filipe Rodrigues, Ms. Leandro de Oliveira Sant'Ana. O conhecimento científico e a colaboração de todos foi de suma importância para a escrita dos artigos científicos que compuseram essa tese.

Gostaria de agradecer o apoio do Centro de Pesquisa em Esportes, Saúde e Desenvolvimento Humano por seu financiamento, seu apoio em parte dessa pesquisa. À minha família, pela paciência e apoio. Aos meus amigos Dr. Eduardo Lattari e Dr. Alberto Souza de Sá Filho, obrigado pelo apoio, pela troca de ideias sobre o trabalho ao longo desses quase 4 anos de doutoramento. E também ao meu amigo, sócio e ex aluno

de mestrado João Lucas Lima pela amizade, apoio, e troca de ideias em momentos difíceis que passei ao longo desse processo de doutoramento.



# Lista de publicação

Esta tese de doutoramento é composta dos seguintes artigos (ordenado por sequência da tese):

- **Machado, S.**, Travassos, B., Teixeira, D.S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Could ETCC Be a Potential Performance-Enhancing Tool for Acute Neurocognitive Modulation in eSports? A Perspective Review. *International Journal of Environmental Research & Public Health*, 18(7):3678. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073678>

- **Machado, S.**, de Oliveira Sant'Ana, L., Travassos, B., Teixeira, D.S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2022). Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Frontiers in Psychology* 13:987149. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.987149>

- **Machado, S.**, de Oliveira Sant'Ana, L., Travassos, B., Teixeira, D.S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (under review). Effects of a playoff match on competitive anxiety and autonomic regulation of professional eSports players. *Clinical Practice & Epidemiology in Mental Health*

- **Machado, S.**, de Oliveira Sant'Ana, L., Travassos, B., & Monteiro, D. (2022). Anodal transcranial direct current stimulation reduces competitive anxiety in an eSports player. *Clinical Practice & Epidemiology in Mental Health*, 18:e174501792209270.



# Resumo

A prática de desporto envolve capacidades físicas, técnicas e psicológicas, que influenciam diretamente o desempenho dos indivíduos. Uma competição é considerada uma situação stressante, pois provoca alterações fisiológicas, e emocionais nos atletas, como na variabilidade da frequência cardíaca (VFC), perceção de stress e ansiedade competitiva, e consequentemente influenciam o desempenho. Nos desportos tradicionais, há uma maior dependência do desenvolvimento e desempenho tanto das habilidades motoras quanto cognitivas, diferentemente dos desportos eletrónicos (*eSports*). Os jogadores de *eSports* dependem muito mais das habilidades cognitivas para o sucesso, daí o motivo de serem conhecidos como “atletas cognitivos”. No entanto, pouco se sabe sobre estratégias eficazes para desenvolver e otimizar o desempenho cognitivo, estado psicológico (perceção de stress e ansiedade cognitiva) e comportamento da VFC em jogadores profissionais de *eSports*. De forma a alcançar este objetivo, foi realizada uma revisão da literatura, dois estudos originais e um estudo de caso. Os resultados dos quatro estudos científicos englobados nesta tese de doutoramento evidenciaram que: i) a revisão mostrou que a literatura ainda é escassa relativamente com ao uso da estimulação transcraniana de corrente contínua (ETCC) nos *eSports*, assim como trouxe a hipótese de se utilizar a ETCC como um potencial recurso para aprimorar o funcionamento cognitivo de jogadores profissionais de *eSports*; ii) os estudos originais demonstraram que o resultado de um jogo de playoff influencia na perceção de stress, na ansiedade competitiva e no comportamento da VFC de jogadores profissionais de *eSports*; iii) e o estudo de caso sugeriu que a ETCC anódica aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo à 2mA reduziu o stress e ansiedade e revelou ainda um aumento da autoconfiança e o desvio padrão da média do intervalo NN qualificado (SDNN) no momento pós-ETCC comparado aos momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo em um jogador profissional de *eSports*. Em suma, embora os resultados sejam exploratórios, esta tese contribuiu com importantes informações que podem ajudar na avaliação, monitorização, recuperação e melhoria no desempenho de jogadores profissionais de *eSports* nos aspetos cognitivos, psicológicos e regulação autonómica em treinamentos e jogos.

**Palavras-chave:** *eSports*; perceção de estresse, ansiedade competitiva; estimulação transcraniana de corrente contínua; ETCC.



# Abstract

Practicing sport involves physical, technical and psychological capabilities, which directly influence individuals' performance. A competition is considered a stressful situation, as it causes physiological and emotional changes in athletes, such as heart rate variability (HRV), perception of stress and competitive anxiety, and consequently influences performance. In traditional sports, there is a greater dependence on the development and performance of both motor and cognitive skills, unlike electronic sports (eSports). eSports players rely much more heavily on cognitive skills for success, hence why they are known as “cognitive athletes”. However, little is known about effective strategies to develop and optimize cognitive performance, psychological state (perceived stress and cognitive anxiety) and HRV behavior in professional eSports players. In order to achieve this objective, a literature review, two original studies and a case study were carried out. The results of the four scientific studies included in this doctoral thesis showed that: i) the review showed that the literature is still scarce regarding the use of transcranial direct current stimulation (tDCS) in eSports, as well as bringing up the hypothesis of using tDCS as a potential resource to improve the cognitive functioning of professional eSports players; ii) original studies demonstrated that the result of a playoff game influences the perception of stress, competitive anxiety and HRV behavior of professional eSports players; iii) and the case study suggested that anodal tDCS applied to the left dorsolateral prefrontal cortex at 2mA reduced stress and anxiety and also revealed an increase in self-confidence and the standard deviation of the mean qualified NN interval (SDNN) in the post- -tDCS compared to LB, pre-tDCS and post-game moments in a professional eSports player. In short, although the results are exploratory, this thesis contributed with important information that can help in the assessment, monitoring, recovery and improvement in the performance of professional eSports players in cognitive, psychological and autonomic regulation aspects in training and games.

**Keywords:** *eSports*; stress perception, competitive anxiety; transcranial direct current stimulation; tDCS.



# Índice

Lista de Figuras .....	xvi
Lista de Tabelas .....	xviii
Lista de Acrónimos.....	xx
Capítulo 1.....	1
Introdução.....	1
Capítulo 2 .....	4
Pode a ETCC ser uma potencial ferramenta de melhora de desempenho para modulação cognitiva aguda nos <i>eSports</i> ? Uma revisão de perspectiva .....	4
Capítulo 3 .....	15
Impacto da vitória e derrota na percepção de estresse e regulação autonômica de atletas profissionais de <i>eSports</i> .....	15
Capítulo 4 .....	32
Efeitos de uma partida de playoff na ansiedade competitiva e regulação autonômica de jogadores profissionais de <i>eSports</i> .....	32
Capítulo 5 .....	52
A estimulação transcraniana por corrente contínua anódica reduz a ansiedade competitiva e modula a variabilidade da frequência cardíaca em um jogador de <i>eSports</i> .....	52
Capítulo 6 .....	58
Discussão Geral .....	58
Capítulo 7 .....	65
Conclusão Geral.....	65
Capítulo 8.....	66
Perspectivas Futuras .....	66
Referências .....	67



# Lista de Figuras

## Capítulo 2 – Estudo 1

Figura 1.1 – Mecanismos de ação induzidos pela estimulação transcraniana de corrente contínua (ETCC).....	9
---	---

## Capítulo 3 – Estudo 2

Figura 2.1 – Desenho experimental.....	20
Figura 2.2 – Representação gráfica da EPS-10 para os grupos vitória e derrota.....	23
Figura 2.3 – Representações gráficas do R-R, SDNN, rMSSD e pNN50 para grupos vitória e derrota. ....	26
Figura 2.4 – Representações gráficas do HF, LF e LF-HF para grupos vitória e derrota. ....	28

## Capítulo 4 – Estudo 3

Figura 3.1 – Desenho experimental.....	38
Figura 3.2 – Representação gráfica da CSAI-2R para os grupos vitória e derrota.....	42
Figura 3.3 – Representações gráficas do R-R, SDNN, rMSSD e pNN50 para grupos vitória e derrota. ....	44
Figura 3.4 – Representações gráficas do HF, LF e LF-HF para grupos vitória e derrota. ....	46

## Capítulo 5 – Estudo 4

Figura 4.1 – Desenho experimental.....	55
Figura 4.2 – Comportamento da ansiedade e variabilidade da frequência cardíaca antes e depois de um jogo competitivo de <i>eSports</i> .....	56

## Capítulo 6 – Discussão Geral

Figura 5.1 – Resumo dos principais achados e implicações práticas do experimento.....	58
---	----



# Lista de Tabelas

Capítulo 3 – Estudo 2

Tabela 2.1 – Características da amostra para os grupos vitória e derrota .....	23
--	----



## Lista de Acrónimos

ANOVA	Análise de Variância
Cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
COF	Córtex Orbitofrontal direito
CPFDL	Córtex Pré-Frontal Dorsolateral Esquerdo
CPFVM	Córtex Pré-Frontal Ventromedial
CSAI-2R	Inventário de Ansiedade do Estado Competitivo Revisado 2
DP	Desvio Padrão
eAtletas	Atletas de <i>eSports</i>
<i>eSports</i>	Esportes Eletrônicos
EPS-10	Escala de Percepção de Estresse—10
EPS-14	Escala de Percepção de Estresse—14
ETCC	Estimulação Transcraniana de Corrente Contínua
ETCC-a	Estimulação Transcraniana de Corrente Contínua anódica
ETCC-c	Estimulação Transcraniana de Corrente Contínua catódica
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
GD	Grupo Derrota
GV	Grupo Vitória
HF	Alta Frequência
HPA	Eixo hipotálamo-hipófise-adrenocortical
IPAQ	Questionário Internacional de Atividade Física
Kg	Quilogramas
LB	Linha de base
LF	Baixa Frequência
LF-HF	Equilíbrio Simpato-Vagal
M	Média
Min	Minutos
P	p valor
pNN <sub>50</sub>	Proporção de intervalos NN sucessivos com uma diferença maior que 50 ms
rMSSD	Diferença quadrática média de intervalos RR normais sucessivos
RR	Intervalo batimento a batimento
SDNN	Desvio padrão da média do intervalo NN qualificado
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	Sistema Nervoso Simpático
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
WADA	Associação Mundial Antidoping





# Capítulo 1

## Introdução

Os desportos eletrónicos, mais conhecidos como *eSports*, são um fenómeno mundial de vendas e mídia. Mais especificamente, os *eSports* são competições envolvendo jogos de vídeo game, como por exemplo, *League of Legends*, *Call of Duty*, *EA SPORTS FIFA* ou *Counter Striker*. Os seus participantes são chamados de *gamers* ou *players*, e podem competir como amadores ou profissionais (Bányai et al., 2019). O desenvolvimento de ligas profissionais de *eSports*, o número de espectadores nos torneios, assim como os investimentos financeiros tem vindo a aumentar exponencialmente, solidificando, assim, os *eSports* na cultura desportiva competitiva mundial (Campbell et al., 2018).

Embora o campo dos *eSports* tenha vindo a crescer cada vez mais como um ambiente onde o desempenho está fortemente presente, isso contrasta claramente com o desenvolvimento de conhecimento científico sobre os fatores envolvidos no desempenho de alto nível nos *eSports* (Campbell et al., 2018). Existem diversos estudos (e.g., Reeve et al., 2009) sobre jogadores de videogames, mas não especificamente com atletas de *eSports*, sendo que até o momento, as pesquisas têm um caráter mais qualitativo e exploratório associados a estilos de vida pouco saudáveis e problemas relacionados com a saúde (Hallmann & Giel, 2018). Portanto, a literatura sobre *eSports* ainda é escassa, com várias lacunas a serem exploradas, como saúde cardiovascular e metabólica (Monteiro et al., 2022), assim como psicológica (Trotter et al., 2021).

Tradicionalmente, a prática de desporto envolve aspetos motores, cognitivos e psicológicos (Campbell et al., 2018). No entanto, nos *eSports*, existe um menor envolvimento de aspetos físicos, sendo a performance dependente muito mais de capacidades cognitivas e psicológicas (Himmelstein et al., 2017). Por conseguinte, os atletas de *eSports* são chamados de “atletas cognitivos” pois o seu desempenho requer um grande contributo de aspetos cognitivos, como a atenção, percepção, julgamento e tomada de decisão, em detrimento dos aspetos motores (Martin-Niedecken & Schättin, 2020). Dentro desse contexto, o papel dos fatores cognitivos e psicológicos nos *eSports* ainda é pouco compreendido, com poucos estudos como referência (Pedraza-Ramirez et al., 2020; Ding et al., 2018; Toth et al., 2019; Li et al., 2020). Da mesma forma, pouco se sabe sobre o comportamento do sistema nervoso autónomo (SNA) nos atletas de *eSports* (Machado et al., 2022ab). Ele pode ser realizado de forma não invasiva por

meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Paniccia et al., 2017), que é um indicador fisiológico sensível para a regulação psicológica, e de alterações no equilíbrio simpático/parassimpático em situações stressantes, como uma competição desportiva (Blásquez et al., 2009; Ayuso-Moreno et al. 2020; Mateo et al., 2012). Através da VFC é possível avaliar, monitorizar, recuperar e preservar a eficiência no treinamento e no desempenho do jogo (Borrensén e Lambert, 2009; Nakamura et al., 2015; Tonnensen et al., 2014).

Dessa forma, com o crescimento dos *eSports*, os jogadores procuram formas de melhorar o seu desempenho através de potenciais recursos e/ou ferramentas que agiriam como reforçadores do funcionamento cognitivo (Friebs et al., 2021). Atualmente, pouco se sabe sobre os aspetos psicológicos, cognitivos e fisiológicos envolvidos no desempenho dos *eSports*. Portanto, devido ao aumento crescente da competitividade e profissionalização e, também, ao pouco conhecimento sobre os aspetos psicológicos, cognitivos e fisiológicos nos atletas de *eSports*, mais estudos são necessários neste domínio. Sendo assim, o principal objetivo desta tese é investigar o efeito agudo (uma única sessão) da estimulação transcraniana de corrente contínua (ETCC), como possível recurso, sobre os aspetos psicológicos e a regulação autonómica em jogadores profissionais de *eSports* em situações de vitória e derrota em partidas de *playoffs*.

Para dar resposta ao objetivo acima identificado foram realizados quatro estudos: no capítulo 2 foi realizada uma revisão de literatura propondo a possibilidade do uso da ETCC como potencial recurso para aumento de desempenho por meio de um reforço das funções cognitivas em jogadores profissionais de *eSports*. Neste manuscrito, discutimos os processos cognitivos subjacentes a performances excepcionalmente qualificadas em *eSports* e como a ETCC pode ser usada para modulação aguda desses processos cognitivos.

Já nos capítulos 3 e 4, os manuscritos abordaram o impacto do resultado de jogos de playoff, observando mais especificamente o impacto da vitória e da derrota no stress percebido, na ansiedade competitiva e no comportamento da VFC, sendo que esses resultados foram essenciais para o capítulo 5. Sendo assim, neste último manuscrito foi observado o efeito da ETCC sobre a ansiedade competitiva e o comportamento da VFC em um jogador profissional de *eSports*.

Em suma, esta tese tem como objetivo avaliar e discutir possibilidades de aperfeiçoamento das funções cognitivas, aspetos psicológicos e do controlo autonómico em jogadores de *eSports* em situações de vitória e derrota em partidas de *playoffs*. Para atingir este objetivo, procurámos: i) propor o uso da ETCC-a como uma ferramenta para a melhoria de desempenho cognitivo nos *eSports*; ii) investigar o impacto o resultado de um jogo de *playoff* (vitória e derrota) sobre os níveis de stress percebido e VFC em atletas profissionais de *eSports*; iii) analisar o impacto do resultado de um jogo de *playoff* (vitória e derrota) sobre os níveis de ansiedade competitiva e VFC em atletas profissionais de *eSports*; iv) Analisar os efeitos da ETCC anódica aplicada no córtex pré-frontal dorsolateral a 2mA, antes de uma partida, sobre a ansiedade competitiva e modulação da variabilidade da frequência cardíaca em um jogador profissional de *eSports*.

Especula-se que a sequência de pesquisa proposta cumprirá a sua aspiração principal, gerando novos *insights* sobre os aspetos cognitivos, psicológicos e fisiológicos nos *eSports*. As hipóteses propostas, considerando os efeitos da ETCC como recurso para aprimoramento das funções cognitivas e estado psicológico dos jogadores profissionais de *eSports*, assim como o impacto do resultado de jogos de *playoff* no estado psicológico e no controlo autonômico, poderá ajudar a melhorar a nossa compreensão acerca da avaliação, monitorização e recuperação de jogadores profissionais de *eSports*.

## Capítulo 2

# Pode a ETCC ser uma potencial ferramenta de melhoria de desempenho para modulação cognitiva aguda nos *eSports*? Uma revisão

### Resumo

O desporto de competição envolve habilidades físicas e cognitivas. Nos desportos tradicionais, há uma maior dependência do desenvolvimento e desempenho das habilidades motoras e cognitivas, ao contrário dos desportos eletrônicos (*eSports*), que dependem muito mais de habilidades cognitivas para o sucesso. No entanto, pouco se sabe sobre as funções cognitivas e estratégias eficazes destinadas a desenvolver e otimizar o desempenho cognitivo em atletas de *eSports*. Uma dessas estratégias é a estimulação transcraniana de corrente contínua (ETCC), caracterizada como uma corrente elétrica fraca aplicada no couro cabeludo para induzir alterações prolongadas na excitabilidade cortical. Assim, o objetivo desta revisão é propor ETCC-anódica (ETCC-a) como ferramenta de melhoria do desempenho de funções cognitivas nos *eSports*. Neste estudo, discutimos os processos cognitivos subjacentes a desempenhos excepcionalmente qualificados nos *eSports* e como a ETCC pode ser usada para modulação aguda desses processos nos *eSports*. Com base nos resultados de estudos de ETCC em pessoas saudáveis, atletas profissionais e jogadores de videogame, parece que a ETCC aplicada sobre o córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL) é uma potencial ferramenta para melhoria de desempenho cognitivo nos *eSports*.

**Palavras-chave:** córtex pré-frontal dorsolateral; *eSports*; estimulação transcraniana por corrente contínua; ETCC.

## Introdução

Os desportos eletrônicos, *mais* conhecidos como *eSports*, são um fenômeno mundial, principalmente de vendas e mídia. O desenvolvimento de ligas profissionais de *eSports*, o número de espectadores acompanhando os torneios, e os investimentos financeiros aumentaram exponencialmente, solidificando os *eSports* na cultura esportiva competitiva (Wagner, 2006).

Os desportos mais tradicionais têm uma maior dependência do desenvolvimento e desempenho de ambas as capacidades motoras e cognitivas, ao contrário dos atletas de *eSports* (Campbell et al., 2018), que parecem depender muito mais das capacidades cognitivas para o sucesso (Himmelstein et al., 2017).

Em linha com o anterior e tendo por base o crescimento do interesse pelos *eSports*, os jogadores começam a procurar formas de melhorar o seu desempenho, por meio de treinos e pelo uso de ferramentas que proporcionem vantagens no desempenho (Borresen & Lambert, 2009). Atualmente, com um crescente interesse em melhorar as habilidades cognitivas, videogames e jogos online parecem ser promissores na compreensão de como potenciadores cognitivos podem impactar a competição e o desempenho nos *eSports* (Friebs et al., 2021). Contudo, apesar da natureza competitiva dos *eSports*, onde há fortes exigências mentais (Yin et al., 2020), pouco se sabe sobre as funções cognitivas e estratégias eficazes para desenvolver e otimizar o desempenho cognitivo nos *eSports*.

A estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) é um procedimento de estimulação cerebral não invasivo e bem tolerado, caracterizado por uma corrente elétrica fraca (1-2 mA) aplicada por meio de eletrodos colocados no couro cabeludo para induzir mudanças prolongadas na excitabilidade cerebral, mesmo após o término da estimulação (Nitsche & Paulus, 2001). A corrente anódica aumenta a excitabilidade cortical, favorecendo a despolarização da membrana neuronal, enquanto a corrente catódica tem efeito inibitório, causando hiperpolarização da membrana neuronal (Nitsche et al., 2002; Nitsche et al., 2003; Rosenkranz et al., 2000).

Esses efeitos, dependendo da intensidade e duração da corrente elétrica imposta por meio da ETCC, pode durar mais de uma hora (Nitsche et al., 2000). Vários estudos têm evidenciado que a ETCC, principalmente ETCC anódica (ETCC-a), aplicada diretamente no córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo (CPFDL), pode ser uma ferramenta promissora de aprimoramento de desempenho pela modulação aguda de

funções cognitivas quer em não atletas (Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Frings et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013) quer em atletas (Friehs et al., 2020; Borducchi et al., 2016). Neste sentido, apesar das evidências acima já mencionadas sobre os efeitos da ETCC na modulação do processamento cognitivo em diferentes populações, o real impacto dessas evidências ainda não é claro (Friehs et al., 2021).

Assim, baseando-nos em estudos prévios realizados com indivíduos não atletas (Hsu et al., 2011; Friehs & Frings, 2019; Loftus et al., 2015), atletas de outras modalidades esportivas (Friehs et al., 2019; Borducci et al., 2016), e jogadores de vídeo game (Friehs et al., 2021), o objetivo do presente estudo é propor o uso da ETCC-a como uma ferramenta potenciadora das funções cognitivas nos *eSports*, com vistas a melhorar o desempenho nos jogos (Campbell et al., 2018; Himmelstein et al., 2017). Além disso, também apontamos questões associadas a segurança no uso da ETCC, bem como aspetos éticos e normas reguladoras.

## **Requisitos cognitivos para o desempenho dos *eSports***

Nos últimos anos, os *eSports* cresceram exponencialmente e ganharam grande popularidade. Jogar videogame por lazer não é o mesmo que treinar para competir ou para ser um atleta profissional (Friehs et al., 2021). *eSports* é uma profissão para os eAtletas; envolve até rotinas de trein (da mesma forma como os atletas de desportos tradicionais), enquanto jogadores casuais jogam por diversão (Keiper et al., 2017). Os *eSports* estão subdivididos em várias categorias, incluindo multijogador online, estratégia em tempo real, e jogos de tiro na primeira pessoa. Nesses tipos de jogos, o desempenho geralmente é em equipa, onde o avatar do jogador desempenha o seu papel em cada ambiente virtual, para eliminar os seus adversários, ou atingir um objetivo (Cunningham et al., 2018; Taylor, 2012). Para um jogador atender a todos esses requisitos, necessita de mobilizar várias habilidades cognitivas, como tomada de decisão, antecipação e atenção, entre outras (Pedraza-Ramirez et al., 2020; Ding et al., 2018).

Mesmo com o crescimento dos *eSports*, ainda há escassez de estudos sobre o desempenho dos seus jogadores (Campbell et al., 2018). Por exemplo, existem poucos estudos que exploram a neurocognição nos *eSports* (Pedraza-Ramirez et al., 2020; Ding et al., 2018; Toth et al., 2019; Li et al., 2020), sendo que a maioria das investigações explora os diferentes aspetos da cognição, mas em jogadores de

videogame (Pedraza-Ramirez et al., 2020; Ding et al., 2018; Toth et al., 2019; Li et al., 2020; Hallmann & Giel, 2018). Até à data poucos estudos investigaram os aspetos cognitivos envolvidos nos *eSports* (Ding et al., 2018; Toth et al., 2019; Li et al., 2020), demonstrando, por isso que os processos subjacentes ao desempenho ainda não são claros. As características do ambiente, no qual os *eSports* acontecem, podem oferecer maior validade ecológica, ou seja, o grau de correspondência entre o desempenho dos jogadores num teste e seu desempenho correspondente em situações reais, do que pesquisa baseada em esportes tradicionais ao explorar processos cognitivos específicos (Hallmann & Giel, 2018; Pluss et al., 2019). Ainda, é de extrema importância determinar se já existe trabalho empírico testando processos cognitivos em ambientes de laboratório que possam lançar luz sobre a atuação nos *eSports*.

Estudos prévios revelaram que o desempenho de *eSports* mostrou uma alta dependência de componentes cognitivos (Campbell et al., 2018; Jenny et al., 2017; Martin-Niedecken & Schättin, 2020). Por exemplo, Bonnar et al. (2019) descobriu que dois dos processos cognitivos mais importantes envolvidos nos *eSports* são a atenção e a memória de trabalho. Tal facto parece estar associado à duração das partidas, que pode ser superior a 40 min, ou seja, os atletas necessitam de estar concentrados por períodos de tempo de forma a manter o foco em aspectos importantes do jogo. Por exemplo, o uso da atenção seletiva parece reduzir o impacto das distrações ambientais, como barulho fora do jogo. Outro fator importante para o desempenho nos *eSports* é o funcionamento executivo, ou seja, a flexibilidade cognitiva, resolução de problemas, e tomada de decisão. Estas funções são fundamentais para uma melhor implementação de estratégias e táticas para atingir os objetivos do jogo (Li et al., 2020).

O estudo de Li et al. (2020) demonstraram que os jogadores de elite de *League of Legends* foram superiores aos jogadores intermediários no teste de *Stroop* e no teste de desempenho contínuo, mostrando melhor flexibilidade cognitiva, controlo mais preciso da interferência no contexto de troca de tarefas, além de melhor controlo do impulso. Esta evidência mostra que as habilidades de jogo, ao invés de experiência de jogo, estão mais relacionadas com o funcionamento cognitivo. Assim, no que diz respeito às implicações práticas, podemos propor duas explicações possíveis. Primeiro, apenas jogadores que têm melhor funcionamento cognitivo, como flexibilidade cognitiva, memória de trabalho, controlo inibitório e tomada de decisão, poderiam alcançar melhores classificações ou tornarem-se jogadores de elite. Caso contrário, o treino de videogame e experiência não seriam os pontos principais, porque os melhores jogadores podem ser simplesmente aqueles com o melhor funcionamento cognitivo.

Nesse contexto, Bonnar et al. (2019) argumentou que jogar videogame pode não melhorar o funcionamento cognitivo, e indivíduos com melhor funcionamento cognitivo podem ser mais propensos a jogar videogames porque eles podem ter um desempenho melhor do que outros no jogo, refletindo um processo auto-selecionado no videogame. A segunda potencial explicação pode estar relacionada com a *expertise* nas funções cognitivas, eles podem ser mais bem treinados e habilidosos pela experiência com o treino de videogame em jogadores que têm uma forte motivação para melhorar constantemente as suas habilidades de jogo e ganhar prêmios. A mobilização de uma variedade de recursos cognitivos seria necessária para um atleta participar e competir ao mais alto nível.

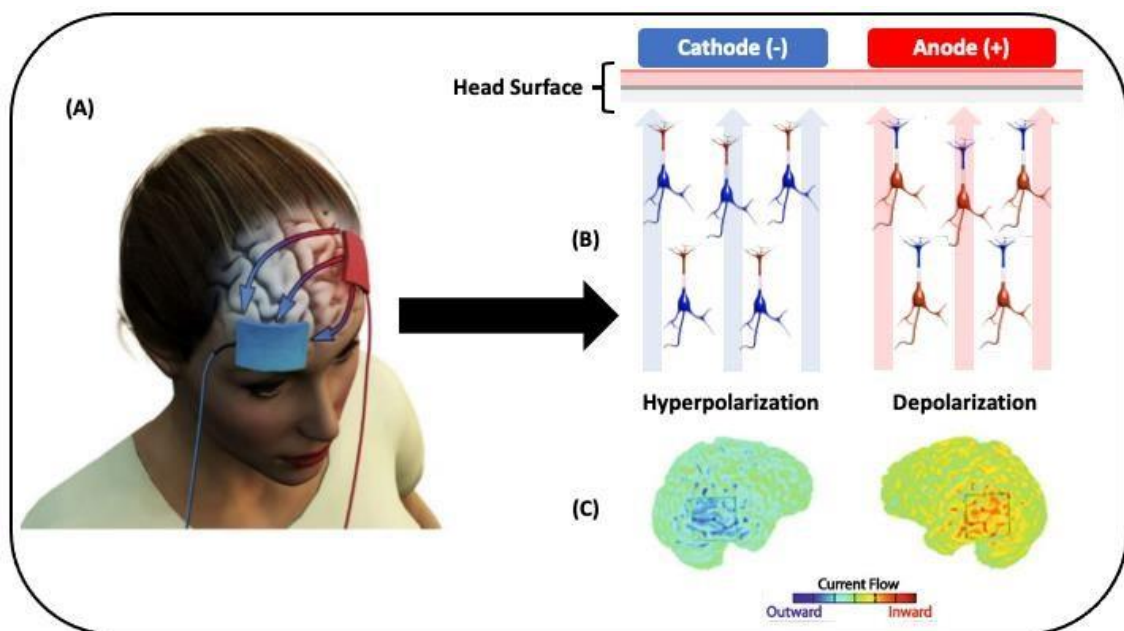
## **ETCC-a como uma ferramenta potencial de melhoria do desempenho por modulação aguda de funções cognitivas nos eSports**

Considerando o desenvolvimento científico e tecnológico, que cada vez mais se vem acentuando no desporto, em particular nas últimas duas décadas, o que se tem traduzido num interesse crescente por parte dos investigadores em estudar os potenciais efeitos de diferentes recursos para melhorar o desempenho cognitivo dos atletas (Campbell et al., 2018). Portanto, em relação aos efeitos do ETCC como ferramenta de melhoria de desempenho por modulação aguda das funções cognitivas em indivíduos saudáveis (Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Frings et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013), atletas (Friehs et al., 2020; Borducchi et al., 2016) e jogadores de videogame (Friehs et al., 2021), a ETCC parece ser uma ferramenta promissora para desempenho nos eSports.

A ETCC é uma técnica de estimulação cerebral não invasiva que é considerada barata, segura, indolor e portátil. O ETCC é composto por um estimulador alimentado por baterias que fornecem correntes elétricas fracas (0,5–2 mA), usando esponjas embebidas em soro fisiológico (Nitsche & Paulus, 2000). Geralmente, a modulação cerebral depende da polaridade da corrente aplicada. O ETCC permite dois tipos de estimulação: (i) ETCC-a, utilizada para estimular uma área de interesse, onde o eletrodo anódico é posicionado na área alvo, enquanto o eletrodo catódico atua como o eletrodo de referência para fechar o circuito elétrico, sendo posicionado, em geral, sobre a região supraorbital contralateral ou no músculo deltoide; e (ii) ETCC catódico (ETCC-c), utilizado para inibir uma área de interesse, mas com posicionamento reverso

dos eletrodos, com o eletrodo catódico sobre a área alvo e o eletrodo anódico sobre a região supraorbital ou no músculo deltoide (Nitsche & Paulus, 2000; Lang et al., 2005; Lang et al., 2004). Na maioria dos estudos, o eletrodo de referência foi colocado na região supraorbitária; porém, em outros, foi posicionado sobre outras regiões (e.g., o ombro).

Os efeitos condicionantes da ETCC na taxa de disparos neuronais foram atribuídos a alterações no potencial de repouso da membrana neuronal na região estimulada. A ETCC-a é geralmente conhecida por despolarizar os neurônios, facilitando o disparo neuronal, enquanto a ETCC-c geralmente hiperpolariza os neurônios, inibindo o disparo neuronal abaixo do local de estimulação (Nitsche & Paulus, 2000; Bikson et al., 2016) (ver Figura 1). As alterações causadas pela ETCC podem durar além da estimulação, se aplicadas por pelo menos três minutos (Nitsche & Paulus, 2000), e permanecer estável, durante pelo menos uma hora se o ETCC for aplicado por um período  $\geq$  de 10 min usando corrente com intensidades entre 1 e 2 (Nitsche & Paulus, 2001).



**Figura 1.1** Mecanismos de ação induzidos pela estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC). (A) Eletrodo vermelho (anódico) fornecendo uma corrente elétrica fraca em direção ao eletrodo azul (catódico); (B) lado esquerdo (eletrodo catódico) mostra a hiperpolarização dos neurônios, provocando uma inibição na atividade neuronal. O lado direito (eletrodo anódico) mostra o comportamento inverso, a despolarização dos neurônios, gerando um aumento da atividade neuronal. (C) Modelo computacional mostrando no lado esquerdo um cérebro com atividade reduzida e, no lado direito, um cérebro com atividade aumentada.

Considerando as redes cerebrais envolvidas no processamento cognitivo, uma das áreas mais estudadas é o CPFDL, que é responsável pelo controlo executivo, a capacidade de orquestrar pensamentos e ações de acordo com objetivos (Miller & Cohen, 2001; Ramnani & Owen, 2004). Vários estudos mostraram que ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo melhorou agudamente as funções cognitivas centrais, ou seja, memória de trabalho, tomada de decisão, atenção e multitarefa em pessoas saudáveis (Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Frings et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013), atletas (Friehs et al., 2019; Borducchi et al., 2016) e jogadores de videogame (Friehs et al., 2021).

Portanto, em termos práticos, com base nos resultados destes estudos (Friehs et al., 2021; Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Frings et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013; Friehs et al., 2019; Borducchi et al., 2016), assim de diretrizes de segurança (Lefaucheur et al., 2017; Antal et al., 2017), parece que uma possível estratégia de aplicação da ETCC nos *eSports* é usar a ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo ou direito durante 20–30 min, administrado a 0,5–2 mA, com o menor elétrodo possível (e.g., entre 9 e 25 cm<sup>2</sup>), ou ETCC de alta definição, aproximadamente 20-30 min antes das sessões de treino e competição de forma a pré-ativar o CPFDL.

O efeito *priming* ocorre quando um indivíduo é exposto a um determinado estímulo (i.e., ETCC) subconscientemente, e este estímulo influencia a resposta a um estímulo subsequente (i.e., processamento executivo) (Hauptmann & Karni, 2002). A ideia é usar a ETCC como um *neuropriming*, induzindo um estado temporário de hiperplasticidade no cérebro, o que reforçaria a capacidade do cérebro para aprender, construir conexões neurais mais fortes e otimizadas para processamento cognitivo (Hurley & Machado, 2017). Assim, o estado de hiperplasticidade pode permitir que atletas melhorem seu processamento cognitivo mais rapidamente. Seguindo essas recomendações, o estudo de Borducchi et al. (2016) foi o primeiro a aplicar o ETCC como uma ferramenta de aprimoramento de desempenho no processamento cognitivo em atletas profissionais de judô, natação e ginástica rítmica. Eles receberam ETCC-a administrado a 2 mA, com eletrodos de 25 cm<sup>2</sup>, durante 20 min sobre CPFDL esquerdo, ao longo de 10 dias consecutivos. Os atletas melhoraram a atenção alternada, sustentada e dividida, e o desempenho da memória após receberem ETCC-a em comparação com ETCC-sham. Num outro estudo, Friehs et al. (2019) que aplicaram a ETCC-a e a ETCC-c a 0,5 mA, com eletrodos de 9 cm<sup>2</sup>, durante 19 min sobre o CPFDL

esquerdo de jogadores de basquetebol na tarefa de *head-fake*. Quando comparado ao ETCC-c, ETCC-a levou a um desempenho aprimorado, reduzindo o efeito de interferência produzido por efeito “*head-fake*” (ou seja, interferência no processamento da informação). Para além disto, mais recentemente, Friehs et al. (2021) aplicaram a ETCC-a a 0,5 mA, com eletrodos de 9 cm<sup>2</sup>, durante 19 min sobre o CPFDL direito de jogadores de videogame para analisar os efeitos da ETCC-a na inibição da resposta na tarefa de tempo de reação com sinal de parada. Os resultados demonstraram uma diminuição significativa no tempo de reação após ETCC-a em comparação com ETCC-sham.

Assim, estes resultados parecem fornecer evidências preliminares de que a ETCC-a pode ser usada como uma ferramenta de melhoria de desempenho para modulação aguda de funções cognitivas (Friehs et al., 2021; Borducchi et al., 2016), com implicações relevantes para a aplicação da ETCC como uma ferramenta de melhoria de desempenho em atletas profissionais (friehs et al., 2019; Borducchi et al., 2016) e jogadores de videogame (Friehs et al., 2021). Apesar dos efeitos significativos encontrados na modulação aguda das funções cognitivas em pessoas saudáveis (Friehs et al., 2021; Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Floel et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013), atletas (Friehs et al., 2020; Borducchi et al., 2016) e jogadores de videogame (Friehs et al., 2021), especialmente em jovens adultos, a ETCC parece ser uma ferramenta promissora para melhorar o desempenho dos *eSports*. Neste momento, não há ainda nenhum protocolo padrão ou dose-resposta linear sobre o uso da ETCC para modulação de funções cognitivas. Portanto, os efeitos dependem de muitos fatores que podem ser otimizados.

Vários fatores podem influenciar os efeitos da ETCC, em particular se os estímulos são administrados alternadamente ou consecutivamente (Alonzo et al., 2012; Lin et al., 2011), o uso de diferentes dispositivos de ETCC, materiais dos eléctrodos, área cerebral alvo (Hahn et al., 2013; Li et al., 2015), a distância entre os eléctrodos de estimulação (e.g., grandes distâncias entre os eléctrodos podem diminuir a magnitude do efeitos dependendo da montagem usada) (Bikson et al., 2010; Moliadze et al., 2010), forma (redonda versus retangular), e tamanho dos eléctrodos (25–35 cm<sup>2</sup>), bem como a sua disposição na cabeça (Datta et al., 2009; Park et al., 2011). Além disso, as características individuais da amostra do estudo, como variações na anatomia e fisiologia podem induzir campos eléctricos muito diferentes e gerar efeitos diferentes sobre o funcionamento do cérebro (Wiethoff et al., 2014; Sánchez-Kuhn et al., 2018).

Para contornar essas diferenças metodológicas, estudos têm vindo a promover avanços tecnológicos que prometem, por exemplo, melhorar a estimativa de campos elétricos induzidos pela ETCC, para personalizar montagens individuais baseadas na anatomia cerebral e investigar os efeitos da ETCC na fisiologia cerebral. Além disso, acredita-se que os investigadores devem considerar a administração da ETCC por meio de uma série de elétrodos menores, uma técnica conhecida como a ETCC de alta definição e, em circunstâncias apropriadas, usando montagens criadas para colocar técnicas de otimização baseadas em modelagem cerebral padronizada (Ruffini et al., 2014), para criar alvos mais focais e “personalizados” para a ETCC (Li et al., 2015; Madhavan & Stinear, 2010; Bikson et al., 2012; Opitz et al., 2015). Os efeitos da ETCC podem também ser influenciados pelo tempo de estimulação - isto é, antes, durante ou após uma tarefa (Javadi et al., 2021), se é aplicado em combinação com manipulações farmacológicas (Stagg, 2014), ou com uma tarefa dependendo do tipo de tarefa utilizada (Andrews et al., 2011), a sensibilidade das medidas antes e depois da estimulação (especialmente para pessoas saudáveis), e o melhor momento para a intervalo entre novas sessões de estimulação para sustentar os resultados alcançados (Monte-Silva et al., 2010).

Outros fatores que devem ser destacados são o estado cerebral basal e sua conectividade naqueles que estão a receber a ETCC. Não obstante, as diferenças no tamanho da cabeça e na espessura do crânio, bem como diferenças neuroanatômicas abaixo das áreas estimuladas, podem afetar a distribuição do fluxo de corrente através do córtex (Kessler et al., 2013), levantando a hipótese sobre a necessidade de usar neuronavegação. A influência da idade também foi relatada em alguns estudos (v et al., 2012), bem como diferenças individuais, como habilidades básicas em determinadas tarefas (Tseng et al., 2012), formação acadêmica (Berryhill & Jones, 2012), e até mesmo personalidade (Peña-Gómez et al., 2011). Devido a todos esses dados, sobre a relação observada entre o cérebro e comportamento, novos estudos podem usar técnicas de neuroimagem multimodal para entender melhor a bioquímica subjacente a tais interações. Por isso, acreditamos que uma padronização desses fatores, bem como novas técnicas, levará a maiores e melhores efeitos para a intervenção com ETCC.

Uma das principais fontes dessa inconsistência são as diferenças individuais entre participantes, contudo, essas diferenças raramente são analisadas no contexto de estudos combinando o treino com estimulação. Estudos prévios mostram que existe uma grande variabilidade na excitabilidade cortical entre os indivíduos, bem como na resposta à ETCC, sugerindo que a estimulação pode influenciar os indivíduos de forma diferente, devido à idade, sexo, estado cerebral, níveis hormonais e excitabilidade

cortical. Esses resultados revestem-se de total importância, uma vez que estes fatores podem levar à reversão dos efeitos dependentes da polaridade (Krause & Cohen Kadosh, 2014). Além disso, não está claro quanto tempo os efeitos da estimulação vão perdurar, mesmo em intervenções bem-sucedidas. Apesar de existirem evidências do uso de avaliações de acompanhamento, há pouca evidência de avaliações do desempenho por mais do que alguns meses após uma intervenção (Krause & Cohen Kadosh, 2014).

Embora a ETCC ainda não tenha sido aprovado pela *Food and Drug Administration* (FDA) para uso clínico, assim como a falta de diretrizes de segurança bem estabelecidas sobre o uso da ETCC (Hauptmann & Karni, 2002; Hurley & Machado, 2017), acreditamos que a ETCC representa um risco não significativo para os participantes quando os procedimentos recomendados são seguidos corretamente (Bikson et al., 2016; Krishnan et al., 2015; Jackson et al., 2017). Em conformidade com isso, existem riscos e fatores de segurança que os investigadores, profissionais e atletas devem estar cientes, incluindo os potenciais efeitos adversos a longo prazo, efeitos de estimulação prolongada ou aplicação repetitiva e diferenças de resposta individual (e.g., sexo) (Russell et al., 2015; Rudroff et al., 2020). Essas questões são importantes porque a maioria dos jogadores, sejam amadores ou profissionais, são crianças e adolescentes (Hester, 2020; Center on Media and Child Health, 2020), o que os coloca em maior risco.

Por fim, de acordo com a Associação Mundial Antidoping (WADA), para que uma substância ou método seja considerado um “*doping*”, dois dos três critérios científicos devem ser respondidos positivamente: primeiro, tem efeitos benéficos no desempenho atlético; segundo, apresenta riscos potenciais à saúde dos atletas; e terceiro, viola o espírito do desporto (Davis, 2013; Peterson, 2021; Moller & Christiansen, 2021). Acreditamos que o uso da ETCC tem grande potencial para melhorar o desempenho cognitivo agudo de atletas, com base nos resultados de estudos já citados com indivíduos saudáveis (Friehs et al., 2021; Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Floel et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013), atletas (Friehs et al., 2020; Borducchi et al., 2016) e jogadores de videogame (Friehs et al., 2021). Acreditamos também que a ETCC representa um risco não significativo para os participantes quando os procedimentos recomendados são seguidos corretamente (Krishnan et al., 2015; Jackson et al., 2017). Assim, a ETCC é uma ferramenta potencial de melhoria de desempenho cognitivo sem representar riscos

significativos para a saúde dos eAtletas. Portanto, determinar se o uso da ETCC é uma estratégia de neurodoping acabará por se resumir do ponto de vista ético de saber se isso impacta negativamente o espírito do esporte e da justa concorrência.

## **Conclusão**

O uso de ETCC como recurso ergogênico tem recebido grande atenção nos últimos anos, em particular no esporte, com resultados que evidenciam os seus benefícios no desempenho. Estes resultados são importantes porque servem de estímulo para explorar o potencial da ETCC como uma ferramenta de aprimoramento do desempenho cognitivo nos *eSports*.

Nesse contexto, e tendo por base os efeitos da ETCC na modulação de processamento cognitivo agudo em pessoas saudáveis, atletas profissionais e eAtletas, sugere-se que a ETCC-a aplicada sobre o CPFDL pode ser considerada uma potencial ferramenta para aprimoramento e modulação cognitiva aguda para o desempenho de *eSports*.

As vantagens do uso da ETCC têm sido discutidas na literatura, como a facilidade de uso, baixo custo, sem efeitos adversos graves e as suas questões éticas e legais – relativas à sua transição de estudos acadêmicos para uso público em geral - sem proibição (até o momento) da WADA. As desvantagens são a necessidade de uso diário pelos usuários e seu efeito duradouro limitado. Por isso, destacamos a relevância da ETCC para os *eSports*, ressaltando que ainda existem (vários) problemas técnicos, éticos, e aspectos regulatórios que devem ser considerados em relação aos *eSports*.

## Capítulo 3

# Impacto da vitória e derrota na percepção de estresse e regulação autonômica de atletas profissionais de *eSports*

### Resumo

O deporte de competição envolve habilidades fisiológicas, técnicas e psicológicas, que influenciam diretamente no desempenho dos indivíduos. Este estudo tem como objetivo investigar os níveis de stress percebido e a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) antes e após partidas com vitória e derrota em atletas profissionais de *eSports*. A hipótese em estudo foi que os vencedores teriam melhores respostas autonômicas e de stress após a partida, corroborando assim a literatura sobre conexões neurocardíacas. Participaram neste estudo cinquenta jogadores masculinos de *eSports* selecionados entre 10 equipas brasileiras diferentes. O experimento foi realizado em duas sessões. Na primeira sessão, depois da assinatura do termo de consentimento informado, 24 horas antes do jogo, os dados antropométricos, os níveis de atividade física e o tempo de experiência foram registados apenas para caracterização da amostra e os jogadores foram familiarizados com a escala de percepção de stress – 10 (EPS-10) e as medições de VFC. Na segunda sessão, os jogadores realizaram o registo da EPS-10 e VFC em repouso por 10 min, aos 60 e 30 min antes do jogo (ou seja, na linha de base) e 10 minutos após o final do jogo. No geral, em relação a EPS-10, os resultados demonstraram que o grupo vitória (GV) apresentou uma redução significativa nos valores de stress no momento pós-jogo em comparação com os momentos de linha de base (LB) e pré-jogo, enquanto o grupo derrota (GD) teve um aumento significativo nos valores de stress no momento pós-jogo em comparação com os momentos LB e pré-jogo. Em relação à VFC, os resultados demonstram que o GV apresentou um aumento significativo em RR, SDNN, rMSSD, pNN50 e HF, e diminuição significativa em LF e LF/HF, enquanto o GD teve uma diminuição significativa em RR, SDNN, rMSSD e HF, e aumento significativo em LF e LF/HF. Foi ainda observado que o GV apresentou melhores respostas de VFC (maior ativação parassimpática), bem como níveis mais baixos de stress percebido, enquanto o GD teve piores respostas de VFC (maior ativação simpática) e níveis mais elevados de stress percebido.

**Palavras-chave:** vitória, derrota, *eSports*, estresse percebido, variabilidade da frequência cardíaca, VFC.

## **Introdução**

Independentemente do ambiente e das atividades, o desempenho das pessoas é sempre afetado pelas suas habilidades fisiológicas (Knechtle, 2014; Oliveira-Silva et al., 2018), técnicas (Chidley et al., 2015) e psicológicas (Knechtle, 2014). Do ponto de vista psicológico, o stress é um dos fatores mais descrito na literatura como uma variável que dificulta o desempenho, devido ao impacto nas funções autonômicas (Blásquez et al., 2009). Particularmente no desporto, vários estudos têm demonstrado a influência negativa do stress no desempenho de atletas de diferentes modalidades (Foster et al., 2001; Bara-filho et al., 2013; Mamlouk et al., 2021). Dentro deste contexto, um método não invasivo e confiável para avaliar o controlo autonômico é a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), onde são acessadas as variações no intervalo de tempo entre os batimentos cardíacos (Salahuddin et al., 2018). A VFC tem sido utilizada tanto em contextos clínicos como em contextos desportivos, por ser de baixo custo e de fácil aplicação (Ogliari et al., 2015; Laborde et al., 2017).

Com a análise da VFC é possível analisar o equilíbrio do controlo autonômico (i.e., entre o sistema nervoso simpático e parassimpático; Laborde et al., 2017), sendo considerado um índice de capacidade adaptativa. Como a VFC aumenta (ou seja, um indicador de boa adaptação; Sant'Ana et al., 2020, 2022), o stress tende a diminuir. Em consonância com isso, a VFC tende a diminuir durante momentos de stress pré-competitivo (Mamlouk et al., 2021), bem como antes de jogos competitivos (Goessl et al., 2017). Outros estudos (e.g., Hynynen et al., 2011), revelam que a experiência prévia com situações stressantes parece minimizar as alterações autonômicas corroborando a importância do histórico de treino e competição prévio dos atletas.

Para além disto, poucos estudos averiguaram o comportamento psicofisiológico (e.g., Seong et al., 2004; Fuentes et al., 2018; McEwan et al., 2018), especialmente sobre a relação entre VFC e perceção de stress em atletas (Oliveira-Silva et al., 2018; Mamlouk et al., 2021). No entanto, apesar de serem variáveis importantes para compor uma avaliação de desempenho desportivo (Broodryk et al., 2021), ainda são necessárias mais investigações para ampliar as informações devido à estreita relação entre comportamentos autonômicos e emocionais (Kemp & Quintana, 2013) tanto para avaliação de desempenho, e recuperação entre os jogos como ao longo da competição. O stress, como outros tipos de reações emocionais, está associado a uma reação não específica do organismo a qualquer tipo de exigência (Barnes e Van Dyne, 2009) e dependendo do nível de stress, afetará as funções cardíacas, mediadas por vias neurológicas (Friedman, 2007) o que pode modificar de forma aguda e/ou crónica o

comportamento autônomo (Goessl et al., 2017). No desporto, os atletas sofrem fortes exigências mentais, e o resultado de uma competição pode ser motivo de mudanças significativas no funcionamento psicofisiológico (Broodryk et al., 2021).

Como os atletas de *eSports* competem em ambientes de alta pressão e competitividade, que são muito semelhantes aos ambientes desportivos mais tradicionais (Machado et al., 2021), eles precisam de desenvolver as suas habilidades mentais, bem como as técnicas utilizadas no jogo para atingir o nível ideal de atuação. Além disso, eles precisam de pensamento estratégico, motivação, tomada de decisão rápida e inteligência, atenção sustentada, planeamento, memória de trabalho e controlo inibitório, adaptarem-se aos seus opositores, comunicar-se adequadamente com os colegas de equipa e confiar nas suas habilidades. Todos esses fatores contribuem ou afetam o estado psicológico dos jogadores (Himmelstein et al., 2017).

Todavia, a literatura sobre *eSports* ainda é escassa, com estudos baseados principalmente em relatos sobre jogar videogame, mas não sobre *eSports*, e associando *eSports* a estilos de vida pouco saudáveis e problemas relacionados com a saúde. Portanto, existem várias lacunas na literatura que necessitam de serem explorados, como a saúde cardiovascular, respiratória, metabólica (Monteiro Pereira et al., 2022) e psicológica (Trotter et al., 2021). Em linha com o anterior e, apesar de existirem alguns estudos sobre funcionamento autônomo, mais especificamente VFC, e stress no contexto de desportos mais tradicionais (Oliveira-Silva et al., 2018; Broodryk et al., 2021; Mamlouk et al., 2021), parece não existir nenhum estudo sobre stress e VFC em atletas profissionais de *eSports* em particular sobre vitória e derrota.

Assim, este estudo tem como objetivo investigar os níveis de stress percebido e VFC antes e após partidas com vitória e derrota em atletas profissionais de *eSports*. Para tal foi operacionalizada a seguinte hipótese: os vencedores terão melhores respostas autonômicas e de stress após a partida, corroborando assim a literatura sobre conexões neurocardíacas (Reigal et al., 2018; Broodryk et al., 2021; Mamlouk et al., 2021). O estudo aqui relatado serve como base para pesquisas futuras, de forma a preencher a lacuna atual do conhecimento, ajudando a entender o comportamento da VFC e stress em atletas de *eSports* em termos de vitória e derrota.

## **Materiais e Métodos**

### **Participantes**

O tamanho da amostra foi determinado por meio do cálculo do poder realizado com G\*Power v.3.1 (Faul et al., 2009), usando os seguintes parâmetros de entrada: tamanho do efeito antecipado médio para uma comparação entre duas médias dependentes ( $d = 0,50$ ), poder estatístico  $1-\beta = 0,80$  e  $\alpha = 0,05$ . Dado que nenhum estudo apresentou resultados diretamente relevantes para o efeito visado no presente estudo, foram usadas estimativas de tamanhos de efeito referentes a respostas psicofisiológicas a manipulações experimentais semelhantes dentro do contexto de stress pré-competitivo no desporto ciência do esporte (Oliveira-Silva et al., 2018). Portanto, o tamanho do efeito anterior no estudo relatado foi grande (Oliveira-Silva et al., 2018). Com base nesses cálculos, o tamanho da amostra alvo determinado para o presente estudo foi de 20 ( $1-\beta = 1,616$ ).

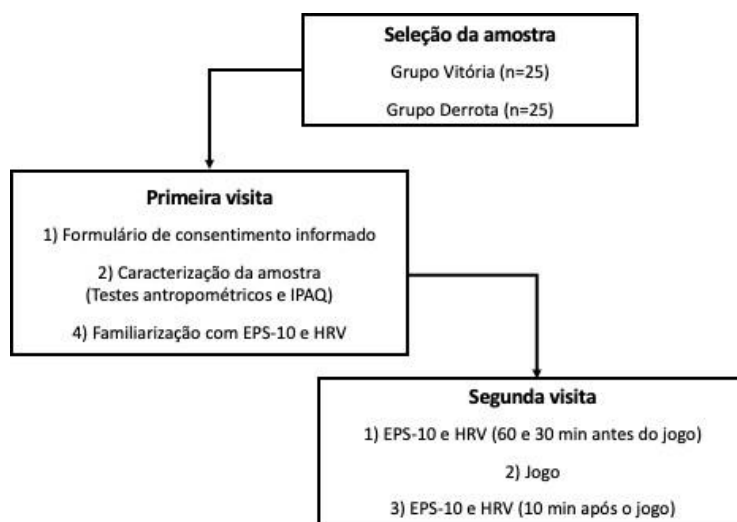
Cinquenta jogadores masculinos de eSports com idade entre 18 e 29 anos (idade:  $24,98 \pm 2,59$  anos, altura:  $178,6 \pm 1,45$  cm, peso =  $78,5 \pm 2,35$  kg, tempo de experiência:  $7,68 \pm 1,33$  anos e inativos fisicamente:  $36 \pm 1,05$  min por semana), de equipas brasileiras fizeram parte do estudo. Os critérios de inclusão foram os seguintes:

(i) ser atleta profissional com pelo menos 5 anos de experiência em competições nacionais ou internacionais, e (ii) 8 a 10 horas de treino diário. Os critérios de exclusão foram os seguintes: (i) ter doenças neuropsiquiátricas, cardiovasculares ou osteoarticulares, (ii) usar qualquer tipo de droga neuropsiquiátrica, (iii) consumir qualquer bebida com cafeína ou alcoólica no dia do experimento. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano (CIDESD; Portugal), e todos os atletas foram informados dos riscos e benefícios inerentes ao estudo antes de assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

### **Design experimental**

Selecionamos jogadores de 10 equipas brasileiras diferentes, todos compostos por 5 jogadores. Caso algum dos jogadores não atendesse aos critérios de inclusão, a equipa não era selecionada para participar no estudo. Optamos por realizar o estudo sempre com duas equipas por jogo decisivo para facilitar a equalização da amostra para observar o fenómeno da vitória e da derrota. Assim, após o término do experimento tivemos 25 jogadores para o Grupo Vitória (GV) e Grupo Derrota (GD).

Os jogadores foram expostos a jogos decisivos em campeonatos internacionais, como *CS: GO PGL Major Championship Fall* e *Six Invitational*. O experimento foi realizado em duas sessões. Na primeira, após assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido na “*game house*” 24 horas antes do jogo, avaliação antropométrica (i.e., idade, altura e peso), níveis de atividade física por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ; Hallal & Victora, 2004) e os dados de tempo de atuação foram registados apenas para caracterização da amostra e os jogadores foram familiarizados com a escala de stress percebido – 10 (EPS-10) e as medidas da VFC. Na segunda sessão, os jogadores realizaram a EPS-10 (Reis et al., 2010) e o registo da VFC em repouso durante 10 min, aos 60 e 30 min antes do jogo (i.e., momentos de linha de base [LB] e pré-jogo, respectivamente) e 10 min após o término do jogo (momento pós-jogo; figura 2.1). Ambas as sessões foram realizadas na “*game house*” entre 14:00 e 17:00 horas para evitar efeitos circadianos no desempenho psicológico e autonômico. As variáveis psicológicas e a VFC foram avaliadas pelo mesmo investigador.



**Figura 2.1** Desenho Experimental

## Familiarização

Os procedimentos de familiarização com a EPS-10 foram realizadas pelo mesmo investigador, 24 horas antes das condições experimentais, da seguinte forma: (1) o investigador leu as instruções específicas para todas as questões; (2) o investigador esclareceu que “não existem respostas certas ou erradas” para as questões e que as respostas devem ser dadas entre as alternativas expostas; (3) o investigador explicou aos jogadores que não poderiam haver respostas duplas para a mesma pergunta, e

destacou a importância da veracidade nas respostas; (4) o investigador pediu aos jogadores que verificassem suas respostas antes de preencher o questionário. Esse procedimento ocorreu apenas durante a fase de familiarização. Por sua vez, durante as condições experimentais o questionário foi autorreferido. Quanto às recolhas da VFC, os jogadores receberam instruções sobre a colocação da cinta torácica (sobre o apêndice xifóide), uso do monitor de frequência cardíaca e receberam instruções para permanecerem parados, com os olhos abertos e respirarem espontaneamente durante o período de aquisição.

### Escala de Percepção de Stress (EPS-10)

Para avaliar o stress percebido, os jogadores responderam ao EPS-10. Escolhemos o EPS-10, que é uma versão breve, fácil de usar e com propriedades psicométricas equivalentes ao EPS-14 (Cohen & Williamson, 1988).

A EPS-10 é composta por dez questões para verificar como os participantes percebem eventos relacionados com as suas vidas como imprevisíveis, incontroláveis e assoberbados. Esses três fatores têm sido considerados como componentes centrais na experiência de stress. A EPS-10 é uma escala geral, que pode ser utilizada em diversas faixas etárias, de adolescentes a idosos, pois não contém questões de contexto específico. A ausência de questões de contexto específico é um fator importante na escala e provavelmente a razão pela qual esta escala foi validada em várias culturas, incluindo a brasileira (Reis et al., 2010). Cada questão apresenta quatro alternativas de resposta, aos quais os sujeitos respondem numa escala *likert* que varia entre 1 (nunca) a 4 (sempre). As questões com resposta positiva (4, 5, 6, 7, 9, 10 e 13) têm sua pontuação inversa, da seguinte forma, 0 = 4, 1 = 3, 2 = 2, 3 = 1 e 4 = 0. As questões com resposta negativa (1, 2, 3, 8, 11 e 12) devem ser adicionadas diretamente. A escala total é a soma das pontuações das dez questões e as pontuações podem variar de 0 a 40 (pontuações de 0 a 13 consideradas como stress percebido baixo; 14 a 26 como stress percebido moderado; e 27 a 40 como stress percebido elevado). A versão brasileira da EPS-10 apresentou boas propriedades psicométricas para o stress percebido em adultos brasileiros (Reis et al., 2010). A duração da avaliação foi de aproximadamente 10 minutos. O alpha de Cronbach par ao presente estudo foi de 0,82.

### Registo e Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Os dados de VFC de todos os jogadores foram registados com os jogadores sentados numa cadeira confortável, numa sala climatizada (Holmes et al., 2020). Após avaliação do stress percebido ( $\approx 5$  min), os jogadores receberam os transmissores

de cinta umedecidos e encaixados firmemente no tórax. Posteriormente, os jogadores verificaram o funcionamento do receptor do monitor de frequência cardíaca para aquisição dos intervalos RR (Geus et al., 2019).

A VFC foi registada em repouso com o cardiofrequencímetro polar RS800cx (Polar™, Kempele, Finlândia) com amostragem de 1.000 Hz (Quintana et al., 2012b). Foi realizado um período de 10 minutos para o registo da VFC (ou seja, 5 minutos de estabilização e 5 minutos de pós-estabilização). Os dados correspondentes aos 5 minutos pós-estabilização foram extraídos e baixados para análise por software específico (Polar Precision Performance, Polar™, Kempele, Finlândia). Os índices de VFC foram analisados usando o software Kubios™ HRV (Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finlândia) considerando a pós-estabilização de 5 minutos (Draghici e Taylor, 2016). Os dados foram inspecionados visualmente para identificar ruídos nos sinais ( $\leq 2\%$ ), que foram removidos manualmente com os valores de intervalo RR adjacentes interpolados (potência do filtro < média; Johnston et al., 2020).

As variáveis dependentes foram analisadas no domínio da frequência (baixa frequência [LF], alta frequência [HF] e equilíbrio simpato-vagal [LF/HF]) e tempo (intervalos batimento a batimento [RR], desvio padrão da média do intervalo NN qualificado [SDNN], proporção de intervalos NN sucessivos com uma diferença maior que 50 ms [pNN50] e diferença quadrática média de intervalos RR normais sucessivos [rMSSD] também foram medidos (Johnston et al., 2020).

## Análise estatística

Os testes de Levene e Shapiro-Wilk foram utilizados para verificar a homogeneidade e normalidade, respectivamente. Conforme observado nos testes de normalidade, os dados seguem distribuição normal. Desta forma os dados foram representados através da média e desvio padrão ( $M \pm DP$ ). No LB, foram atendidas as premissas para idade, peso, altura, tempo de experiência, EPS-10 e VFC. Assim, os testes t de amostras independentes foram utilizados para verificar as diferenças entre os dois grupos (GV vs. GD) em LB.

Uma análise de variância de fatores mistos  $2 \times 2$  (ANOVA) foi usada para testar as diferenças entre o GV vs. GD (efeitos entre grupos) e diferenças entre LB, pré-jogo e pós-jogo (efeitos dentro do grupo) para EPS-10 e medidas de VFC nos domínios do tempo e da frequência. A análise post-hoc foi realizada usando o Bonferroni para

avaliar os efeitos dentro de cada grupo. O nível de significância foi de 5% ( $p < 0,05$ ) para rejeitar a hipótese nula. O tamanho do efeito ( $d$  de Cohen) foi calculado e interpretado tendo por base as recomendações de Cohen e Williamson (1988): - 0,00 a 0,19 (trivial); 0,20 a 0,49 (pequeno); 0,50 a 0,79 (moderado); e  $\geq 0,80$  (grande). Para análise de correlação entre as medidas de EPS-10 e VFC, foi utilizado o coeficiente de correlação bivariado de Pearson (Schober et al., 2018). Os dados foram analisados com recurso ao software GraphPad Prism, versão 8.0.1.

## Resultados

### Características da amostra

Os grupos em análise revelaram homogeneidade. Não houve diferenças significativas entre os grupos considerando idade, peso, altura e tempo de experiência. Os dados descritivos e as diferenças entre os grupos estão apresentados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1** Características da amostra para GV e GD.

Variáveis	Grupo Vitória (n = 25)	Grupo Derrota (n = 25)	Diferença Estatística
<b>Níveis de Atividade Física</b>	<i>M ± DP</i>	<i>M ± DP</i>	<i>P</i>
Minutos por semana	37 ± 1.2	35 ± 0.9	0.63
<b>Antropometria</b>	<i>M ± DP</i>	<i>M ± DP</i>	<i>P</i>
Idade	25.04±2.77	24.92±2.41	0.87
Peso (kg)	79.6 ± 2.1	77.4 ± 2.6	0.78
Altura (cm)	179.5 ± 1.6	177.7 ± 1.3	0.69
<b>Tempo de experiência</b>	<i>M ± DP</i>	<i>M ± DP</i>	<i>P</i>
Idade	7.92 ± 1.29	7.44±1.38	0.22

**Legenda:** kg: quilogramas; cm: centímetros; M: média; DP: desvio padrão; p: p valor.

### Escala de Perceção de Stress (EPS – 10)

Pela análise da figura 2.2, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.823$ ) e pré-jogo ( $p = 0.541$ ), nem diferença intragrupo entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.989$ ). A EPS-10 no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 16.92$ , IC 95%: 13.34 a 19.96, Figura 2.2).

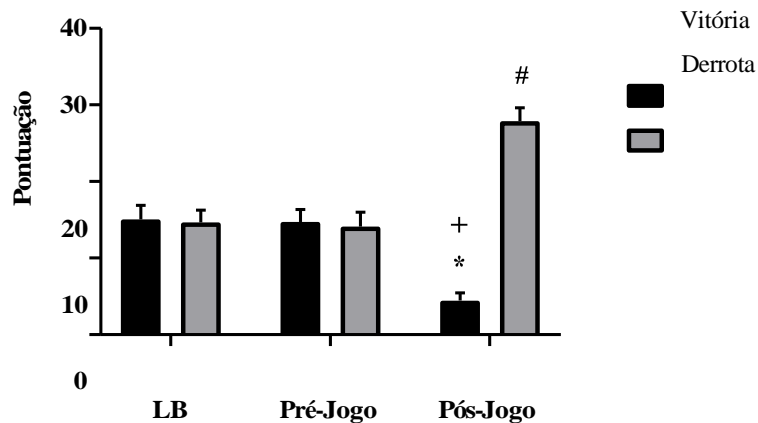


Figura 2.2. Representação gráfica da EPS-10 para os grupos vitória e derrota. \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ).

A análise de variância evidenciou interação significativa nos grupos e momentos [ $F(2, 144) = 889.8; p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 790.1; p \leq 0.01$ ], e momento [ $F(2, 144) = 15.36; p \leq 0.001$ ] para EPS-10. A interação revelou diminuição da pontuação da EPS-10 no momento pós-jogo ( $4.33 \pm 0.96$ ) em relação aos momentos LB ( $15.12 \pm 1.77$ ) e pré-jogo ( $14.75 \pm 1.62$ ) para o GV ( $p \leq 0.001; d = 7.58$ , IC 95%: 5.90 a 9.02 e  $d = 7.83$ , IC 95%: 6.09 a 9.31 respectivamente), enquanto também mostrou um aumento na pontuação para EPS-10 no momento pós-jogo ( $27.79 \pm 1.71$ ) em comparação com os momentos LB ( $14.70 \pm 1.60$ ) e pré-jogo ( $14.20 \pm 1.84$ ) para GD ( $p \leq 0.001; d = 7.91$ , IC 95%: 6.16 a 9.40 e  $d = 7.65$ , IC 95%: 5.95 a 9.11, respectivamente).

## Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Em relação às medidas no domínio do tempo, para RR não houve diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.994$ ) e pré-jogo ( $p = 0.996$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). Em contrapartida, RR no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.001; d = 15.02$ , IC 95%: 11.83 a 17.73, figura 2.3A). A análise de variância mista apresentou para o intervalo RR uma interação significativa de grupos e momento [ $F(2, 144) = 226.9$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 237.7$ ] e momento [ $F(2, 144) = 95.08$ ]. A interação revelou valores maiores de RR no momento pós-jogo ( $993.44 \pm 4.63$ ) em comparação com os momentos LB ( $950.4 \pm 39.97$ ) e pré-jogo ( $951.28 \pm 36.15$ ) para GV ( $p \leq 0.0001; d = 1.51$ , IC 95% : 0.86 a 2.12 e  $p = 0.0002; d = 1.64$ , IC 95%: 0,97 a 2,25 respectivamente), ao mesmo tempo em que também apresentou valores reduzidos de R-R no momento pós-jogo ( $749.96 \pm 22.46$ ) em

relação ao LB ( $948.36 \pm 37.02$ ) e pré-jogo ( $949.52 \pm 33.56$ ) para o GD ( $p \leq 0,001$ ;  $d = 6.48$ , IC 95%: 5.01 a 7.75 e  $d = 6.99$ , IC 95%: 5.42 a 8.34 respectivamente).

Para a SDNN, não foram encontradas diferenças entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.991$ ) e pré-jogo ( $p = 0.966$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). No entanto, o SDNN no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 3.73$ , IC 95%: 2.76 a 4.58, figura 2.3B). A análise de variância evidenciou uma interação significativa para grupos e momento para SDNN [ $F(2, 144) = 39.82$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para o grupo [ $F(1, 144) = 32.83$ ;  $p \leq 0.001$ ], e para momento [ $F(2, 144) = 4.263$ ;  $p = 0.001$ ]. A interação revelou valores maiores de SDNN no momento pós-jogo ( $70.76 \pm 3.75$ ) em comparação com os momentos LB ( $61.6 \pm 4.91$ ) e pré-jogo ( $61.76 \pm 4.9$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.13$ , IC 95%:  $62.28 \pm 4.41$ , respectivamente), ao mesmo tempo em que também apresentou valores reduzidos de SDNN no momento pós-jogo ( $57.48 \pm 3.36$ ) em comparação com os momentos LB ( $61.92 \pm 4.97$ ) e pré-jogo ( $62.28 \pm 4.41$ ) para GD ( $p = 0.001$ ;  $d = 1.05$ , IC 95%: 0.44 a 1.62 e  $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.22$ , IC 95%: 0.61 a 1.81 respectivamente).

Para o rMSSD, não foram encontradas diferenças entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.990$ ) e pré-jogo ( $p = 0.899$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). No entanto, o rMSSD no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.79$ , IC 95%: 1.97 a 3.52, figura 2.3C). A análise de variância revelou para rMSSD uma interação significativa para grupos e momento [ $F(2, 144) = 50.92$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 40.26$ ;  $p \leq 0.001$ ], e para momento [ $F(2, 144) = 5.646$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou valores maiores de rMSSD no momento pós-jogo ( $76.96 \pm 2.31$ ) em comparação com os momentos LB ( $72.96 \pm 3.80$ ) e pré-jogo ( $72.12 \pm 2.18$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.27$ , IC 95%: 0.65 a 1.86 e  $p = 0.003$ ;  $d = 2.15$ , IC 95%: 1.43 a 2.81 respectivamente), ao mesmo tempo em que também apresentou valores reduzidos de rMSSD no momento pós-jogo ( $64.4 \pm 5.93$ ) em comparação com os momentos LB ( $73.24 \pm 3.46$ ) e pré-jogo ( $72.8 \pm 3.42$ ) para o GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.82$ , IC 95%: 1.14 a 2.45 e  $d = 1.74$ , IC 95%: 1.06 a 2.36, respectivamente).

Para o pNN50, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.999$ ) e pré-jogo ( $p = 0.422$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.510$ ). Em contrapartida, o pNN50 no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq$

0.001;  $d = 2.85$ , IC 95%: 2.03 a 3.95, figura 2.3D). A análise de variância mostrou para o pNN50 interação significativa para grupo e momento ( $F(2, 144) = 43.95$ ;  $p \leq 0.001$ ), efeitos principais para grupo ( $F(1, 144) = 29.06$ ;  $p \leq 0.0001$ ), e efeitos principais para o momento ( $F(2, 144) = 47.17$ ;  $p \leq 0.001$ ). A interação revelou uma pontuação maior no pNN50 no pós-jogo ( $7.04 \pm 1.45$ ) em comparação aos momentos LB ( $3.28 \pm 1.13$ ) e pré-jogo ( $3.48 \pm 0.87$ ) para o GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.89$ , IC 95%: 2.06 a 3.83 e  $d = 2.98$ , IC 95%: 2.13 a 3.73, respectivamente), enquanto também não apresentou alterações significativas na pontuação de pNN50 no pós-jogo ( $3.64 \pm 0.86$ ) em relação aos Momentos LB ( $3.38 \pm 1.18$ ) e pré-jogo ( $3.92 \pm 1.11$ ) para o GD ( $p = 0.988$  e  $p = 0.999$ , respectivamente).

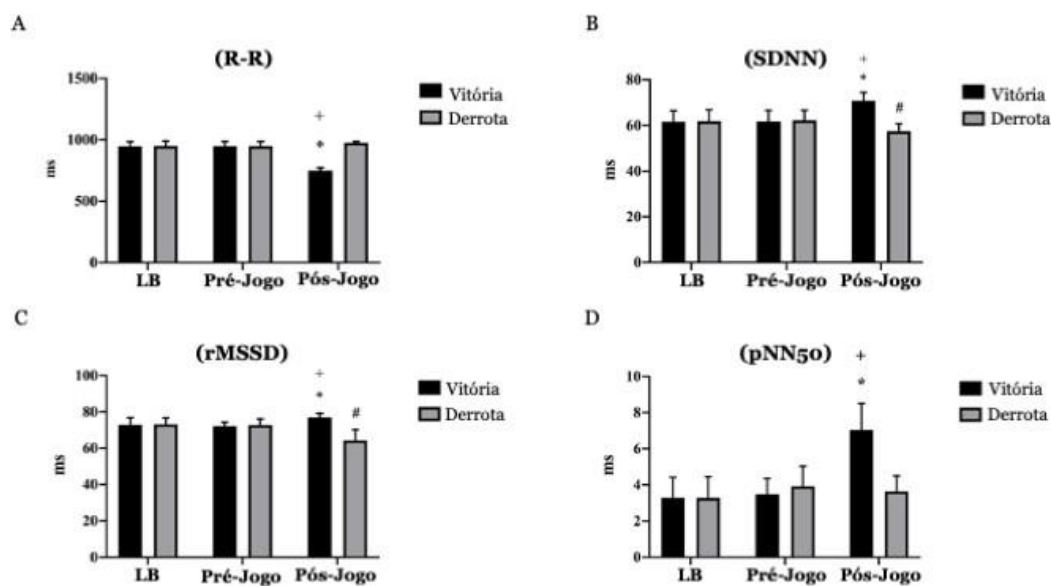


Figura 2.3 - Representações gráficas do R-R, SDNN, rMSSD e pNN50 para grupos vitória e derrota. (A) Intervalo R-R: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (B) SDNN: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e pré-jogo ( $p = 0.001$  e  $p \leq 0.0001$ , respectivamente); (C) rMSSD: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ;  $p = 0.003$  respectivamente), +Diferença significativa em relação ao momento pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (D) pNN50: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ).

Considerando as medidas do domínio da frequência, para HF não houve diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.993$ ) e pré-jogo ( $p = 0.999$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). A HF no momento pós-jogo foi maior no GV do que no

GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 5.09$ , IC 95%: 3.89 a 6.14, figura 2.4A). A análise de variância mostrou uma interação significativa de grupos e momento para HF [ $F(2, 144) = 72.24$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 77.55$ ;  $p \leq 0.001$ ], e para momento [ $F(2, 144) = 10.22$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou valores maiores de HF no momento pós-jogo ( $8.28 \pm 1.20$ ) em comparação com os momentos LB ( $6.08 \pm 1.57$ ) e pré-jogo ( $5.96 \pm 0.88$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.57$ , IC 95% : 0.92 a 2.18 e  $d = 2.20$ , IC 95%: 1.47 a 2.87, respectivamente), enquanto também apresentou valores reduzidos de HF no momento pós-jogo ( $3.24 \pm 0.72$ ) em relação aos momentos LB ( $6.04 \pm 1.54$ ) e pré-jogo ( $5.88 \pm 0.97$ ) para GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.33$ , IC 95%: 1.58 a 3.01 e  $d = 3.09$ , IC 95%: 2.23 a 3.86, respectivamente).

Para o LF, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.986$ ) e pré-jogo ( $p = 0.956$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.941$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). No entanto, o LF no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 4.15$ , IC 95%: 3.13 a 5.09, figura 2.4B). A análise de variância mostrou uma interação significativa para grupos e momento para LF [ $F(2, 144) = 81.64$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 79.13$ ;  $p \leq 0.001$ ] e momento [ $F(2, 144) = 10.22$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou uma diminuição dos valores de LF no momento pós-jogo ( $5.16 \pm 0.85$ ) em comparação aos momentos LB ( $7.72 \pm 1.02$ ) e pré-jogo ( $8.08 \pm 0.86$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.73$ , IC 95% : 1.92 a 3.45 e  $d = 3.42$ , IC 95%: 2.50 a 4.22, respectivamente), enquanto que apresentou valores maiores de LF no momento pós-jogo ( $9.24 \pm 1.09$ ) em comparação aos momentos LB ( $7.8 \pm 0.81$ ) e pré-jogo ( $7.96 \pm 0.88$ ) para o GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.50$ , IC 95%: 0.85 a 2.10 e  $d = 1.29$ , IC 95%: 0.66 a 1.88, respectivamente).

Para o LF-HF, não foram encontradas diferenças entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.870$ ) e pré-jogo ( $p = 0.952$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). Em contrapartida, LF-HF no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.59$ , IC 95%: 1.80 a 3.30, figura 2.4C). A análise de variância revelou uma interação significativa para grupos e momento para LF-HF [ $F(2, 144) = 27.55$ ;  $p \leq 0.001$ ], e efeito principal para grupo [ $F(1, 144) = 18.02$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou uma diminuição dos valores de LF-HF no momento pós-jogo ( $1.42 \pm 0.20$ ) em comparação com os momentos LB ( $2.52 \pm 0.78$ ) e pré-jogo ( $2.44 \pm 0.70$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.93$ , CI 95%: 1.23 a 2.57 e  $d = 1.98$ , IC 95%: 1.28 a 2.62, respectivamente), enquanto também mostrou um aumento nos valores de LF-HF no momento pós-jogo ( $3.18 \pm 0.94$ ) em comparação

com os momentos LB ( $2.41 \pm 0.65$ ) e pré-jogo ( $2.34 \pm 0.66$ ) para GD ( $p = 0.004$ ;  $d = 0,95$ , IC 95%: 0.35 a 1.52 e  $p = 0.002$ ;  $d = 1.03$ , IC 95%: 0.43 a 1.61, respetivamente). Em relação às análises de correlação entre os índices EPS-10 e VFC, não encontramos diferença significativa.

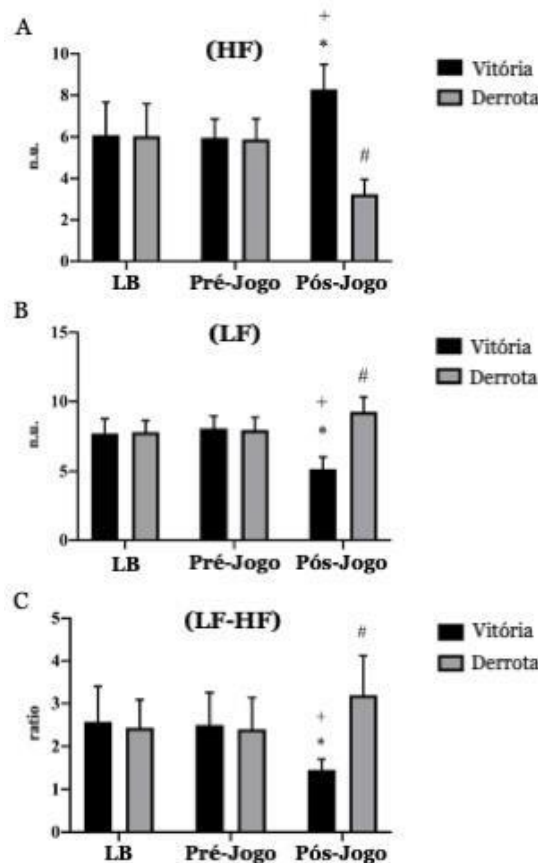


Figura 2.4 - Representações gráficas do HF, LF e LF-HF para grupos vitória e derrota. Representações gráficas do HF, LF e LF-HF para grupos vitória e derrota. (A) HF: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (B) LF: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (C) LF-HF: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos BL e Pré-jogo ( $p = 0.004$  e  $p = 0.002$  respetivamente).

## Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar os níveis de stress percebido e VFC antes e após jogos decisivos envolvendo vitória e derrota em atletas profissionais de *eSports*. De acordo com hipótese levantada, o GV teve melhores respostas autonômicas

e de stress em comparação ao GD que teve piores respostas autonômicas e de stress após o jogo. Embora existam evidências de aspetos psicofisiológicos em atletas (Follador et al., 2018), ainda há necessidade de mais estudos que analisem a VFC e comportamento de stress em atletas, principalmente em atletas de *eSports*, que possuem fortes exigências psicológicas (Machado et al., 2021).

Estudos recentes destacaram a importância de analisar a VFC e o estado de stress em atletas (Britton et al., 2019) e também como essas variáveis estão em constante associação (Moreira et al., 2021). Nesse sentido, o presente estudo mostrou que ganhar ou perder pode interferir nas respostas autonômicas e de stress. No geral, em relação ao EPS-10, os resultados do presente estudo evidenciaram que o GV teve valores significativamente mais reduzidos no momento pós-jogo em comparação com os momentos LB e pré-jogo, enquanto o GD teve valores significativamente maiores no momento pós-jogo em comparação com os momentos LB e pré-jogo. Par além disto, não se verificaram diferenças significativas nos momentos LB e pré-jogo, assim como entre LB e pré-jogo tanto para GV como para GD no EPS-10. Em relação à VFC, os resultados demonstram que o GV teve um aumento significativo em RR, SDNN, rMSSD, pNN50 e HF, e uma diminuição significativa de LF e LF/HF, enquanto o GD teve uma diminuição significativa de RR, SDNN, rMSSD e HF, e um aumento significativo em LF e LF/HF. Todavia, não houve diferenças nos momentos LB e pré-jogo, assim como entre LB e pré-jogo tanto para GV como para GD em nenhuma medida.

Os resultados do presente estudo corroboram com a literatura sobre comportamentos de VFC e stress, onde essas variáveis são reativas a diferentes emoções (Cooke et al., 2011), e que dependendo da situação, podem oferecer magnitudes de resposta relevantes devido a uma forte associação entre o sistema nervoso autônomo e o estado psicológico (Kemp e Quintana, 2013). Neste contexto, o resultado de uma competição pode contribuir significativamente para as respostas fisiológicas e psicológicas (Salvador et al., 2003). Estudos anteriores têm destacado a importância de investigar variáveis psicofisiológicas em atletas (Britton et al., 2019) e a VFC tem sido relevante na monitorização de atletas (Nakamura et al., 2015). Da mesma forma, o stress percebido em desportos de alto rendimento é extremamente importante para o controlo emocional ao longo da competição (Oliveira-Silva et al., 2018). No entanto, a VFC pode oferecer alterações devido ao comportamento emocional, principalmente devido ao stress (Goessl et al., 2017) e assim, podemos destacar que esses comportamentos psicofisiológicos afetam o desempenho do atleta (Alfonso &

Capdevila, 2022). Partindo desse contexto, há poucos estudos discutindo a possibilidade do resultado de uma competição interferir no comportamento psicofisiológico de atletas (Broodryk et al., 2021). No entanto, podemos sugerir que resultados diferentes, como vitória e derrota, podem afetar positivamente e negativamente o comportamento fisiológico (VFC) e psicológico (estresse).

Portanto, os resultados do presente estudo parecem corroborar com estudos anteriores (e.g., Broodryk et al., 2021) os quais verificaram que jogadores de futebol apresentaram respostas positivas à vitória e respostas negativas à derrota, em variáveis fisiológicas (comportamento hormonal) e psicológicas (ansiedade e humor). Ou seja, os jogadores vencedores de *eSports* tendem a revelar respostas mais ajustadas na percepção de stress e maior ativação parassimpática em relação aos derrotados. Em relação aos possíveis mecanismos subjacentes ao stress percebido, o desequilíbrio simpático/parassimpático está relacionado com o desempenho de tarefas (Barnes & Van Dyne, 2009), e dependendo do resultado de tal tarefa, mudanças importantes no funcionamento cerebral podem ocorrer no córtex pré-frontal (responsável pelo funcionamento executivo) em diferentes níveis (Ai et al., 2021), desencadeando alterações no estado psicológico do indivíduo, como o estresse (Habay et al., 2021). No entanto, existe uma relação entre funcionamento cognitivo, estado psicológico e VFC (Lin et al., 2017), pois a conexão cérebro-coração é constante e torna-se importante que esses mecanismos associados atuem e reajam de forma eficiente e modulada (You et al., 2021). No entanto, o nível de stress afeta a VFC via nervo vago (parassimpático) no nó sinoatrial do coração, causando um desequilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático (Quintana et al., 2012a; Kemp & Quintana, 2013). Além disso, em atletas que estão constantemente a realizar tarefas, seja em treino ou competição, o seu desempenho pode afetar o comportamento neurocardíaco e os resultados (vitória e derrota) serão fundamentais para o estabelecimento do equilíbrio (Britton et al., 2019; Broodryk et al., 2021). Os jogadores de *eSports* precisam de funcionamento cognitivo a todo o momento, principalmente, para serem eficientes na tarefa (Machado et al., 2021) e essa exigência pode provocar alterações na percepção de stress e VFC, favorecendo ou não o desempenho do jogo.

Até onde sabemos, o estudo conduzido por Broodryk et al. (2021) foi o único a investigar variáveis psicofisiológicas (e.g., cortisol, ansiedade e humor) e as suas associações com vitória e derrota em atletas. Portanto, estudos futuros são necessários para aprofundar o conhecimento sobre o comportamento da VFC e estados emocionais (não apenas stress) em diferentes desportos quer antes quer depois de diferentes

resultados (vitória, derrota e talvez empate), principalmente em jogadores de *eSports*. Estudos neste âmbito também serão relevantes, no que diz respeito ao comportamento dessas variáveis no período competitivo, fornecendo informações sólidas para possíveis intervenções em relação ao processo de recuperação dos atletas entre os jogos e ao longo da competição.

Este estudo apresenta resultados importantes, embora exploratórias, para atletas e treinadores de *eSports*. Nesse sentido, podemos sugerir que a vitória e a derrota em jogos competitivos provocam diferentes respostas no stress percebido e na VFC. Uma importante implicação prática do nosso estudo está relacionada com a utilização da VFC como ferramenta de otimização do treino atlético através da quantificação das cargas de treino (Borresen & Lambert, 2009), bem como da análise do programa de treino (Tønnessen et al., 2014), permitindo uma avaliação, monitorização, recuperação e melhoria no desempenho atlético. A VFC é essencial na monitorização da fadiga e/ou respostas de desempenho ao *overtraining* ou sobrecarga funcional (Meeusen et al., 2013), o que influencia nos fatores psicológicos (Oliveira- Silva et al., 2018; Mamlouk et al., 2021). Nesse sentido, o indicador de VFC mais útil é o rMSSD em repouso (Buchheit, 2014). O rMSSD é eficaz na identificação do nível geral de fadiga, embora não permita o agrupamento de diferentes subcategorias de fadiga (Buchheit, 2014). Assim, estes resultados devem ser levados em consideração por atletas e treinadores de *eSports*, pois podem ser usados para avaliar, monitorizar, recuperar e preservar a eficiência no treino e no desempenho do jogo.

Apesar das contribuições do presente estudo para a prática, o mesmo apresentr algumas limitações: limitações foram analisados os os padrões psicofisiológicos de eAtletas antes e depois dos jogos e não durante o jogo; não foram comparadas variáveis psicofisiológicas entre atletas com diferentes funções na equipa; a falta de avaliação de outras variáveis clínicas relacionadas com as respostas da VFC (e.g., ansiedade, regulação emocional). Assim, como perspetivas futuras, devem ser explorados o uso de recursos ergogênicos, como a cafeína, para melhorar o desempenho cognitivo e neuromotor (Sainz et al., 2020), assim como técnicas de neuromodulação cerebral, como a ETCC (Machado et al., 2021).

## **Conclusão**

O presente estudo investigou o comportamento da VFC nos domínios de tempo e frequência, e o stress percebido em diferentes desfechos durante partidas competitivas em atletas de *eSports*. Observou-se que o GV apresentou melhores

respostas de VFC (maior ativação parassimpática) assim como menores níveis de estresse percebido, enquanto o GD apresentou piores respostas de VFC (maior ativação simpática) e maiores níveis de stress percebido. Estudos futuros são necessários para investigar o comportamento da VFC e os estados emocionais nos *eSports* antes e depois de diferentes resultados (ganhar, perder e talvez empatar).

## Capítulo 4

# Efeitos de uma partida de playoff na ansiedade competitiva e regulação autonômica de jogadores profissionais de *eSports*

### Resumo

Uma competição é considerada uma situação stressante, pois provoca alterações fisiológicas e emocionais, como a ansiedade, nas respostas dos atletas e consequentemente influencia o seu desempenho. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar a ansiedade competitiva e a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) antes e após partidas com vitória e derrota em atletas profissionais de *eSports*. A hipótese em estudo foi a seguinte: os vencedores teriam melhores respostas autonômicas e de ansiedade após a partida em comparação aos derrotados. Cinquenta jogadores masculinos de *eSports* foram selecionados entre 10 diferentes equipas brasileiras. O experimento foi realizado em 2 sessões. Na primeira sessão, depois da assinatura do termo de consentimento informado, 24 horas antes do jogo, os dados antropométricos, os níveis de atividade física e o tempo de experiência foram registados apenas para caracterização da amostra e os jogadores foram familiarizados com o Inventário de Ansiedade-Estado Competitiva Revisado 2 (CSAI-2R) e as medições de VFC. Na segunda sessão, os jogadores realizaram o registo do CSAI-2R e VFC em repouso durante 10 min, aos 60 e 30 min antes do jogo (ou seja, na linha de base) e 10 minutos após o final do jogo. No geral, em relação ao CSAI-2R, os resultados do presente estudo evidenciaram que o GV teve valores significativamente menores para ansiedade cognitiva e somática e maiores para autoconfiança no momento pós-jogo em comparação com os momentos de linha de base (LB) e pré-jogo, enquanto o GD teve valores significativamente maiores para ansiedade cognitiva e somática e menores de autoconfiança no momento pós-jogo em relação aos momentos LB e pré-jogo. Em relação à VFC, os resultados demonstram que o GV teve um aumento significativo em RR, SDNN, rMSSD, pNN50 e HF, e uma diminuição significativa em LF e LF/HF, enquanto o GD teve uma diminuição significativa em RR, SDNN, rMSSD e HF, e um aumento significativo em LF e LF/HF. Observou-se ainda que o GV apresentou melhores respostas de VFC (maior ativação parassimpática), bem como

menores níveis de ansiedade, enquanto o GD apresentou piores respostas de VFC (maior ativação simpática) e maiores níveis de ansiedade.

**Palavras-chave:** Vitória, Derrota, eSports, Ansiedade Competitiva, Variabilidade da Frequência Cardíaca, VFC.

## **Introdução**

Uma competição é considerada uma situação stressante, pois provoca alterações fisiológicas e emocionais, como a ansiedade, nas respostas dos atletas e consequentemente influencia o seu desempenho (van Paridon et al., 2017). A ansiedade está inerente ao desporto, pois pode ser vivenciada em diferentes níveis (Ford et al., 2017). Um maior estado de ansiedade que ocorre antes ou durante a competição desportiva é definido como ansiedade competitiva (Jones, 1995), e pode ser classificada como ansiedade cognitiva e/ou somática (Hanton et al., 2008). A ansiedade cognitiva é definida como as expectativas negativas sobre o sucesso ou autoavaliação, sentimentos e pensamentos negativos, medos ou preocupações sobre o desempenho, perda de autoestima e autoconfiança, diálogo interno negativo, incapacidade de concentração e atenção interrompida. A ansiedade somática é caracterizada pelo aumento da frequência cardíaca e rigidez muscular (excitação autonômica), o que induz sintomas negativos, como sentimentos de nervosismo, dificuldade em respirar, pressão alta, e tensão muscular (Hanton et al., 2008). Essas mudanças nos estados emocionais podem ocorrer antes, durante ou após as competições desportivas (Ford et al., 2017). Assim, um aumento da ansiedade pode levar a consequências negativas no desempenho dos atletas (Jordet et al., 2006; López-Torres et al., 2007). Por sua vez, há escassez de estudos sobre competições de eSports como um todo, e o impacto de uma partida em variáveis fisiológicas e psicológicas em jogadores profissionais de eSports é de grande interesse para pesquisadores e treinadores (Machado et al., 2021; Machado et al., 2022).

Do ponto de vista psicofisiológico, o sistema nervoso autônomo (SNA) apresenta alterações nas atividades simpáticas e parassimpáticas (Freeman, 2006). Considerando o contexto desportivo, a avaliação do SNA pode ser realizada de forma não invasiva por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Paniccia et al., 2017). De facto, a VFC é um indicador fisiológico sensível à regulação psicológica que detecta alterações no equilíbrio simpático/parassimpático em situações stressantes, onde se incluiu a competição desportiva (Blásquez et al., 2009; Mateo et al., 2012;).

Os estudos conduzidos por Lane et al. (1992) e Berntson et al. (1997) mostraram que a VFC é um indicador sensível a mudanças no estado emocional, sugerindo uma interação entre o coração e o cérebro. Sabe-se que o controle cardíaco e a resposta a diferentes fontes de stress podem ser explicadas quer por variações na ativação do sistema nervoso simpático (SNS) (Berntson & Cacioppo, 2002) quer por ativações do sistema nervoso parassimpático (SNP) (Friedman, 2007; Grossman & Taylor, 2007;

Porges, 2007). Em consonância com isso, há evidências abundantes que demonstram que uma diminuição nos parâmetros da VFC está associada à ansiedade (Dishman et al., 2000; Hjortskov et al., 2004; Ruediger et al., 2004). Por exemplo, Friedman (2007) e Cohen e Benjamin (2006) revelaram que reduções nos parâmetros da VFC correspondem a um aumento da ansiedade. Tais resultados parecem indicar uma necessidade de analisar os efeitos da combinação de resultados na ansiedade competitiva e na VFC, uma vez que os *eSports* parecem depender muito mais de habilidades psicológicas e cognitivas para o sucesso comparativamente aos desportos tradicionais (Machado et al. 2021).

Do ponto de vista prático, a literatura apresenta alguns estudos que abordaram a ansiedade competitiva (La Fratta et al., 2021; Covassin & Pero, 2004; Terry et al., 1996; Filaire et al., 2009; Fernández-Fernández et al., 2015) e as respostas da VFC (Pena, 2020) ao resultado de jogo bem ou mal sucedido em desportos tradicionais. No entanto, não há estudos que tenham abordado a ansiedade competitiva e as respostas da VFC sobre resultados de partidas bem sucedidas ou mal sucedidas (ou seja, vitória e derrota) em jogadores profissionais de *eSports*. Os estudos que mais se aproximaram foram os estudos desenvolvidos pelo de Pena (2020) e Fuentes-García et al. (2022), ambos em tenistas. Pena (2020) investigou a VFC antes e depois da competição em tenistas juniores. Os resultados destacaram que os derrotados apresentaram uma redução no PNN50 tanto no dia de treino como após a partida em comparação com os vencedores. Fuentes-García et al. (2022) examinaram o efeito do resultado da partida (vitória ou derrota) numa competição internacional na ansiedade pré-competitiva e autoconfiança em tenistas juniores de elite. Os resultados evidenciaram diferenças significativas na ansiedade cognitiva e autoconfiança entre vencedores e derrotados quando comparados com os valores pré-jogo e pós-jogo. Mais especificamente, uma redução na ansiedade cognitiva e um aumento na autoconfiança foram observados no pós-jogo para os vencedores.

Em relação aos *eSports*, os estudos existentes tratam principalmente de relatos de jogos de videogame, ou analisaram estilos de vida e questões relacionadas com a saúde. Sendo assim, há espaço para se entender as variações na saúde cardiovascular, respiratória, metabólica (Monteiro Pereira et al., 2022) e psicológica (Trotter et al., 2021) nos *eSports* em diferentes contextos ou de acordo com diferentes resultados de jogos. Portanto, parece não existir há nenhum estudo publicado na literatura sobre ansiedade competitiva e VFC em atletas profissionais de *eSports* tratando especificamente do impacto da vitória e da derrota. Tal facto reveste-se de toda a

importância para melhor compreender a ansiedade competitiva e os comportamentos da VFC como fatores promotores da melhoria do desempenho atlético (Jimenez Morgan & Molina Mora, 2017; Puseňjak et al., 2015; Borresen & Lambert, 2009; Tonnessen et al., 2014), permitindo a avaliação do processo de recuperação entre as partidas, assim como ao longo da competição (Makivić et al., 2013).

Desta forma, o objetivo do presente estudo é analisar a ansiedade competitiva e a VFC antes e após partidas com vitória e derrota em jogadores profissionais de eSports. Mais especificamente, a seguinte hipótese foi testada: a) nossa hipótese é que os vencedores apresentarão menor ansiedade cognitiva e somática, maior autoconfiança e melhores respostas autonômicas em comparação aos perdedores após a partida.

## **Materiais e Métodos**

### **Participantes**

O tamanho da amostra foi determinado a partir do software G\*Power v.3.1 (Faul et al., 2009), usando os seguintes parâmetros de entrada: tamanho do efeito antecipado médio para uma comparação entre duas médias dependentes ( $d = 0,50$ ), poder estatístico  $1-\beta = 0,80$  e  $\alpha = 0,05$ . Dado que nenhum estudo apresentou resultados diretamente relevantes para o efeito visado no presente estudo, foram usadas estimativas de tamanhos de efeito referentes a respostas psicofisiológicas em manipulações experimentais semelhantes dentro do contexto de ansiedade pré-competitivo no desporto (Oliveira-Silva e outros, 2018). Portanto, o tamanho do efeito anterior no estudo relatado foi grande (Oliveira-Silva et al., 2018). Com base nesses cálculos, o tamanho da amostra alvo determinado para o presente estudo foi de 20 ( $1-\beta = 1,616$ ).

Cinquenta jogadores masculinos de eSports com idades compreendidas entre 18 e 29 anos (idade:  $24,98 \pm 2,59$  anos, altura:  $178,6 \pm 1,45$  cm, peso =  $78,5 \pm 2,35$  kg, tempo de experiência:  $7,68 \pm 1,33$  anos e inativos fisicamente:  $36 \pm 1,05$  min por semana), de equipas brasileiras fizeram parte do estudo. Os critérios de inclusão foram os seguintes: (i) ser atleta profissional com pelo menos 5 anos de experiência em competições nacionais ou internacionais; e (ii) 8 a 10 horas de treino diário. Os critérios de exclusão foram os seguintes: (i) ter doenças neuropsiquiátricas, cardiovasculares ou osteoarticulares; (ii) usar qualquer tipo de droga neuropsiquiátrica; (iii) consumir qualquer bebida cafeinada ou alcoólica no dia do

experimento. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano (CIDESD; Portugal), e todos os atletas foram informados dos riscos e benefícios inerentes ao estudo antes de assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

## Design experimental

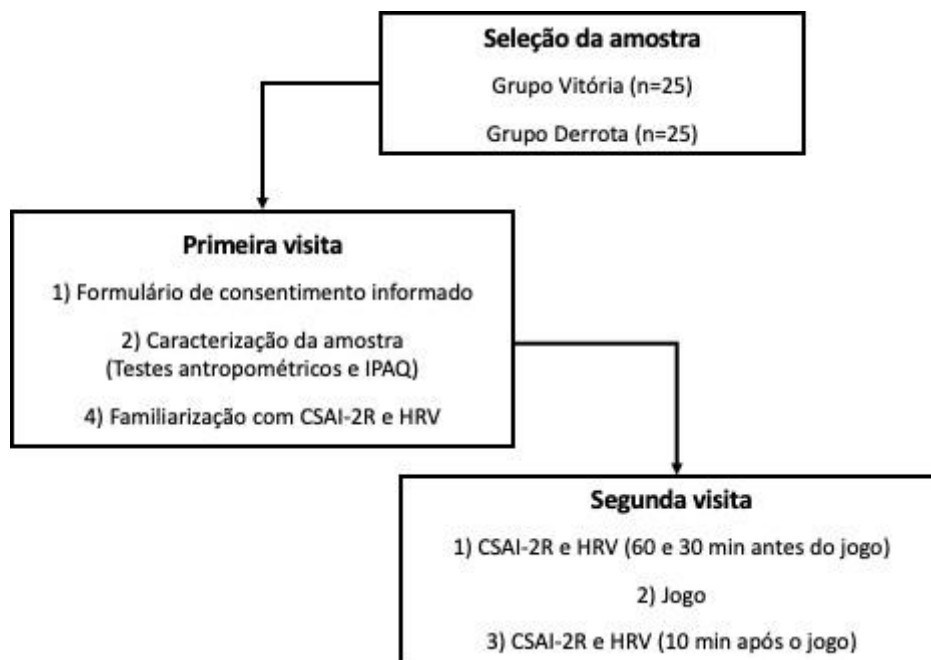
Foram selecionados jogadores de 10 equipas brasileiras diferentes, todos compostos por cinco jogadores. Caso algum dos jogadores não atendesse aos critérios de inclusão, a equipa não era selecionada para participar no estudo. Optamos por realizar o estudo sempre com duas equipas por jogo decisivo para facilitar a equalização da amostra para observar o fenómeno da vitória e da derrota. Assim, após o término do experimento tivemos 25 jogadores para o Grupo Vitória (GV) e para o Grupo Derrota (GD).

Os jogadores foram expostos a jogos decisivos em campeonatos internacionais, como *CS: GO PGL Major Championship Fall* e *Six Invitational*. O experimento foi realizado em duas sessões. Na primeira sessão, após assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido na “*game house*” 24 horas antes do jogo, foi realizada a avaliação antropométrica (i.e., idade, altura e peso), níveis de atividade física através do do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ; Hallal & Victora, 2004) e os dados do tempo de atuação foram registados apenas para caracterização da amostra e os jogadores foram familiarizados com o Inventário de Ansiedade-Estado Revisado 2 (CSAI-2R) e as medidas da VFC. Na segunda sessão, os jogadores realizaram a CSAI-2R (Fernandes et al., 2013) e o registo da VFC em repouso durante 10 min, aos 60 e 30 min antes do jogo (i.e., momentos de linha de base [LB] e pré-jogo, respectivamente) e 10 min após o término do jogo (momento pós-jogo; figura 3.1). Ambas as sessões foram realizadas na “*game house*” entre 14:00 e 17:00 horas para evitar efeitos circadianos no desempenho psicológico e autonômico. As variáveis psicológicas e a VFC foram avaliadas pelo mesmo investigador.

## Familiarização

Os procedimentos de familiarização com a CSAI-2R ocorreram com o mesmo investigador, 24 horas antes das condições experimentais, da seguinte forma: (1) o investigador leu as instruções específicas para todas as questões; (2) o investigador esclareceu que “não existem respostas certas ou erradas” para as questões e que as respostas devem ser dadas entre as alternativas expostas; (3) o investigador explicou aos jogadores que não poderiam haver respostas duplas para a mesma pergunta, e

destacou a importância da veracidade nas respostas; (4) o investigador solicitou aos jogadores que verificassem as suas respostas antes de preencherem o questionário. Esse procedimento ocorreu apenas durante a fase de familiarização. Por sua vez, durante as condições experimentais o questionário foi autorreferido. Quanto às recolhas da VFC, os jogadores receberam instruções sobre a colocação da cinta torácica (sobre o apêndice xifóide), uso do monitor de frequência cardíaca e receberam instruções para permanecerem parados, com os olhos abertos e respirarem espontaneamente durante o período de aquisição.



**Figura 3.1** Desenho Experimental

## Inventário de Ansiedade-Estado Competitivo Revisado 2 (CSAI-2R)

Para avaliar a ansiedade pré-competitiva, os participantes responderam ao questionário - Inventário de Ansiedade-Estado Competitivo Revisado 2 (CSAI-2R). Este instrumento foi desenvolvido por Cox et al. (2003), como versão reduzida do CSAI-2, proposto por Martens et al. (1990). O CSAI-2R é composto por 17 questões divididas em três componentes: ansiedade cognitiva (sete itens), ansiedade somática (cinco itens) e autoconfiança (cinco itens). A pontuação final de cada subescala é a soma dos pontos obtidos em cada item. Cada questão apresenta quatro alternativas de resposta ao longo de uma escala *Likert* que varia entre 1 (discordo totalmente) a 4 (concordo totalmente). A versão brasileira do CSAI-2R apresentou boas propriedades psicométricas para avaliação da ansiedade pré-competitiva em atletas brasileiros (Fernandes et al., 2013). A duração da avaliação foi de 10 minutos. O alpha de

Cronbach na presente amostra foi de 0,76, 0,81 e 0,79 para as subescalas ansiedade cognitiva, ansiedade somática e autoconfiança, respectivamente.

## Registo e Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Os dados de VFC de todos os jogadores foram registados com os jogadores sentados numa cadeira confortável, dentro de uma sala climatizada (Holmes et al., 2020). Após avaliação da ansiedade ( $\approx 5$  min), os jogadores receberam os transmissores de cinta umedecidos e encaixados firmemente no tórax. Posteriormente, os jogadores verificaram o funcionamento do receptor do monitor de frequência cardíaca para aquisição dos intervalos RR (Geus et al., 2019).

A VFC foi registada em repouso com o cardiofrequencímetro polar RS800cx (Polar™, Kempele, Finlândia) com amostragem de 1.000 Hz (Quintana et al., 2012b). Foi realizado um período de 10 minutos para o registo da VFC (ou seja, 5 minutos de estabilização e 5 minutos de pós-estabilização). Os dados correspondentes a 5 minutos pós-estabilização foram extraídos e baixados para análise por software específico (Polar Precision Performance, Polar™, Kempele, Finlândia). Os índices de VFC foram analisados usando o software Kubios™ HRV (Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finlândia) considerando a pós-estabilização de 5 minutos (Draghici e Taylor, 2016). Os dados foram inspecionados visualmente para identificar ruídos nos sinais ( $\leq 2\%$ ), que foram removidos manualmente com os valores de intervalo RR adjacentes interpolados (potência do filtro  $<$  média; Johnston et al., 2020).

As variáveis dependentes foram analisadas no domínio da frequência (baixa frequência [LF], alta frequência [HF] e equilíbrio simpato-vagal [LF/HF]) e tempo (intervalos batimento a batimento [RR], desvio padrão da média do intervalo NN qualificado [SDNN], proporção de intervalos NN sucessivos com uma diferença maior que 50 ms [pNN50] e diferença quadrática média de intervalos RR normais sucessivos [rMSSD] também foram medidos (Johnston et al., 2020).

## Análise Estatística

Os testes de Levene e Shapiro-Wilk foram utilizados para verificar a homogeneidade e normalidade, respectivamente. Conforme observado nos testes de normalidade, os dados seguem distribuição normal. Portanto, foram representados através da média e do desvio padrão ( $M \pm DP$ ). No LB, foram atendidas as premissas para idade, peso, altura, tempo de experiência, EPS-10 e VFC. Assim, os testes t de

amostras independentes foram utilizados para verificar as diferenças entre os dois grupos (GV vs. GD) em LB.

Uma análise de variância de fatores mistos  $2 \times 2$  (ANOVA) foi usada para testar as diferenças entre o GV vs. GD (efeitos entre grupos) e diferenças entre LB, pré-jogo e pós-jogo (efeitos dentro do grupo) para CSAI-2R e medidas de VFC nos domínios do tempo e da frequência. A análise post-hoc foi realizada através do teste de Bonferroni para avaliar os efeitos dentro de cada grupo. O nível de significância adotado foi de 5% ( $p < 0,05$ ) para rejeitar a hipótese nula. O tamanho do efeito ( $d$  de Cohen) foi calculado e interpretado tendo por base as recomendações de Cohen e Williamson (1988): - 0,00 a 0,19 (trivial); 0,20 a 0,49 (pequeno); 0,50 a 0,79 (moderado); e  $\geq 0,80$  (grande). Para análise de correlação entre as medidas de EPS-10 e VFC, foi utilizado o coeficiente de correlação bivariado Pearson (Schober et al., 2018). Os dados foram analisados com recurso ao software GraphPad Prism, versão 8.0.1.

## Resultados

### Características da amostra

Os grupos em análise revelaram homogeneidade. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos considerando idade ( $25.04 \pm 2.77$  vs  $24.92 \pm 2.41$  anos,  $p = 0.87$ ), peso ( $79.6 \pm 2.1$  vs  $77.4 \pm 2.6$  Kg,  $p = 0.78$ ), altura ( $179.5 \pm 1.6$  vs  $177.7 \pm 1.3$  cm,  $p = 0.69$ ), tempo de experiência ( $7.92 \pm 1.29$  vs  $7.44 \pm 1.38$  anos,  $p = 0.22$ ) e nível de atividade física ( $37 \pm 1.2$  vs  $35 \pm 0.9$  min por semana,  $p = 0.63$ ).

### Inventário da Ansiedade-Estado Competitiva Revisado 2 (CSAI-2R)

Para a autoconfiança, não se verificaram diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.999$ ) e pré-jogo ( $p = 0.184$ ), nem diferença intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.754$ ) e para GD ( $p = 0.844$ ). A ansiedade pré-competitiva o momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 2.26$ , IC 95%: 1.52 a 2.93, figura 3.2A).

A análise de variância mostrou uma interação significativa nos grupos por momento ( $F(2, 144) = 370,7$ ;  $p \leq 0,0001$ ), efeitos principais para grupo ( $F(1, 144) = 313,4$ ;  $p \leq 0.0001$ ) e momento ( $F(2, 144) = 47,28$ ;  $p = 0.003$ ) para estado de ansiedade. A interação revelou uma pontuação maior de autoconfiança no pós-jogo ( $17,40 \pm 1,15$ ) em relação ao LB ( $9,79 \pm 1,53$ ) e pré-jogo ( $10,78 \pm 0,92$ ) para o GV ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 5,62$ , IC 95 %: 4,32 a 6,75 e  $d = 6,36$ , IC 95%: 4,91 a 7,60,

respectivamente). Por sua vez, houve uma diminuição na pontuação da autoconfiança no pós-jogo ( $8.1 \pm 5.7$ ) em relação ao LB ( $10.52 \pm 1.12$ ) e pré-jogo ( $10.79 \pm 1.53$ ) para o GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 0.59$ , IC 95%: 0.01 a 1.15 e  $d = 0.64$ , IC 95%: 0.07 a 1.20, respectivamente).

Para a ansiedade somática, não houve diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.827$ ) e pré-jogo ( $p = 0.265$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.867$ ) e para GD ( $p = 0.215$ ). A ansiedade pré-competitiva no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 9.59$ , IC 95%: 7.51 a 11.37, figura 3.2B).

A análise de variância mostrou uma interação significativa nos grupos por momento ( $F(2, 144) = 309.4$ ;  $p \leq 0.0001$ ), efeitos principais para grupo ( $F(1, 144) = 387.9$ ;  $p \leq 0.0001$ ) e momento ( $F(2, 144) = 22.08$ ;  $p \leq 0.0001$ ) para estado de ansiedade. A interação revelou uma diminuição da pontuação na ansiedade somática no pós-jogo ( $6.16 \pm 0.86$ ) em comparação com LB ( $9.58 \pm 0.88$ ) e pré-jogo ( $10.04 \pm 0.90$ ) para GV ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 3.93$ , IC 95%: 2.93 a 4.81 e  $d = 4.41$ , IC 95%: 3.32 a 5.35, respectivamente). Por sua vez, verificou-se um aumento na pontuação da ansiedade somática no pós-jogo ( $16.12 \pm 1.19$ ) em relação ao LB ( $9.79 \pm 1.10$ ) e pré-jogo ( $10.54 \pm 1.58$ ) para o GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 5.52$ , IC 95%: 4.24 a 6.64 e  $d = 3.99$ , IC 95%: 2.98 a 4.88, respectivamente).

Relativamente à ansiedade cognitiva, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.999$ ) e pré-jogo ( $p = 0.999$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.492$ ) e para GD ( $p = 0.815$ ). A ansiedade pré-competitiva no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 8.42$ , IC 95%: 6.57 a 10.00, figura 3.2C).

A análise de variância revelou uma interação significativa de grupo por momento ( $F(2, 144) = 237.6$ ;  $p \leq 0.0001$ ), efeitos principais para grupo ( $F(1, 144) = 265.4$ ;  $p \leq 0.0001$ ) e momento ( $F(2, 144) = 53.62$ ;  $p \leq 0.0001$ ) para estado de ansiedade. A interação revelou uma diminuição da pontuação na ansiedade cognitiva no pós-jogo ( $6.70 \pm 1.19$ ) em comparação com LB ( $9.16 \pm 1.12$ ) e pré-jogo ( $9.95 \pm 1.78$ ) para GV ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 2.13$ , IC 95%: 1.41 a 2.79 e  $d = 2.15$ , IC 95%: 1.42 a 2.80, respectivamente). Por sua vez, um aumento da pontuação da ansiedade cognitiva no pós-jogo ( $17.37 \pm 1.34$ ) em relação ao LB ( $9.37 \pm 1.05$ ) e pré-jogo ( $10.04 \pm 1.75$ ) para o

GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 6.65$ , IC 95%: 5.14 a 7.94 e  $d = 4.70$ , IC 95%: 3.57 a 5.69, respectivamente).

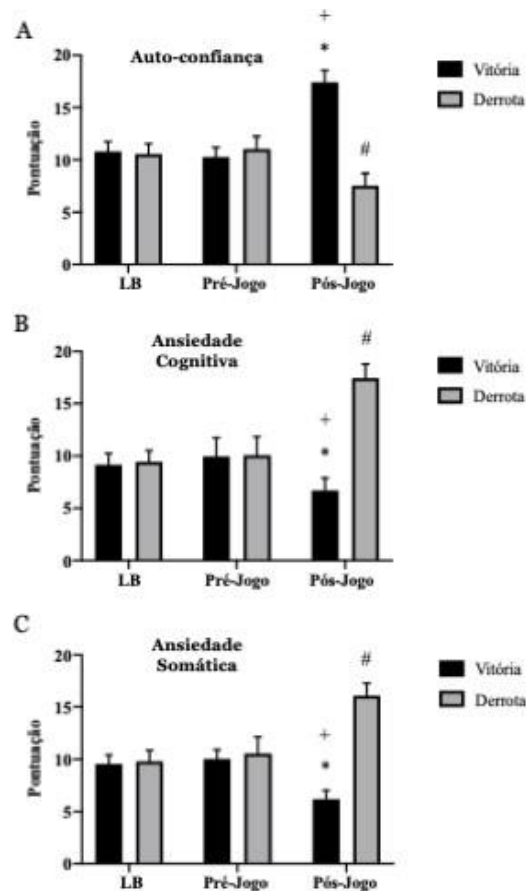


Figura 3.2 - Representação gráfica da CSAI-2R para os grupos vitória e derrota.

## Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Em relação às medidas no domínio do tempo, para RR não houve diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.994$ ) e pré-jogo ( $p = 0.996$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). Em contrapartida, RR no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 15.02$ , IC 95%: 11.83 a 17.73, figura 3.3A). A análise de variância mista apresentou para o intervalo RR uma interação significativa de grupos e momento [ $F(2, 144) = 226.9$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 237.7$ ] e momento [ $F(2, 144) = 95.08$ ]. A interação revelou valores maiores de RR no momento pós-jogo ( $993.44 \pm 4.63$ ) em comparação com os momentos LB ( $950.4 \pm 39.97$ ) e pré-jogo ( $951.28 \pm 36.15$ ) para GV ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 1.51$ , IC 95% : 0.86 a 2.12 e  $p = 0.0002$ ;  $d = 1.64$ , IC 95%: 0,97 a 2,25 respectivamente), ao mesmo tempo em que também apresentou valores reduzidos de R-R no momento pós-jogo ( $749.96 \pm 22.46$ ) em

relação ao LB ( $948.36 \pm 37.02$ ) e pré-jogo ( $949.52 \pm 33.56$ ) para o GD ( $p \leq 0,001$ ;  $d = 6.48$ , IC 95%: 5.01 a 7.75 e  $d = 6.99$ , IC 95%: 5.42 a 8.34 respectivamente).

Para a SDNN, não foram encontradas diferenças entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.991$ ) e pré-jogo ( $p = 0.966$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). No entanto, o SDNN no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 3.73$ , IC 95%: 2.76 a 4.58, figura 3.3B). A análise de variância evidenciou uma interação significativa para grupos e momento para SDNN [ $F(2, 144) = 39.82$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para o grupo [ $F(1, 144) = 32.83$ ;  $p \leq 0.001$ ], e para momento [ $F(2, 144) = 4.263$ ;  $p = 0.001$ ]. A interação revelou valores maiores de SDNN no momento pós-jogo ( $70.76 \pm 3.75$ ) em comparação com os momentos LB ( $61.6 \pm 4.91$ ) e pré-jogo ( $61.76 \pm 4.9$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.13$ , IC 95%:  $62.28 \pm 4.41$ , respectivamente), ao mesmo tempo em que também apresentou valores reduzidos de SDNN no momento pós-jogo ( $57.48 \pm 3.36$ ) em comparação com os momentos LB ( $61.92 \pm 4.97$ ) e pré-jogo ( $62.28 \pm 4.41$ ) para GD ( $p = 0.001$ ;  $d = 1.05$ , IC 95%: 0.44 a 1.62 e  $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.22$ , IC 95%: 0.61 a 1.81 respectivamente).

Para o rMSSD, não foram encontradas diferenças entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.990$ ) e pré-jogo ( $p = 0.899$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). No entanto, o rMSSD no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.79$ , IC 95%: 1.97 a 3.52, figura 3.3C). A análise de variância revelou para rMSSD uma interação significativa para grupos e momento [ $F(2, 144) = 50.92$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 40.26$ ;  $p \leq 0.001$ ], e para momento [ $F(2, 144) = 5.646$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou valores maiores de rMSSD no momento pós-jogo ( $76.96 \pm 2.31$ ) em comparação com os momentos LB ( $72.96 \pm 3.80$ ) e pré-jogo ( $72.12 \pm 2.18$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.27$ , IC 95%: 0.65 a 1.86 e  $p = 0.003$ ;  $d = 2.15$ , IC 95%: 1.43 a 2.81 respectivamente), ao mesmo tempo em que também apresentou valores reduzidos de rMSSD no momento pós-jogo ( $64.4 \pm 5.93$ ) em comparação com os momentos LB ( $73.24 \pm 3.46$ ) e pré-jogo ( $72.8 \pm 3.42$ ) para o GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.82$ , IC 95%: 1.14 a 2.45 e  $d = 1.74$ , IC 95%: 1.06 a 2.36, respectivamente).

Para o pNN50, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.999$ ) e pré-jogo ( $p = 0.422$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.510$ ). Em contrapartida, o pNN50 no momento pós-jogo foi maior no GV do que no GD ( $p \leq$

0.001;  $d = 2.85$ , IC 95%: 2.03 a 3.95, figura 3.3D). A análise de variância mostrou para o pNN50 interação significativa para grupo e momento ( $F(2, 144) = 43.95$ ;  $p \leq 0.001$ ), efeitos principais para grupo ( $F(1, 144) = 29.06$ ;  $p \leq 0.0001$ ), e efeitos principais para o momento ( $F(2, 144) = 47.17$ ;  $p \leq 0.001$ ). A interação revelou uma pontuação maior no pNN50 no pós-jogo ( $7.04 \pm 1.45$ ) em comparação aos momentos LB ( $3.28 \pm 1.13$ ) e pré-jogo ( $3.48 \pm 0.87$ ) para o GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.89$ , IC 95%: 2.06 a 3.83 e  $d = 2.98$ , IC 95%: 2.13 a 3.73, respectivamente), enquanto também não apresentou alterações significativas na pontuação de pNN50 no pós-jogo ( $3.64 \pm 0.86$ ) em relação ao Momentos LB ( $3.38 \pm 1.18$ ) e pré-jogo ( $3.92 \pm 1.11$ ) para o GD ( $p = 0.988$  e  $p = 0.999$ , respectivamente).

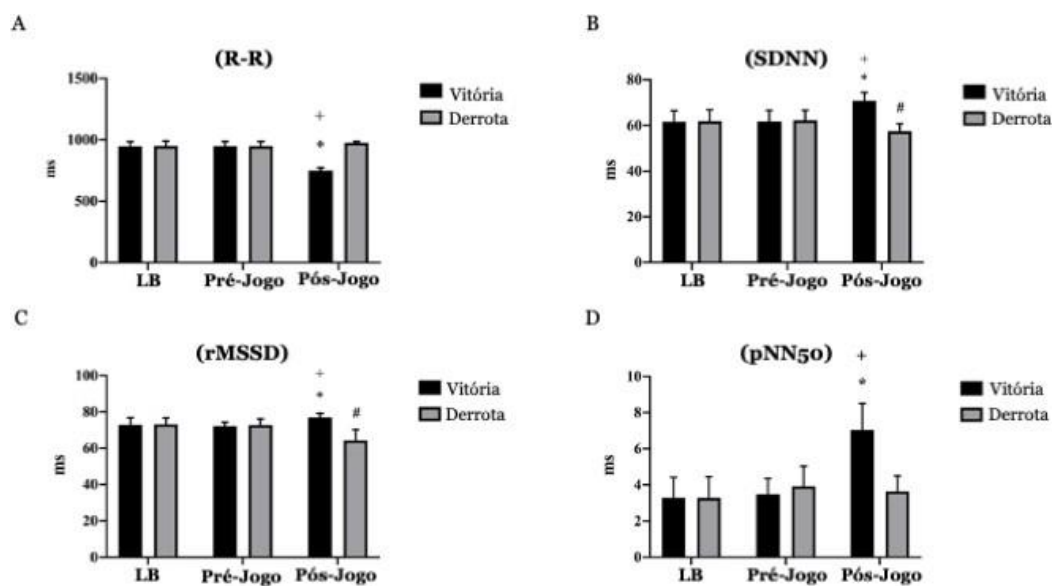


Figura 3.3 - Representações gráficas do R-R, SDNN, rMSSD e pNN50 para grupos vitória e derrota. (A) Intervalo R-R: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (B) SDNN: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e pré-jogo ( $p = 0.001$  e  $p \leq 0.0001$ , respectivamente); (C) rMSSD: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ;  $p = 0.003$  respectivamente), +Diferença significativa em relação ao momento pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (D) pNN50: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ).

Considerando as medidas do domínio da frequência, para HF não houve diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.993$ ) e pré-jogo ( $p = 0.999$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). A HF no momento pós-jogo foi maior no GV do que no

GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 5.09$ , IC 95%: 3.89 a 6.14, figura 3.4A). A análise de variância mostrou uma interação significativa de grupos e momento para HF [ $F(2, 144) = 72.24$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 77.55$ ;  $p \leq 0.001$ ], e para momento [ $F(2, 144) = 10.22$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou valores maiores de HF no momento pós-jogo ( $8.28 \pm 1.20$ ) em comparação com os momentos LB ( $6.08 \pm 1.57$ ) e pré-jogo ( $5.96 \pm 0.88$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.57$ , IC 95% : 0.92 a 2.18 e  $d = 2.20$ , IC 95%: 1.47 a 2.87, respetivamente), enquanto também apresentou valores reduzidos de HF no momento pós-jogo ( $3.24 \pm 0.72$ ) em relação aos momentos LB ( $6.04 \pm 1.54$ ) e pré-jogo ( $5.88 \pm 0.97$ ) para GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.33$ , IC 95%: 1.58 a 3.01 e  $d = 3.09$ , IC 95%: 2.23 a 3.86, respetivamente).

Para o LF, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.986$ ) e pré-jogo ( $p = 0.956$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.941$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). No entanto, o LF no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.0001$ ;  $d = 4.15$ , IC 95%: 3.13 a 5.09, figura 3.4B). A análise de variância mostrou uma interação significativa para grupos e momento para LF [ $F(2, 144) = 81.64$ ;  $p \leq 0.001$ ], efeitos principais para grupo [ $F(1, 144) = 79.13$ ;  $p \leq 0.001$ ] e momento [ $F(2, 144) = 10.22$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou uma diminuição dos valores de LF no momento pós-jogo ( $5.16 \pm 0.85$ ) em comparação aos momentos LB ( $7.72 \pm 1.02$ ) e pré-jogo ( $8.08 \pm 0.86$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.73$ , IC 95% : 1.92 a 3.45 e  $d = 3.42$ , IC 95%: 2.50 a 4.22, respetivamente), enquanto que apresentou valores maiores de LF no momento pós-jogo ( $9.24 \pm 1.09$ ) em comparação aos momentos LB ( $7.8 \pm 0.81$ ) e pré-jogo ( $7.96 \pm 0.88$ ) para o GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.50$ , IC 95%: 0.85 a 2.10 e  $d = 1.29$ , IC 95%: 0.66 a 1.88, respetivamente).

Para o LF-HF, não foram encontradas diferenças entre os grupos nos momentos LB ( $p = 0.870$ ) e pré-jogo ( $p = 0.952$ ), nem diferenças intragrupos entre os momentos LB e pré-jogo para GV ( $p = 0.999$ ) e para GD ( $p = 0.999$ ). Em contrapartida, LF-HF no momento pós-jogo foi menor no GV do que no GD ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 2.59$ , IC 95%: 1.80 a 3.30, figura 3.4C). A análise de variância revelou uma interação significativa para grupos e momento para LF-HF [ $F(2, 144) = 27.55$ ;  $p \leq 0.001$ ], e efeito principal para grupo [ $F(1, 144) = 18.02$ ;  $p \leq 0.001$ ]. A interação revelou uma diminuição dos valores de LF-HF no momento pós-jogo ( $1.42 \pm 0.20$ ) em comparação com os momentos LB ( $2.52 \pm 0.78$ ) e pré-jogo ( $2.44 \pm 0.70$ ) para GV ( $p \leq 0.001$ ;  $d = 1.93$ , CI 95%: 1.23 a 2.57 e  $d = 1.98$ , IC 95%: 1.28 a 2.62, respetivamente), enquanto também mostrou um aumento nos valores de LF-HF no momento pós-jogo ( $3.18 \pm 0.94$ ) em comparação

com os momentos LB ( $2.41 \pm 0.65$ ) e pré-jogo ( $2.34 \pm 0.66$ ) para GD ( $p = 0.004$ ;  $d = 0,95$ , IC 95%: 0.35 a 1.52 e  $p = 0.002$ ;  $d = 1.03$ , IC 95%: 0.43 a 1.61, respetivamente). Em relação às análises de correlação entre os índices EPS-10 e VFC, não encontramos diferença significativa.

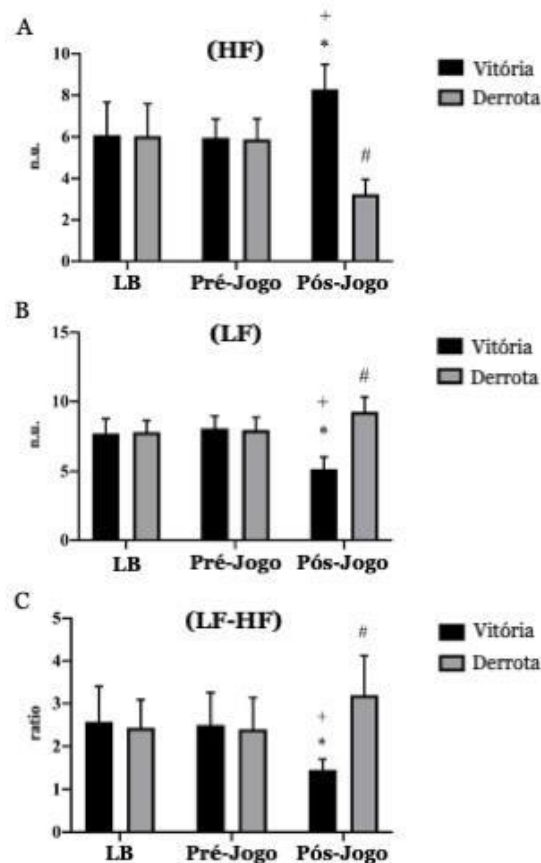


Figura 3.4 - Representações gráficas do HF, LF e LF-HF para grupos vitória e derrota. Representações gráficas do HF, LF e LF-HF para grupos vitória e derrota. (A) HF: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (B) LF: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ); (C) LF-HF: \*Diferença significativa em relação aos momentos LB e Pré-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), +Diferença significativa em relação ao momento Pós-jogo ( $p \leq 0.0001$ ), #Diferença significativa em relação aos momentos BL e Pré-jogo ( $p = 0.004$  e  $p = 0.002$  respetivamente).

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar as respostas da ansiedade competitiva e da VFC antes e depois de partidas bem-sucedidas e mal sucedidas (i.e., vitória e derrota) em jogadores profissionais de *eSports*. De acordo com nossa hipótese,

os vencedores apresentaram menor ansiedade cognitiva e somática, maior autoconfiança e melhores respostas da VFC em comparação aos derrotados que tiveram resultados opostos após a partida.

Vários estudos têm discutido a importância de monitorizar a ansiedade e a VFC em atletas (25-30). No entanto, a maioria dos estudos centrou-se no impacto dos resultados de um jogo na ansiedade pré-competitiva (La Fratta et al., 2021; Covassin & Pero, 2004; Terry et al., 1996; Filaire et al., 2009; Fernández-Fernández et al., 2015), VFC (Pena, 2020) ou respostas de ansiedade competitiva antes e depois de uma competição (Fuentes-García et al., 2022), mas não nos efeitos dos resultados de um jogo na ansiedade competitiva e respostas de VFC em simultâneo. Em consonância com isso, o presente estudo revelou que a vitória e a derrota interferem nas respostas da VFC e da ansiedade. Em relação às respostas de ansiedade, os resultados evidenciaram que o GV teve uma redução significativa dos valores de ansiedade cognitiva e somática, bem como um aumento significativo dos valores de autoconfiança no momento pós-jogo em comparação com os momentos LB e pré-jogo. O GD apresentou comportamentos inversos, com valores de ansiedade cognitiva e somática significativamente maiores, bem como valores de autoconfiança significativamente mais reduzidos no momento pós-jogo em comparação com os momentos LB e pré-jogo. Não obstante, não se verificaram diferenças nos momentos LB e pré-jogo, bem como entre LB e pré-jogo tanto para GV quanto para GD na ansiedade pré-competitiva. Em relação à VFC, os resultados revelaram um aumento significativo de RR, SDNN, rMSSD, pNN50 e HF, e uma diminuição significativa de LF e LF/HF para GV. O DG teve uma diminuição significativa em RR, SDNN, rMSSD e HF, e um aumento significativo em LF e LF/HF. Além disso, não se verificaram diferenças nos momentos LB e pré-jogo, bem como entre os momentos LB e pré-jogo tanto para GV quanto para GD em nenhuma medida.

Os resultados do presente estudo corroboram a literatura atual sobre VFC e ansiedade competitiva, os quais indicam que dependendo da situação podem ocorrer diferentes magnitudes de resposta devido à forte associação entre SNA e ansiedade (Kemp & Quintana, 2013). Portanto, o resultado de uma competição pode contribuir significativamente para as respostas de ansiedade (La Fratta et al., 2021; Covassin & Pero, 2004; Terry et al., 1996; Filaire et al., 2009; Fernández-Fernández et al., 2015; Fuentes-García et al., 2022) e VFC (Pena, 2020). Além disso, estudos recentes têm evidenciado a importância do uso da VFC para monitorizar os jogadores (Britton et al., 2019; Nakamura et al., 2015), assim como a avaliação dos níveis de ansiedade em

desportos de alto rendimento é de extrema importância para o controlo emocional durante toda a competição (Fuentes-García et al., 2022).

Pela análise à literatura, parece que este é o primeiro estudo a analisar o impacto da vitória e da derrota nas respostas da VFC e na ansiedade pré-competitiva. Apesar disso, é possível sugerir que a vitória e a derrota afetam positiva e negativamente os comportamentos da VFC e da ansiedade. Nesse contexto, os resultados do presente estudo considerando os níveis de ansiedade são consistentes com o estudo de Fuentes-García et al. (2022), apesar de apenas analisarem a ansiedade competitiva. Os autores investigaram o impacto da vitória e da derrota na ansiedade pré-competitiva de atletas de ténis durante uma competição internacional e evidenciaram diferenças significativas na ansiedade cognitiva e na autoconfiança ao comparar os valores pré-jogo e pós-jogo entre vencedores e derrotados, com uma redução significativa na ansiedade cognitiva e aumento na autoconfiança pós-jogo para os vencedores. Estes resultados achados reforçam as evidências encontradas no presente estudo de que jogadores vencedores de *eSports* tendem a revelar respostas mais ajustadas na ansiedade cognitiva e somática, autoconfiança e maior ativação parassimpática em comparação aos derrotados. Já Pena (2020) ao analisar a VFC de tenistas juniores durante uma competição internacional observou que os atletas que perderam as suas partidas apresentaram uma redução significativa no PNN50 após a partida em relação aos vencedores. Estes resultados parecem indicar que os derrotados tiveram maior atividade simpática do que os vencedores após a partida.

No geral, a ansiedade pode ser considerada uma falha na capacidade de inibir respostas cognitivas, afetivas, comportamentais e fisiológicas, levando à redução do fluxo vagal e diminuição da VFC. O modelo de integração neurovisceral (Friedman, 2007; Thayer & Lane, 2000) destaca o papel da função inibitória do córtex pré-frontal via nervo vago, que pode ser verificada pela VFC. Com um desequilíbrio simpático/parassimpático relacionado com o desempenho da tarefa (Barnes & Dyne, 2009), dependendo do resultado de tal tarefa, mudanças importantes no funcionamento cerebral podem ocorrer no CPFDL (responsável pelo funcionamento executivo) em diferentes níveis (Ai et al., 2021), levando a alterações no estado psicológico do indivíduo, como a ansiedade (Kemp & Quintana, 2013). Existe uma relação entre funcionamento cognitivo, estado de ansiedade e VFC, uma vez que a conexão cérebro-coração é constante e torna-se importante que esses mecanismos associados atuem e reajam de forma eficiente e modulada (Li et al., 2017). No entanto, o nível de ansiedade altera a VFC por meio do nervo vago (parassimpático) pelo nó

sinoatrial do coração, causando um desequilíbrio simpático/parassimpático (Kemp & Quintana, 2013; Quintana et al., 2012). Além disso, como os jogadores estão constantemente ativos, seja em treino ou competição, o seu desempenho pode afetar o comportamento neurocardíaco, e o resultado de uma partida (vitória e/ou derrota) pode influenciar na determinação do equilíbrio simpático/parassimpático (Britton et al., 2019). Nos *eSports*, a exigência por concentração, atenção, tomada de decisão, ocorrem ao longo da partida para ser eficiente na tarefa (Machado et al., 2021), e essa exigência leva a alterações nos níveis de ansiedade e VFC, influenciando positiva ou negativamente o desempenho da partida.

Não obstante, a teoria polivagal (Porges, 2011) enfatiza o papel do nervo vago mielinizado na promoção do engajamento social e da comunicação, bem como na promoção de estados comportamentais relaxados, inibindo o tônus simpático no coração e amortecendo o eixo hipo-hipófise-adrenal. Com a percepção de que determinado ambiente é seguro, o fluxo vagal aumenta, promovendo regeneração, funções homeostáticas e comportamento social. No entanto, prejuízos nesses processos neurais podem levar a possíveis prejuízos na percepção de que determinados ambientes são seguros, bem como dificuldades na comunicação e interação social, o que pode prejudicar o desempenho dos jogadores durante os treinos e competições. Portanto, a ligação entre ansiedade e déficits na inibição da função simpática, bem como a dificuldade de comunicação e interação social podem ser explicadas pela teoria polivagal.

Os resultados do presente estudo parecem ter implicações importantes para estabelecer a relação entre a redução dos parâmetros da VFC com a ansiedade em jogadores profissionais de *eSports*. Com base em estudos clínicos, indivíduos com transtornos de ansiedade apresentam maior viés de atenção relacionado a pistas ameaçadoras quando comparados com indivíduos sem transtornos de ansiedade (Bar-Haim et al., 2007). Esse comportamento leva a níveis cronicamente altos de corticotropina (libertada em resposta ao stress) e cortisol, levando à atividade parassimpática cronicamente retirada (i.e., baixo tônus vagal) (Barlow, 2000). Além disso, preocupações constantes podem exibir desregulação autonômica cardíaca devido a sinais ameaçadores (Berntson et al., 1988). Desta forma, é possível que o comprometimento da função vagal (crítica na regulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal) (Thayer & Stenberg, 2006) cause maior ativação das respostas ao stress. A incapacidade de se dissociar da detecção de ameaças aumenta a ativação simpática,

devido à retirada crônica da atividade parassimpática (e reduções da VFC em longo prazo).

Em suma, até à data parece que apenas o estudo desenvolvido por Machado et al. (2022) foi o primeiro a investigar o impacto da vitória e derrota em partidas de playoffs na ansiedade competitiva e na VFC em jogadores profissionais de *eSports*. Portanto, mais estudos são necessários para entender melhor o comportamento da VFC e dos estados emocionais (não apenas stress e ansiedade), antes e depois de diferentes resultados (vitória, derrota e talvez empate) em jogadores profissionais de *eSports*. Esses estudos também são relevantes para a compreensão do comportamento dessas variáveis ao longo do período competitivo, fornecendo informações sólidas para possíveis intervenções no processo de recuperação dos atletas entre os jogos e ao longo da competição.

Este estudo apresentou resultados importantes, embora exploratórias, para jogadores e treinadores profissionais de *eSports*. De uma forma global, os resultados indicam que a vitória e a derrota nos *playoffs* provocam respostas diferentes na VFC e no estado de ansiedade. Como implicação prática, podemos aconselhar a utilização da VFC como ferramenta de otimização do treino através da quantificação das cargas de treino (Borresen & Lambert, 2009), bem como da análise e organização dos programas de treino (Tonnesen et al., 2014), de forma a permitir uma avaliação, monitorização, recuperação e melhoria de desempenho. A VFC desempenha um papel importante na monitorização da fadiga e/ou respostas de desempenho ao excesso de treino ou sobrecarga funcional (Meeusen et al., 2013), que influenciam o estado emocional (Thayer & Lane, 2000).

Em consonância com isso, o rMSSD é o indicador mais utilizado em repouso (Buchheit, 2014), pois é eficaz na identificação do nível geral de fadiga, embora não permita o agrupamento de diferentes subcategorias de fadiga (Buchheit, 2014). Assim, estes resultados devem ser levados em consideração por atletas e treinadores de *eSports*, pois podem ser usados para avaliar, monitorizar, recuperar e preservar a eficiência no treino e no desempenho do jogo. Apesar das implicações práticas deste estudo, o mesmo apresenta algumas limitações: (i) não foi analisado a ansiedade competitiva e a VFC de jogadores de *eSports* durante o jogo, apenas antes e depois; (ii) não houve comparação dos parâmetros de ansiedade competitiva e VFC entre jogadores com diferentes funções na equipa. Deste modo, estudos futuros, deverão tentar fazer um esforço e analisar os efeitos de recursos ergogênicos para melhorar o desempenho

cognitivo e neuromotor usando cafeína (Sainz et al., 2020) e técnicas de estimulação cerebral não invasivas, como a ETCC (Machado et al., 2021).

## **Conclusão**

Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento da ansiedade competitiva e da VFC em diferentes resultados de partidas de *playoffs* em jogadores profissionais de *eSports*. Os resultados evidenciaram que o GV apresentou melhores respostas da VFC (maior ativação parassimpática), assim como menores níveis de ansiedade cognitiva e somática, bem como maiores níveis de autoconfiança no momento pós-jogo, enquanto o GD apresentou piores respostas da VFC (maior ativação simpática) e maiores níveis de ansiedade cognitiva e somática e menores níveis de autoconfiança no mesmo momento de jogo. Contudo, são necessários mais estudos para analisar o comportamento da VFC e outras variáveis emocionais (e.g., humor, autoeficácia) antes, durante e após o término de partidas competitivas de *eSports* em diferentes resultados (vitória, derrota e talvez empate), bem como o uso de diferentes recursos ergogênicos para melhorar neurocognição e neuromotora atuação.

## Capítulo 5

# A estimulação transcraniana por corrente contínua anódica reduz a ansiedade competitiva e modula a variabilidade da frequência cardíaca em um jogador de *eSports*

### Resumo

Pesquisas anteriores mostraram recentemente que ansiedade cognitiva e somática elevadas e baixa autoconfiança, antes e durante as competições desportivas, têm uma correlação significativa com as alterações da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e podem reduzir o desempenho atlético geral. Portanto, intervenções, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), podem ser consideradas como uma ferramenta potencial para reduzir as respostas psicofisiológicas relacionadas com a ansiedade e melhorar o desempenho atlético. Desta forma, apresenta-se um caso de um atleta profissional de *eSports* masculino. Foram explorados os efeitos de uma única sessão de ETCC anódica (ETCC-a) a 2mA sobre o córtex pré-frontal dorsolateral (CPFDL) na ansiedade competitiva e na VFC avaliada nos momentos de linha de base (LB), pré-ETCC, pós-ETCC e pós-jogo e comparados entre os momentos. Os resultados revelaram uma diminuição da ansiedade somática e cognitiva, bem como um aumento da autoconfiança e do desvio padrão da média do intervalo NN qualificado (SDNN) no momento pós-ETCC em comparação com os momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo. Estes resultados podem ser explicados por uma mudança aguda no estado atencional, influenciando o processamento de informações referentes a possíveis situações de ameaça provenientes do jogo que são essenciais para a ansiedade cognitiva, e por mudanças no processo autorregulatório emocional, que pode regular a resposta de excitação fisiológica, como a VFC.

**Palavras-chave:** ansiedade, córtex pré-frontal dorsolateral, variabilidade da frequência cardíaca, VFC, estimulação transcraniana por corrente contínua, ETCC

## **Caro editor,**

Os desportos eletrônicos (*eSports*) dependem muito mais das habilidades cognitivas e psicológicas para o desempenho desportivo do que os desportos tradicionais (Himmelstein et al., 2017). A literatura tem evidenciado que a ansiedade competitiva, assim como a autoconfiança são fatores extremamente importantes no contexto do desempenho de *eSports* (Mendoza et al., 2021), porém parece não existirem estudos que examinem a ansiedade competitiva como fator determinante no resultado de um jogo, bem como sobre os efeitos da estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC) na ansiedade competitiva em atletas de *eSports* (Machado et al., 2021). Não obstante, estudos recentes demonstram que a ansiedade cognitiva e somática elevada e a baixa autoconfiança, antes e durante as competições desportivas, apresenta correlações significativas direta (Mateo et al., 2012) e inversa (Morales et al., 2013) com as alterações da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), o que pode fornecer informações úteis sobre as respostas psicofisiológicas individuais associadas ao desempenho atlético (Moreira et al., 2021). Até à data os estudos sobre o impacto da ETCC na ansiedade competitiva e na VFC no campo dos *eSports* são escassos onde. Neste sentido, intervenções, como ETCC, podem ser consideradas como uma ferramenta potencial para modular as respostas psicofisiológicas relacionadas com a ansiedade e melhorar o desempenho atlético (Machado et al., 2021; Machado et al., 2022).

A ETCC é uma técnica de estimulação cerebral não invasiva, que emite correntes elétricas fracas (1-2 mA) usando dois elétrodos aplicados no couro cabeludo para induzir alterações prolongadas na excitabilidade cortical mesmo após o término da estimulação (Kronberg et al., 2017; Dell’Osso & Altamura, 2014). A corrente anódica aumenta a excitabilidade cortical, favorecendo a despolarização da membrana neuronal, enquanto a corrente catódica tem efeito inibitório, causando hiperpolarização da membrana neuronal (Nitsche et al., 2003). Esses efeitos, dependendo da intensidade e duração da corrente elétrica imposta pelo ETCC, podem durar mais de uma hora (Nitsche et al., 2003). A ETCC não produz potenciais de ação nas áreas cerebrais alvo, ao contrário, a ETCC modula o potencial de repouso da membrana neuronal, levando a alterações na transmissão sináptica (Cantone et al., 2021).

Em geral, atletas profissionais lidam com diversas fontes de stress durante uma competição, que podem afetar estados emocionais e de ansiedade (Palazzolo, 2020). A ansiedade competitiva e a autoconfiança são especialmente importantes no contexto do

desporto e podem ser um fator determinante no resultado de uma competição (craft et al., 2003). Antes de uma competição (Mellalieu et al., 2009), por exemplo, várias áreas cerebrais são ativadas e inibidas por estruturas do sistema límbico, como o córtex pré-frontal medial, o hipocampo e a amígdala, que enviam aferentes multissinápticos para o tronco encefálico e ativadores hipotalâmicos do cérebro ao eixo hipotálamo-hipófise-adrenocortical (HPA) e ao sistema nervoso autónomo (SNA) (Ulrich-Lai & Herman, 2009). Devido à ETCC ser considerada uma ferramenta potenciadora da atividade cerebral, uma vez que a ETCC tem demonstrado melhorias nas funções cognitivas (Machado et al., 2021; Físicaro et al., 2022) e alterações nas respostas da variabilidade da frequência cardíaca (Schmauber et al., 2022), acreditamos que a ETCC-a aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL) regule a ansiedade e o controlo autónomo, uma vez que o CPF DL é uma das principais áreas responsáveis pela regulação emocional e respostas psicofisiológicas (Cerqueira et al., 2008).

Para tal, foi recrutado um atleta profissional do sexo masculino, de 20 anos, com seis anos de experiência na prática do jogo *Counter Strike: Global Offensive*, sem doenças neuropsiquiátricas ou osteoarticulares, e sem uso de qualquer tipo de bebida como cafeína, álcool ou drogas no dia anterior ao experimento. O jogador foi exposto a um jogo decisivo no campeonato *CS: GO PGL Major Championship Fall*. O experimento respeitou a declaração de Helsinquia (2013) e ocorreu logo após a assinatura pelo jogador do termo de consentimento informado. Assim, 48 horas antes do jogo, o jogador foi familiarizado com o Inventário de Ansiedade do Estado Competitivo Revisado - 2 (CSAI-2R) e as medidas da VFC. Vinte e quatro horas antes do jogo (i.e., momento de linha de base - LB) o jogador respondeu ao CSAI-2R (Fernandes et al., 2013) e a VFC foi registada em repouso durante 10 minutos (Task Force of the European Society of Cardiology., 1996). Trinta minutos antes da aplicação da ETCC (ou seja, momento pré-ETCC) e imediatamente após a aplicação da ETCC (ou seja, momento pós-ETCC) antes do início do jogo, foram realizados o CSAI-2R e 10 minutos de registo da VFC pelo mesmo investigador (figura 4.1). Ambas as sessões foram realizadas na “*game house*” entre as 14:00 e as 17:00h para evitar efeitos circadianos no desempenho psicológico e autónomo, e foram conduzidas também pelo mesmo investigador. O jogador sentou-se numa cadeira confortável para aquisição de HRV, assim como para o preenchimento do CSAI-2R, e para receber a ETCC-a.

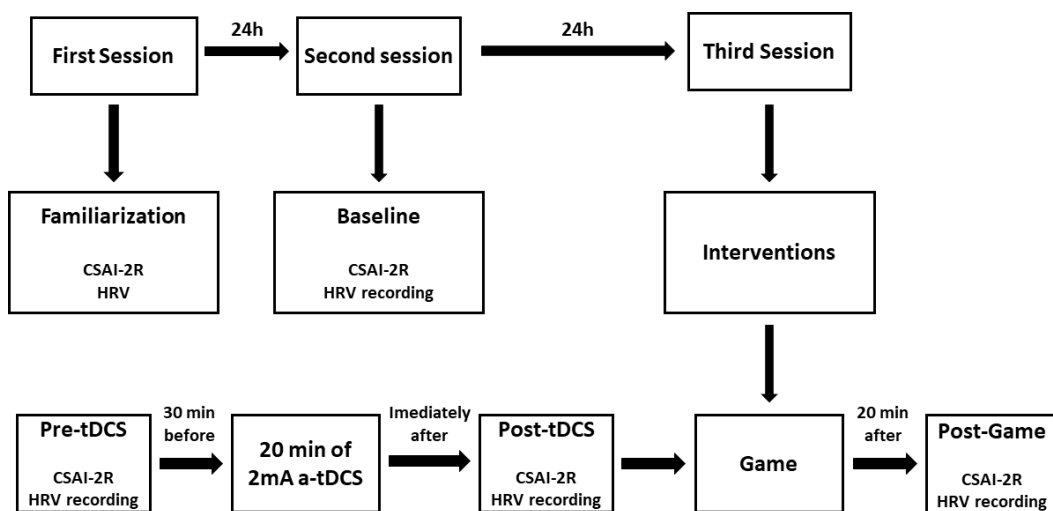


Figura 4.1 – Desenho experimental.

Considerando que a ETCC-a sobre o CPF DL esquerdo administrado a 2 mA por 20-30 min com elétrodos entre 9 e 25 cm<sup>2</sup> melhora agudamente as funções cognitivas centrais (i.e., memória de trabalho, tomada de decisão, atenção e multitarefa) (Machado et al., 2021), assim, foi administrado a ETCC-a a 2 mA durante 20 min usando um par de elétrodos de 25 cm<sup>2</sup> cobertos por esponjas embebidas em solução salina (NaCl 140 mmol dissolvido em mili-q água) colocados no couro cabeludo por meio de faixas elásticas, conectada a um estimulador (TCT, Hong Kong, China). O eletrodo anódico foi colocado verticalmente sobre o CPF DL esquerdo localizado na área do eletrodo F3, e o catódico também foi colocado verticalmente sobre o córtex orbitofrontal direito (COF) localizado no eletrodo FP2 de acordo com o sistema internacional 10-20 de eletroencefalografia (EEG) (Jasper, 1958).

Considerando o CSAI-2R, para os componentes somáticos e cognitivos, podem ser observados valores menores no pós-ETCC em relação aos valores dos momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo. Para a componente de autoconfiança, podem ser observados valores mais elevados no momento pós-ETCC em relação aos valores nos momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo (figura 4.2A). Os dados da VFC foram registados em repouso durante 10 minutos nos momentos pré- e pós-jogo (RS800 Precision Performance versão 4.01.029, Polar, Finlândia). A VFC foi importada para um software específico (KUBIOS HRV - HEART RATE VARIABILITY ANALYSIS - VERSION 3.0.2, 2017), e analisada sob o domínio do momento, extraindo os seguintes dados derivativos apenas para SDNN (desvio padrão das faixas de RR normal-normal) (Cantone et al., 2021). O

SDNN reflete todos os componentes cíclicos responsáveis pela variabilidade da frequência cardíaca durante o registo (Task Force of the European Society of Cardiology, 1996), portanto, influencia tanto os componentes simpáticos como os parassimpáticos do sistema nervoso autônomo. O aumento dos valores de SDNN significa que há uma predominância da atividade parassimpática sobre a atividade simpática, porém quando ocorre o contrário (i.e., valores reduzidos de SDNN) há um predomínio da atividade simpática sobre a atividade parassimpática [19]. O SDNN foi maior no momento pós-ETCC comparado aos valores dos momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo (figura 4.2B).

Em relação à tolerabilidade à aplicação da ETCC, o jogador relatou por meio do questionário de efeitos adversos (Brunoni et al., 2011) alguns efeitos leves (e.g., dor no couro cabeludo, formigamento, coceira, sensação de queimação e vermelhidão da pele) durante a sessão de ETCC. Este questionário explica se o participante experimentou algum evento adverso e sua relação com a sessão de ETCC. O questionário é composto por questões categóricas com pontuação que varia de 0 a 5, sendo 0 - nenhum, 1 - muito leve, 2 - leve, 3 - moderado, 4 - grave, 5 - muito grave, e foi aplicado após a sessão de ETCC verificar a ocorrência de 13 sintomas durante ou após a sessão de ETCC.

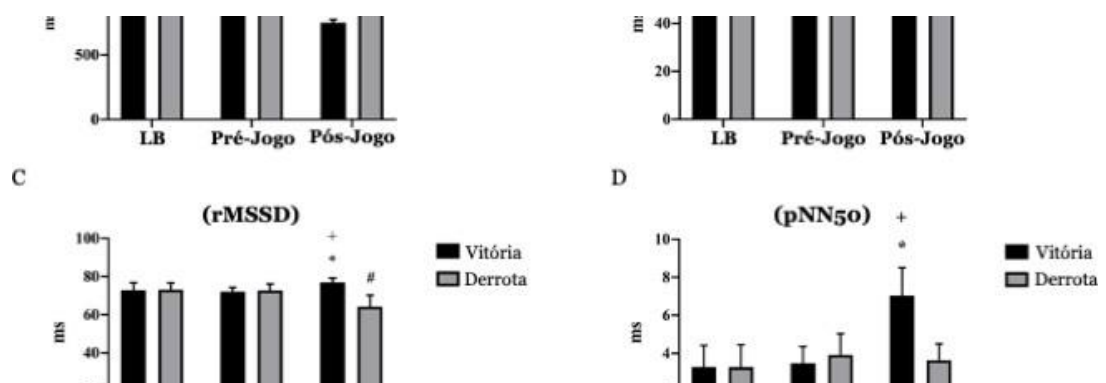


Figura 4.2 - Comportamento da ansiedade e variabilidade da frequência cardíaca antes e depois de um jogo competitivo de *eSports*.

Em relação às respostas psicológicas à competição, e de acordo com nossas expectativas, os resultados encontrados parecem corroborar o estudo desenvolvido por Mehrsavar et al. (2020) onde revelaram uma diminuição aguda na ansiedade somática e cognitiva após a aplicação de ETCC-a sobre o CPFDL, contudo em sentido oposto aos resultados encontrados no presente estudo de caso, a autoconfiança permaneceu inalterada. A literatura tem evidenciado que os atletas com maior autoconfiança são os que melhor controlam os seus níveis de stress em condições competitivas (Mullen et al.,

2009). Assim, a aplicação da ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo parece ter influenciado positivamente a autoconfiança no momento pós-ETCC, imediatamente antes do início do jogo competitivo. Estes resultados podem ser explicados por um processo de autorregulação emocional, que pode regular a resposta de excitação fisiológica, como a VFC (Appelhaus & Luecken, 2006). Além disso, Clarke et al. (2014) evidenciaram que a ETCC-a aplicado sobre o CPFDL alterou agudamente o estado de atenção, o que influencia o processamento de informações ameaçadoras, essencial para a ansiedade cognitiva. Por fim, o estudo de Sagliano et al. (2016) indica que a regulação *top-down* de emoções negativas, como ansiedade, foi associada ao aumento da atividade no CPFDL esquerdo e diminuição no CPFDL direito, o que parece justificar os resultados encontrados através de ETCC-a aplicado sobre o CPFDL esquerdo.

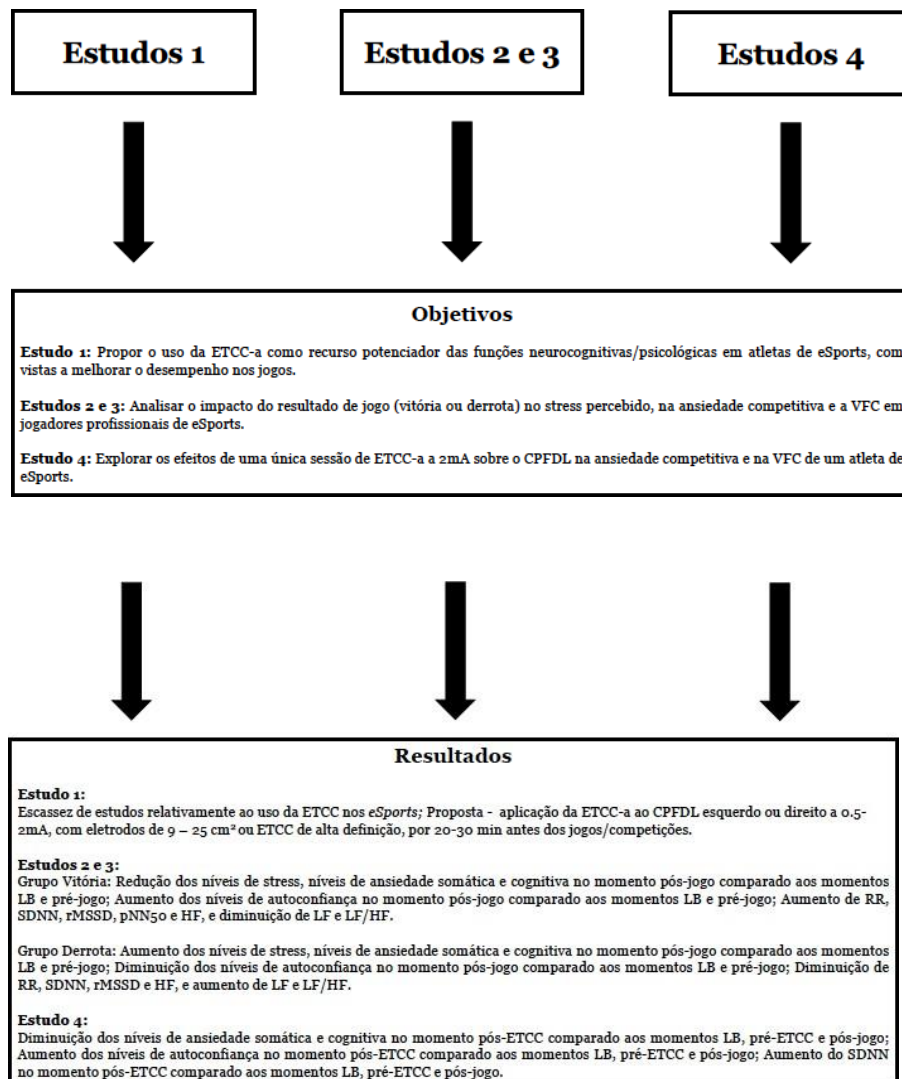
No que respeita aos mecanismos subjacentes à ETCC, a literatura ainda é escassa, e mais evidências são necessárias. Especulamos que a aplicação do ETCC-a sobre CPFDL levou a um aumento na modulação parassimpática (i.e., sistema vagal) ou a uma redução da modulação simpática (i.e., ativação da amígdala e ínsula) (Sagliano et al., 2016). Devido ao córtex pré-frontal ventromedial (CPFVM) e COF estarem localizados abaixo do CPFDL e o seu envolvimento no processamento afetivo/emocional é provável que uma possível modulação adjacente possa ter influenciado na ansiedade (Viviani, 2014). Portanto, a ETCC-a pode ter contribuído para um equilíbrio autonômico observado pelo aumento da SDNN, o que significa uma predominância da atividade parassimpática sobre a atividade simpática (Viviani, 2014), e para uma regulação emocional demonstrada pela melhoria da ansiedade geral, o que provavelmente contribuiu para um bom desempenho no jogo.

Como limitações, os estudos de casos são exploratórios e não permitem generalizar os resultados devido à falta de randomização, grupo controlo e estímulo *sham*, porém abrem novas perspectivas para criar hipóteses e levar a investigações posteriores com outros desenhos. Portanto, sugerimos que o ETCC-a possa ser usado numa amostra com um número maior de jogadores de *eSports*. Além disso, o uso de ETCC não focal pode ter influenciado outras áreas corticais, o que torna difícil averiguar se nossos resultados foram exclusivamente devidos à estimulação isolada do CPFDL.

# Capítulo 6

## Discussão Geral

O principal objetivo deste trabalho foi propor o uso de potenciais ferramentas ou recursos para a melhoria de desempenho cognitivo dos praticantes de *eSports*. Procurámos ainda investigar o impacto do resultado de um jogo de *playoff* sobre o estado de stress percebido e a ansiedade competitiva, bem como o efeito da ETCC como recurso para melhorar o desempenho cognitivo num jogador profissional de *eSports* antes de um jogo de *playoff*. Para atingir esse objetivo, foram realizados quatro estudos, cada um com sua importância no objetivo final. Abaixo apresentamos uma figura resumindo os principais pontos dos estudos produzidos para esta tese (figura 5.1), com o intuito de facilitar um melhor entendimento e fluidez na discussão dos nossos resultados.



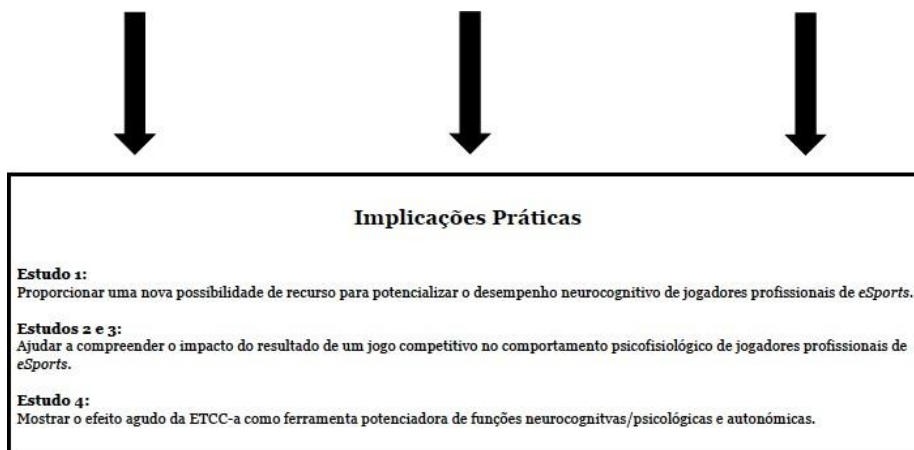


Figura 5.1 – Resumo dos principais achados e implicações práticas do experimento.

O trabalho inicial desta tese foi realizar uma revisão de literatura em formato de perspectiva, propondo o uso da ETCC como um potencial recurso para o aprimoramento do funcionamento cognitivo nos *eSports*. O estudo inicial (capítulo 2) revelou que não existem informações sobre a aplicação de ETCC como recurso para melhorar o funcionamento cognitivo nos *eSports*, mas ainda assim, foi possível propor o uso da ETCC como potencial recurso para aprimorar o funcionamento cognitivo nos *eSports*, com base na literatura existente sobre os efeitos da ETCC no funcionamento cognitivo de atletas de outros desportos (Friehs et al., 2020; Borducci et al., 2016) e de jogadores de videogame (Friehs et al., 2021).

A ETCC vem sendo bastante utilizada para investigar a interação cérebro-desempenho cognitivo (Mancuso et al., 2016). E por isso, entendemos que a ETCC possa ser uma ferramenta eficaz no aprimoramento das funções cognitivas dos atletas de *eSports*, conseqüentemente podendo levar a melhora de desempenho nos jogos. Sendo assim, alguns estudos têm tentado discutir maneiras de melhorar o funcionamento cerebral, e conseqüentemente, o funcionamento cognitivo e psicológico em indivíduos sadios não atletas (Friehs et al., 2018; Friehs et al., 2019; Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Stramaccia et al., 2017; Floel et al., 2012; Jeon & Han, 2012; Loftus et al., 2015; Friehs e Frings, 2019; Oliveira et al., 2013), atletas (Friehs et al., 2020; Borducchi et al., 2016) e jogadores de videogame (Friehs et al., 2021). Por exemplo, a metanálise de Mancuso et al. (2016) mostrou um efeito significativo, apesar de pequeno, na memória de trabalho proveniente da aplicação de ETCC-a por 20 min a 2mA sobre os córtices pré-frontal dorsolateral (CPFDL) esquerdo e direito em

indivíduos saudáveis não atletas. Já Nikolín et al. (2017) demonstrou que a aplicação de ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo por 20 min a 2mA adicionada à uma tarefa de memória de trabalho em indivíduos saudáveis não atletas melhorou o tempo de resposta na tarefa, mas não a precisão. Portanto, tais evidências sugerem um potencial efeito da ETCC-a no funcionamento cognitivo e psicológico.

O estudo de Borducci et al. (2016) mostrou que a aplicação de ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo a 2 mA, com eletrodos de 25 cm<sup>2</sup>, por 20 min, por 10 dias da semana consecutivos em atletas de judô, ginástica rítmica e natação melhorou a atenção alternada, sustentada e dividida que são funções importantíssimas para o desempenho dos *eSports*. E o estudo de Friehs et al. (2021) investigou os efeitos da ETCCa comparada a ETCC-c com eletrodos de 9cm<sup>2</sup> a 0,5 mA, por 19 min sobre o DLPFC esquerdo de jogadores de basquetebol. Foi observado melhor desempenho em favor da ETCC-a, com uma redução do efeito de interferência provocada pela tarefa. E por fim, Fries et al. (2021) evidenciaram os efeitos significativos da ETCC-a comparada a ETCC placebo sobre o controle inibitório numa tarefa de tempo de reação em jogadores de videogame. Os autores aplicaram a ETCC-a 0,5 mA, com eletrodos de 9 cm<sup>2</sup>, aplicada por 19 minutos sobre o DLPFC direito.

Tais resultados ainda são preliminares, mas nos permitem criar um racional neurofisiológico para o uso da ETCC-a nos *eSports*, que seria o uso da ETCC-a aplicada ao CPFDL esquerdo a 2mA, com eletrodos entre 9 e 25cm<sup>2</sup>, por 20-30 minutos imediatamente antes dos treinamento e jogos. Vale lembrar que o tempo de 20-30 minutos é suficiente para promover efeito *priming* por até 120 minutos após o término da estimulação (Nitsche & Paulus, 2001) E os mecanismos por trás desse racional advém da pré-ativação do cérebro, também conhecida como efeito *priming* ou *neuropriming* (Machado et al., 2021). O efeito *priming* se dá ao expor um indivíduo a um determinado estímulo subconscientemente (i.e., em nosso caso a ETCC), e este estímulo influencia a resposta a um estímulo subsequente (isto é, processamento cognitivo) (Hauptmann & Karni, 2002). Portanto, a proposta é utilizar a ETCC-a como um *neuropriming*, induzindo um estado temporário de hiperplasticidade cerebral, reforçando a capacidade de processamento cerebral, construindo conexões neurais mais fortes e otimizadas para o processamento cognitivo (Hurley & Machado, 2017). Dessa forma, esse estado de hiperplasticidade pode permitir que os eAtletas melhorem seu processamento cognitivo mais rapidamente. Com isso, a ETCC-a parece ser uma ferramenta vantajosa para o aprimoramento de desempenho por meio da modulação aguda de funções cognitivas (Friehs et al., 2021; Borducchi et al., 2016).

Os estudos subsequentes (estudos 2 e 3) foram realizados para analisar o impacto do resultado de um jogo de playoff sobre a percepção de stress e a VFC, e a ansiedade competitiva e VFC em jogadores de eSports profissionais. No que diz respeito aos resultados da percepção de stress, foi observado que os jogadores vencedores tiveram pontuações significativamente menores no momento pós-jogo para os níveis de stress percebido comparados aos momentos de LB e pré-jogo. Por sua vez, os jogadores derrotados apresentaram o padrão inverso ao dos vencedores, ou seja, tiveram pontuações significativamente maiores no momento pós-jogo para os níveis de stress percebido comparados aos momentos de LB e pré-jogo. Sobre os resultados da ansiedade competitiva, foi revelado que os jogadores vencedores obtiveram pontuações significativamente menores para ansiedade cognitiva e somática, bem como significativamente maiores para autoconfiança no momento pós-jogo em comparação com os momentos LB e pré-jogo. Por outro lado, os jogadores derrotados revelaram resultados inversos, com pontuações significativamente maiores para ansiedade cognitiva e somática e significativamente menores para autoconfiança no momento pós-jogo em relação aos momentos LB e pré-jogo. Por fim, em relação aos resultados de VFC, em ambos estudos foi observado que os jogadores vencedores tiveram um aumento significativo dos índices RR, SDNN, rMSSD, pNN50 e HF, e uma diminuição significativa de LF e LF/HF, enquanto os jogadores derrotados tiveram uma diminuição significativa de RR, SDNN, rMSSD e HF, e um aumento significativo em LF e LF/HF no momento pós-jogo comparado aos momentos LB e pré-jogo.

Podemos justificar tais resultados devido as fortes demandas mentais exigidas aos atletas de *eSports*, pois os mesmos competem em ambientes de alta pressão e competitividade, que são muito similares aos ambientes de desportos mais tradicionais (Machado et al., 2021). Como o resultado de uma competição pode ser motivo de mudanças significativas no funcionamento psicofisiológico (Broodryk et al., 2021), há uma necessidade por parte desses atletas de desenvolverem e aperfeiçoarem suas habilidades cognitivas (pensamento estratégico, tomada de decisão e inteligência, atenção sustentada, planejamento, memória de trabalho e controle inibitório, comunicação adequada com a equipe) para alcançar seus níveis ideais de atuação (Himmelstein et al., 2017). Por exemplo, o estudo de Fuentes-García et al. (2022) investigaram o impacto da vitória e da derrota na ansiedade pré-competitiva de atletas de tênis durante competição internacional. Os autores verificaram uma redução significativa na ansiedade cognitiva e aumento na autoconfiança pós-jogo para os vencedores comparados aos perdedores. Já o estudo de Pena (2020) revelou uma

redução significativa de pNN50 para os tenistas juniores vencedores comparados aos perdedores após uma partida numa competição internacional. Broodryk et al. (2021) mostraram que jogadoras de futebol apresentaram respostas positivas à vitória e respostas negativas à derrota em variáveis fisiológicas (comportamento hormonal) e psicológicas (ansiedade e humor) durante jogos de *playoff*.

Todos esses resultados sugerem respostas mais ajustadas na ansiedade cognitiva e somática, autoconfiança, stress e maior ativação parassimpática em relação aos perdedores. Esses resultados são reflexo de um desequilíbrio no sistema simpático/parassimpático via nervo vago (parassimpático) (Barnes e Van Dyne, 2009; Quintana et al., 2012; Kemp e Quintana, 2013), que desencadeia mudanças na atividade do córtex pré-frontal em diferentes níveis (Ai et al., 2021), e conseqüentemente alteram o estado psicológico do indivíduo (Habay et al., 2021). Isso ocorre, pois existe uma forte relação entre funcionamento cognitivo, estado psicológico e VFC (Lin et al., 2017), já que a conexão cérebro-corção é constante e responsável pelo funcionamento eficiente e modulado desses mecanismos (You et al., 2021). Em geral, o stress e a ansiedade ocorrem pela falha na capacidade de inibir respostas cognitivas, afetivas, comportamentais e fisiológicas, levando à redução do fluxo vagal e diminuição da VFC (Thayer & Stenberg, 2006).

Os jogadores de *eSports* precisam de funcionamento cognitivo em todos os momentos, principalmente concentração, para serem eficientes nos jogos (Machado et al., 2021) e essa demanda pode provocar alterações na percepção de estresse, na ansiedade e VFC, favorecendo ou não o desempenho do jogo. E como os atletas estão constantemente envolvidos em treinos ou competições, e essa experiência pode afetar o comportamento neurocardíaco e os resultados (vitória e derrota), estabelecendo ou não um equilíbrio do sistema simpático/parassimpático (Britton et al., 2019; Broodryk et al., 2021).

Esses resultados são extremamente importantes para entendermos o funcionamento do comportamento psicofisiológico dos jogadores de *eSports* perante o resultado de um jogo ou competição. Devido a estreita relação entre o comportamento psicológico (e.g., stress, ansiedade) e o autonómico (e.g., VFC) (Kemp e Quintana, 2013), ainda é necessário um maior aprofundamento sobre o assunto no desporto (Broodryk et al., 2021; Machado et al., 2022ab), já que essas informações têm grande relevância para avaliação, monitoramento, recuperação e aperfeiçoamento do

desempenho entre os jogos e ao longo da competição (Borrensens e Lambert, 2009; Tonnessen et al., 2014; Nakamura et al., 2015).

Por fim, o último estudo (capítulo 5) demonstrou uma diminuição da ansiedade somática e cognitiva, bem como um aumento da autoconfiança no momento pós-ETCC (imediatamente antes do jogo) em comparação com os momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo. Foi também observado um aumento no SDNN no momento pós-ETCC (imediatamente antes do jogo) comparado aos momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo.

Esse relato de caso nos traz resultados bastante interessantes pois mostra um possível efeito da ETCC-a na ansiedade e VFC após um jogo de playoff onde o atleta saiu-se vitorioso. As respostas psicológicas ao jogo, e de acordo com nossas expectativas, podem ser sustentadas pelo estudo Mehrsifar et al. (2020) que revelou uma diminuição aguda na e ansiedade cognitiva após a aplicação de a-tDCS sobre o CPFDL. Porém, ao contrário de nós, a autoconfiança permaneceu inalterada. Além disso, de acordo com a literatura, os atletas que melhor administram o stress competitivo são os que demonstram ter maior autoconfiança (Muellen et al., 2009). Dessa maneira, parece que o uso da ETCC-a sobre o CPFDL esquerdo provocou um aumento da autoconfiança no momento pós-ETCC, ou seja, antes do início do jogo. Tais resultados podem ser fruto de uma auto-regulação emocional, que consequentemente regulam as respostas de excitação fisiológica, como VFC (Appelhans & Luecken, 2006). Adicionalmente, Clarke et al. (2014) mostraram que a ETCC-a aplicada sobre o CPFDL altera agudamente a atenção, e que esse estado alterado influencia o processamento de informações relacionadas a situações ameaçadoras que são essenciais para a ansiedade cognitiva. Outro importante ponto é que a regulação *top-down* das emoções negativas, como a ansiedade, foi associada ao aumento da atividade no CPFDL esquerdo e diminuído no CPFDL direito [25], o que justifica nossos achados por meio de a-tDCS aplicado sobre a esquerda CPFDL.

Com relação aos mecanismos subjacentes à alteração no comportamento da VFC em função do uso da ETCC-a, a literatura ainda é escassa, e mais evidências são necessárias. Nós especulamos que a aplicação do ETCC-a sobre CPFDL levou a um aumento na modulação parassimpática (sistema vago) ou a uma redução da modulação simpática (ativação de amígdala e ínsula) (Sagliano et al., 2016). Sendo assim, por conta da localização mais aproximada dos CPFVM e COF ao CPFDL, e seu envolvimento no processamento afetivo/emocional é provável que essas áreas tenham sido indiretamente estimuladas, e portanto, ter influenciado no estado de ansiedade

(Viviani, 2014). Portanto, a ETCC-a parece ter levado ao aumento do SDNN, o que significa uma predominância da atividade parassimpática sobre a simpática atividade (Viviani, 2014), e a uma regulação emocional demonstrada pela redução ansiedade somática e cognitiva, que provavelmente contribuiu para um bom desempenho no jogo.

Embora os resultados sejam exploratórios, este estudo parece trazer contribuições importantes para atletas e treinadores de *eSports*. Nesse sentido, foi possível discutir e observar que a aplicação da ETCC anódica como uma pré-ativação cerebral antes dos treinos e jogos com intuito de melhorar o desempenho pelo aprimoramento do funcionamento cognitivo, ansiedade competitiva e VFC. Além disso, foi investigado também o impacto do resultado dos jogos na percepção de stress e ansiedade cognitiva, assim como no comportamento da VFC dos atletas de *eSports*. Estes resultados servem como ferramentas, que podem ser utilizadas para otimizar o treino e a preparação através da quantificação das cargas de treino (Borresen & Lambert, 2009), bem como da análise do programa de treino (Tønnessen et al., 2014), permitindo avaliação, monitorização, recuperação e melhoria no desempenho.

# Capítulo 7

## Conclusão Geral

Tomando em consideração os principais objetivos da presente tese explanados nos quatro estudos realizados os resultados podem ser resumidos nos seguintes pontos-chave:

- i. A revisão demonstrou que a literatura ainda é escassa com respeito ao uso da ETCC nos *eSports*, assim como trouxe a hipótese de se utilizar a ETCC como um potencial recurso para aprimorar o funcionamento cognitivo de jogadores profissionais de *eSports*;
- ii. Os estudos originais indicaram que o resultado de um jogo de *playoff* influencia na percepção de stress, na ansiedade competitiva e no comportamento da VFC de jogadores profissionais de *eSports*;
- iii. O estudo de caso sugeriu que a ETCC anódica aplicada ao córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo à 2mA reduziu o stress e a ansiedade e aumentou a autoconfiança e o SDNN no momento pós-ETCC comparado com aos momentos LB, pré-ETCC e pós-jogo num jogador profissional de *eSports*.

# Capítulo 8

## Pesquisas Futuras

Embora esta tese apresente resultados importantes sobre a possibilidade de se utilizar a ETCC para aprimorar o funcionamento cognitivo, sobre o impacto do resultado de um jogo de playoff na percepção de stress, ansiedade competitiva e no comportamento da VFC e na aplicação da ETCC anódica como recurso para aprimorar a ansiedade e regular a VFC de um jogador profissional de *eSports*, a mesma apresenta limitações que devem ser consideradas para estudos futuros:

- i. Examinar a percepção de stress, ansiedade competitiva e a VFC de jogadores de *eSports* durante o jogo, e não apenas antes e depois dos jogos;
- ii. Comparar os parâmetros de percepção de stress, ansiedade competitiva e VFC entre jogadores com diferentes funções na equipa;
- iii. Investigar os efeitos de diferentes recursos para melhorar o desempenho cognitivo e neuromotor, como a cafeína e outras técnicas de neuromodulação cerebral não-invasiva em estudos com amostras robustas.
- iv. Conduzir estudos com desenhos experimentais com amostras mais robustas;
- v. Considerar o uso de amostras mais robustas;
- vi. Promover a generalização de resultados a outras culturas;
- vii. Diferenciar efeitos imediatos/curto-prazo de efeitos a longo prazo/duradouros.

# Referências

## Capítulo 1

- Ayuso-Moreno, R., Fuentes-García, J. P., Collado-Mateo, D., & Villafaina, S. (2020). Heart rate variability and pre-competitive anxiety according to the demanding level of the match in female soccer athletes. *Physiology & Behavior*, 222, 112926.
- Bányai, F., Griffiths, M., Demetrovics, Z. & Király, O. (2019). The mediating effect of motivations between psychiatric distress and gaming disorder among esports gamers and recreational gamers. *Comprehensive Psychiatry*, 94, 152117.
- Blásquez, J. C. C., Font, G. R., & Ortís, L. C. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 21, 4, 531-536.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39, 779–795.
- Campbell, M.J., Toth, A.J., Moran, A.P., Kowal, M., & Exton, C. Esports: A new window on neurocognitive expertise? *Progress in Brain Research*, 2018, 240, 161–174.
- Friebs, M. A., Dechant, M., Vedress, S., Frings, C., & Mandryk, R. L. (2021). Shocking advantage! Improving digital game performance using non-invasive brain stimulation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 148, 102582.
- Hallmann, K., & Giel, T. (2018). eSports–Competitive sports or recreational activity?. *Sport Management Review*, 21(1), 14-20.
- Himmelstein, D., Liu, Y., & Shapiro, J.L. (2017). An exploration of mental skills among competitive league of legend players. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulation*, 9, 1–21.
- Martin-Niedecken, A. L., & Schättin, A. (2020). Let the body'n'brain games begin: toward innovative training approaches in esports athletes. *Frontiers in Psychology*, 11, 138.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Martínez-Navarro, I., Guzmán, J. F., & Zabala, M. (2012). Heart rate variability and pre-competitive anxiety in BMX discipline. *European Journal of Applied Physiology* 112(1), 113-123.
- Monteiro Pereira, A., Costa, J. A., Verhagen, E., Figueiredo, P., & Brito, J. (2022). Associations Between Esports Participation and Health: A Scoping Review. *Sports Medicine*, 52, 9, 1-22.
- Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Loturco, I., & Esco, M. R. (2015). Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14, 602–605.

- Paniccia, M., Paniccia, D., Thomas, S., Taha, T., & Reed, N. (2017). Clinical and non-clinical depression and anxiety in young people: A scoping review on heart rate variability. *Autonomic Neuroscience*, 208, 1-14.
- Reeves, S., Brown, B., & Laurier, E. (2009). Experts at play: Understanding skilled expertise. *Games and Culture*, 4(3), 205-227.
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS One* 9:e101796.
- Trotter, M. G., Coulter, T. J., Davis, P. A., Poulus, D. R., & Polman, R. (2021). Social support, self-regulation, and psychological skill use in e-athletes. *Frontiers in Psychology*, 12, 722030.

## Capítulo 2

- Alonzo, A., Brassil, J., Taylor, J. L., Martin, D., & Loo, C. K. (2012). Daily transcranial direct current stimulation (tDCS) leads to greater increases in cortical excitability than second daily transcranial direct current stimulation. *Brain stimulation*, 5(3), 208-213.
- Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain stimulation*, 4(2), 84-89.
- Antal, A., Alekseichuk, I., Bikson, M., Brockmüller, J., Brunoni, A. R., Chen, R., ... & Paulus, W. (2017). Low intensity transcranial electric stimulation: safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clinical Neurophysiology*, 128(9), 1774-1809.
- Berryhill, M. E., & Jones, K. T. (2012). tDCS selectively improves working memory in older adults with more education. *Neuroscience letters*, 521(2), 148-151.
- Bikson, M., Datta, A., Rahman, A., & Scaturro, J. (2010). Electrode montages for tDCS and weak transcranial electrical stimulation: role of “return” electrode’s position and size. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 121(12), 1976.
- Bikson, M., Grossman, P., Thomas, C., Zannou, A. L., Jiang, J., Adnan, T., ... & Woods, A. J. (2016). Safety of transcranial direct current stimulation: evidence based update 2016. *Brain stimulation*, 9(5), 641-661.
- Bikson, M., Rahman, A., Datta, A., Fregni, F., & Merabet, L. (2012). High-resolution modeling assisted design of customized and individualized transcranial direct current stimulation protocols. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 15(4), 306-315.

Bonnar, D., Castine, B., Kakoschke, N., & Sharp, G. (2019). Sleep and performance in Eathletes: for the win!. *Sleep health*, 5(6), 647-650.

Borducchi, D. M., Gomes, J. S., Akiba, H., Cordeiro, Q., Borducchi, J. H. M., Valentin, L. S. S., ... & Dias, Á. M. (2016). Transcranial direct current stimulation effects on athletes' cognitive performance: an exploratory proof of concept trial. *Frontiers in psychiatry*, 7, 183.

Campbell, M. J., Toth, A. J., Moran, A. P., Kowal, M., & Exton, C. (2018). eSports: A new window on neurocognitive expertise?. *Progress in brain research*, 240, 161-174.

Center on Media and Child Health. Video Games. Available online: <https://cmch.tv/parents/video-games> (accessed on 14 October 2020).

Cunningham, G. B., Fairley, S., Ferkins, L., Kerwin, S., Lock, D., Shaw, S., & Wicker, P. (2018). eSport: Construct specifications and implications for sport management. *Sport Management Review*, 21(1), 1-6.

Datta, A., Bansal, V., Diaz, J., Patel, J., Reato, D., & Bikson, M. (2009). Gyri-precise head model of transcranial direct current stimulation: improved spatial focality using a ring electrode versus conventional rectangular pad. *Brain stimulation*, 2(4), 201-207.

Davis, N. J. (2013). Neurodoping: brain stimulation as a performance-enhancing measure. *Sports Medicine*, 43(8), 649-653.

Ding, Y., Hu, X., Li, J., Ye, J., Wang, F., & Zhang, D. (2018). What makes a champion: the behavioral and neural correlates of expertise in multiplayer online battle arena games. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(8), 682-694.

Flöel, A., Suttorp, W., Kohl, O., Kürten, J., Lohmann, H., Breitenstein, C., & Knecht, S. (2012). Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. *Neurobiology of aging*, 33(8), 1682-1689.

Friebs, M. A., & Frings, C. (2018). Pimping inhibition: Anodal tDCS enhances stop- signal reaction time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44(12), 1933.

Friebs, M. A., & Frings, C. (2019). Cathodal tDCS increases stop-signal reaction time. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 19(5), 1129-1142.

Friebs, M. A., & Frings, C. (2019). Offline beats online: transcranial direct current stimulation timing influences on working memory. *Neuroreport*, 30(12), 795-799.

Friebs, M. A., Dechant, M., Vedress, S., Frings, C., & Mandryk, R. L. (2021). Shocking advantage! Improving digital game performance using non-invasive brain stimulation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 148, 102582.

Friebs, M. A., Guldenpenning, I., Frings, C., & Weigelt, M. (2020). Electrify your game! Anodal tDCS increases the resistance to head fakes in basketball. *Journal of Cognitive Enhancement*, 4(1), 62-70.

- Frings, C., Brinkmann, T., Friehs, M. A., & van Lipzig, T. (2018). Single session tDCS over the left DLPFC disrupts interference processing. *Brain and Cognition*, *120*, 1-7.
- Hahn, C., Rice, J., Macuff, S., Minhas, P., Rahman, A., & Bikson, M. (2013). Methods for extra-low voltage transcranial direct current stimulation: current and time dependent impedance decreases. *Clinical Neurophysiology*, *124*(3), 551-556.
- Hallmann, K., & Giel, T. (2018). eSports–Competitive sports or recreational activity?. *Sport management review*, *21*(1), 14-20.
- Hauptmann, B., & Karni, A. (2002). From primed to learn: the saturation of repetition priming and the induction of long-term memory. *Cognitive brain research*, *13*(3), 313-322.
- Hester, B. Teens Spend 25 Times More of Their Time Playing Video Games than Going to the Movies. Available online: <https://www.ign.com/articles/2016/12/21/teens-spend-25-times-more-of-their-time-playing-videogames-than-going-to-the-movies> (accessed on 20 October 2020).
- Himmelstein, D., Liu, Y., & Shapiro, J. L. (2017). An exploration of mental skills among competitive league of legend players. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS)*, *9*(2), 1-21.
- Hsu, T. Y., Tseng, L. Y., Yu, J. X., Kuo, W. J., Hung, D. L., Tzeng, O. J., ... & Juan, C. H. (2011). Modulating inhibitory control with direct current stimulation of the superior medial frontal cortex. *Neuroimage*, *56*(4), 2249-2257.
- Hurley, R., & Machado, L. (2017). Using tDCS priming to improve brain function: Can metaplasticity provide the key to boosting outcomes?. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *83*, 155-159.
- Jackson, M. P., Bikson, M., Liebetanz, D., & Nitsche, M. (2017). How to consider animal data in tDCS safety standards. *Brain stimulation*, *10*(6), 1141.
- Javadi, A. H., Cheng, P., & Walsh, V. (2012). Short duration transcranial direct current stimulation (tDCS) modulates verbal memory. *Brain stimulation*, *5*(4), 468-474.
- Jenny, S. E., Manning, R. D., Keiper, M. C., & Olrich, T. W. (2017). Virtual (ly) athletes: where eSports fit within the definition of “Sport”. *Quest*, *69*(1), 1-18.
- Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. *Annals of rehabilitation medicine*, *36*(5), 585-595.
- Keiper, M. C., Manning, R. D., Jenny, S., Olrich, T., & Croft, C. (2017). No reason to LoL at LoL: The addition of esports to intercollegiate athletic departments. *Journal for the Study of Sports and Athletes in Education*, *11*(2), 143-160.

Kessler, S. K., Minhas, P., Woods, A. J., Rosen, A., Gorman, C., & Bikson, M. (2013). Dosage considerations for transcranial direct current stimulation in children: a computational modeling study. *PloS one*, *8*(9), e76112.

Krause, B., & Cohen Kadosh, R. (2014). Not all brains are created equal: the relevance of individual differences in responsiveness to transcranial electrical stimulation. *Frontiers in systems neuroscience*, *8*, 25.

Krishnan, C., Santos, L., Peterson, M. D., & Ehinger, M. (2015). Safety of noninvasive brain stimulation in children and adolescents. *Brain stimulation*, *8*(1), 76-87.

Kwon, Y. H., & Kwon, J. W. (2013). Response inhibition induced in the stop-signal task by transcranial direct current stimulation of the pre-supplementary motor area and primary sensorimotor cortex. *Journal of physical therapy science*, *25*(9), 1083-1086.

Lang, N., Nitsche, M. A., Paulus, W., Rothwell, J. C., & Lemon, R. N. (2004). Effects of transcranial direct current stimulation over the human motor cortex on corticospinal and transcallosal excitability. *Experimental brain research*, *156*(4), 439-443.

Lang, N., Siebner, H. R., Ward, N. S., Lee, L., Nitsche, M. A., Paulus, W., ... & Frackowiak, R. S. (2005). How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain?. *European Journal of Neuroscience*, *22*(2), 495-504.

Lefaucheur, J. P., Antal, A., Ayache, S. S., Benninger, D. H., Brunelin, J., Cogiamanian, F., ... & Paulus, W. (2017). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clinical Neurophysiology*, *128*(1), 56- 92.

Li, L. M., Uehara, K., & Hanakawa, T. (2015). The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies. *Frontiers in cellular neuroscience*, *9*, 181.

Li, X., Huang, L., Li, B., Wang, H., & Han, C. (2020). Time for a true display of skill: Top players in league of legends have better executive control. *Acta Psychologica*, *204*, 103007.

Lin, C. H. J., Knowlton, B. J., Chiang, M. C., Iacoboni, M., Udompholkul, P., & Wu, A. D. (2011). Brain-behavior correlates of optimizing learning through interleaved practice. *Neuroimage*, *56*(3), 1758-1772.

Loftus, A. M., Yalcin, O., Baughman, F. D., Vanman, E. J., & Hagger, M. S. (2015). The impact of transcranial direct current stimulation on inhibitory control in young adults. *Brain and behavior*, *5*(5), e00332.

Madhavan, S., & Stinear, J. W. (2010). Focal and bidirectional modulation of lower limb motor cortex using anodal transcranial direct current stimulation. *Brain stimulation*, *3*(1), 42-50.

- Martin-Niedecken, A. L., & Schättin, A. (2020). Let the body'n'brain games begin: toward innovative training approaches in esports athletes. *Frontiers in psychology, 11*, 138.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience, 24*(1), 167-202.
- Moliadze, V., Antal, A., & Paulus, W. (2010). Electrode-distance dependent after-effects of transcranial direct and random noise stimulation with extracephalic reference electrodes. *Clinical Neurophysiology, 121*(12), 2165-2171.
- Møller, V., & Christiansen, A. V. (2021). Neuro-Doping—a Serious Threat to the Integrity of Sport?. *Neuroethics, 14*(2), 159-168.
- Monte-Silva, K., Kuo, M. F., Liebetanz, D., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2010). Shaping the optimal repetition interval for cathodal transcranial direct current stimulation (tDCS). *Journal of neurophysiology, 103*(4), 1735-1740.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of physiology, 527*(Pt 3), 633.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology, 57*(10), 1899-1901.
- Nitsche, M. A., Liebetanz, D., Antal, A., Lang, N., Tergau, F., & Paulus, W. (2003). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation—technical, safety and functional aspects. *Supplements to Clinical neurophysiology, 56*, 255-276.
- Nitsche, M. A., Liebetanz, D., Tergau, F., & Paulus, W. (2002). Modulation of cortical excitability by transcranial direct current stimulation. *Der Nervenarzt, 73*(4), 332-335.
- Oliveira, J. F., Zanão, T. A., Valiengo, L., Lotufo, P. A., Benseñor, I. M., Fregni, F., & Brunoni, A. R. (2013). Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. *Neuroscience letters, 537*, 60-64.
- Opitz, A., Paulus, W., Will, S., Antunes, A., & Thielscher, A. (2015). Determinants of the electric field during transcranial direct current stimulation. *Neuroimage, 109*, 140-150.
- Park, J. H., Hong, S. B., Kim, D. W., Suh, M., & Im, C. H. (2011). A novel array-type transcranial direct current stimulation (tDCS) system for accurate focusing on targeted brain areas. *IEEE Transactions on Magnetics, 47*(5), 882-885.
- Pedraza-Ramirez, I., Musculus, L., Raab, M., & Laborde, S. (2020). Setting the scientific stage for esports psychology: A systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 13*(1), 319-352.

Peña-Gómez, C., Vidal-Pineiro, D., Clemente, I. C., Pascual-Leone, A., & Bartres-Faz, D. (2011). Down-regulation of negative emotional processing by transcranial direct current stimulation: effects of personality characteristics. *PloS one*, *6*(7), e22812.

Petersen, T. S. (2021). Sport, neuro-doping and ethics. *Neuroethics*, *14*(2), 137-140.

Pluss, M. A., Bennett, K. J., Novak, A. R., Panchuk, D., Coutts, A. J., & Fransen, J. (2019). Esports: the chess of the 21st century. *Frontiers in psychology*, *10*, 156.

Ramnani, N., & Owen, A. M. (2004). Anterior prefrontal cortex: insights into function from anatomy and neuroimaging. *Nature reviews neuroscience*, *5*(3), 184-194.

Rosenkranz, K., Nitsche, M. A., Tergau, F., & Paulus, W. (2000). Diminution of training-induced transient motor cortex plasticity by weak transcranial direct current stimulation in the human. *Neuroscience letters*, *296*(1), 61-63.

Rudroff, T., Workman, C. D., Fietsam, A. C., & Kamholz, J. (2020). Response variability in transcranial direct current stimulation: why sex matters. *Frontiers in psychiatry*, *11*, 585.

Ruffini, G., Fox, M. D., Ripolles, O., Miranda, P. C., & Pascual-Leone, A. (2014). Optimization of multifocal transcranial current stimulation for weighted cortical pattern targeting from realistic modeling of electric fields. *Neuroimage*, *89*, 216-225.

Russell, M., Goodman, T., Wang, Q., Groshong, B., & Lyeth, B. G. (2014). Gender differences in current received during transcranial electrical stimulation. *Frontiers in psychiatry*, *5*, 104.

Sánchez-Kuhn, A., Pérez-Fernández, C., Moreno, M., Flores, P., & Sánchez-Santed, F. (2018). Differential effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) depending on previous musical training. *Frontiers in Psychology*, *9*, 1465.

Stagg, C. J. (2014). The physiological basis of brain stimulation. *The stimulated brain*, 145-177.

Stramaccia, D. F., Penolazzi, B., Altoè, G., & Galfano, G. (2017). TDCS over the right inferior frontal gyrus disrupts control of interference in memory: A retrieval-induced forgetting study. *Neurobiology of learning and memory*, *144*, 114-130.

Taylor, T. L. (2012). *Raising the stakes: E-sports and the professionalization of computer gaming*. Mit Press.

Toth, A. J., Kowal, M., & Campbell, M. J. (2019). The color-word stroop task does not differentiate cognitive inhibition ability among esports gamers of varying expertise. *Frontiers in Psychology*, 2852.

Tseng, P., Hsu, T. Y., Chang, C. F., Tzeng, O. J., Hung, D. L., Muggleton, N. G., ... & Juan, C. H. (2012). Unleashing potential: transcranial direct current stimulation over the right posterior parietal cortex improves change detection in low-performing individuals. *Journal of Neuroscience*, *32*(31), 10554-10561.

Wagner, M. G. (2006, June). On the Scientific Relevance of eSports. In *International conference on internet computing* (pp. 437-442).

Wiethoff, S., Hamada, M., & Rothwell, J. C. (2014). Variability in response to transcranial direct current stimulation of the motor cortex. *Brain stimulation*, 7(3), 468-475.

Yin, K., Zi, Y., Zhuang, W., Gao, Y., Tong, Y., Song, L., & Liu, Y. (2020). Linking Esports to health risks and benefits: Current knowledge and future research needs. *Journal of sport and health science*, 9(6), 485-488.

### **Capítulo 3**

Ai, J. Y., Chen, F. T., Hsieh, S. S., Kao, S. C., Chen, A. G., Hung, T. M., & Chang, Y. K. (2021). The effect of acute high-intensity interval training on executive function: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 3593.

Alfonso, C., & Capdevila, L. (2022). Heart rate variability, mood and performance: a pilot study on the interrelation of these variables in amateur road cyclists. *PeerJ*, 10, e13094.

Bara-Filho, M. G., Freitas, D. S., Moreira, D., Matta, M. D. O., Lima, J. R. P. D., & Nakamura, F. Y. (2013). Heart rate variability and soccer training: a case study. *Motriz: Revista de Educação Física*, 19, 171-177.

Barnes, C. M., & Van Dyne, L. (2009). 'I'm tired': Differential effects of physical and emotional fatigue on workload management strategies. *Human Relations*, 62(1), 59-92.

Blásquez, J. C. C., Font, G. R., & Ortís, L. C. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 531-536.

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, 39(9), 779-795.

Britton, D. M., Kavanagh, E. J., & Polman, R. C. (2019). Validating a self-report measure of student athletes' perceived stress reactivity: Associations with heart-rate variability and stress appraisals. *Frontiers in Psychology*, 10, 1083.

Broodryk, A., Pienaar, C., Edwards, D., & Sparks, M. (2021). Effects of a Soccer tournament on the psychohormonal states of collegiate female players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(7), 1873-1884.

Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in physiology*, 5, 73.

Chidley, J. B., MacGregor, A. L., Martin, C., Arthur, C. A., & Macdonald, J. H. (2015). Characteristics explaining performance in downhill mountain biking. *International journal of sports physiology and performance*, 10(2), 183-190.

- Cohen, S., and Williamson, G. (1988). "Perceived stress in a probability sample of the United States" in *The Social Psychology of Health: Claremont Symposium on Applied Social Psychology*. eds. S. Spacapan and S. Oskamp (Newbury Park, CA: Sage), 31–67.
- Cooke, A., Kavussanu, M., McIntyre, D., & Ring, C. (2011). Effects of competition on endurance performance and the underlying psychological and physiological mechanisms. *Biological Psychology*, 86(3), 370-378.
- de França Moreira, M., Gamboa, O. L., & Pinho Oliveira, M. A. (2021). Association between severity of pain, perceived stress and vagally-mediated heart rate variability in women with endometriosis. *Women & Health*, 61(10), 937-946.
- de Geus, E. J., Gianaros, P. J., Brindle, R. C., Jennings, J. R., & Berntson, G. G. (2019). Should heart rate variability be "corrected" for heart rate? Biological, quantitative, and interpretive considerations. *Psychophysiology*, 56(2), e13287.
- Draghici, A. E., & Taylor, J. A. (2016). The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *Journal of physiological anthropology*, 35(1), 1-8.
- Follador, L., Alves, R. C., Ferreira, S. D. S., Buzzachera, C. F., Andrade, V. F. D. S., Garcia, E. D. D. A., ... & da Silva, S. G. (2018). Physiological, perceptual, and affective responses to six high-intensity interval training protocols. *Perceptual and motor skills*, 125(2), 329-350.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., ... & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility–neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biological psychology*, 74(2), 185-199.
- Fuentes, J. P., Villafaina, S., Collado-Mateo, D., de la Vega, R., Gusi, N., & Clemente-Suárez, V. J. (2018). Use of biotechnological devices in the quantification of psychophysiological workload of professional chess players. *Journal of Medical Systems*, 42(3), 1-6.
- Goessl, V. C., Curtiss, J. E., & Hofmann, S. G. (2017). The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis. *Psychological medicine*, 47(15), 2578-2586.
- Habay, J., Van Cutsem, J., Verschueren, J., De Bock, S., Proost, M., De Wachter, J., ... & Roelands, B. (2021). Mental fatigue and sport-specific psychomotor performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 51(7), 1527-1548.
- Hallal, P. C., & Victora, C. G. (2004). Reliability and validity of the international physical activity questionnaire (IPAQ). *Med Sci Sports Exerc*, 36(3), 556.

- Himmelstein, D., Liu, Y., & Shapiro, J. L. (2017). An exploration of mental skills among competitive league of legend players. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS)*, 9(2), 1-21.
- Holmes, C. J., Fedewa, M. V., Dobbs, W. C., Liu, Y., Flatt, A. A., Nakamura, F. Y., & Esco, M. R. (2020). The effects of different body positions on the accuracy of ultra- short-term heart rate variability indexes. *The Journal of High Technology Management Research*, 31(1), 100375.
- Hynynen, E., Konttinen, N., Kinnunen, U., Kyröläinen, H., & Rusko, H. (2011). The incidence of stress symptoms and heart rate variability during sleep and orthostatic test. *European journal of applied physiology*, 111(5), 733-741.
- Johnston, B. W., Barrett-Jolley, R., Krige, A., & Welters, I. D. (2020). Heart rate variability: Measurement and emerging use in critical care medicine. *Journal of the Intensive Care Society*, 21(2), 148-157.
- Kemp, A. H., & Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International journal of Psychophysiology*, 89(3), 288-296.
- Knechtle, B. (2014). Relationship of anthropometric and training characteristics with race performance in endurance and ultra-endurance athletes. *Asian journal of sports medicine*, 5(2), 73.
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research—recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in psychology*, 8, 213.
- Lin, F., L Heffner, K., Ren, P., & Tadin, D. (2017). A role of the parasympathetic nervous system in cognitive training. *Current Alzheimer Research*, 14(7), 784-789.
- Machado, S., de Oliveira Sant'Ana, L., Cid, L., Teixeira, D., Rodrigues, F., Travassos, B., & Monteiro, D. (2022). Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Frontiers in Psychology*, 4869.
- Machado, S., Travassos, B., Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Could tDCS Be a Potential Performance-Enhancing Tool for Acute Neurocognitive Modulation in eSports? A Perspective Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3678.
- Mamlouk, A. C., Younes, M., Zarrouk, F., Shephard, R., & Bouhleb, E. (2021). Heart rate variability and stress perception: The influence of physical fitness. *Science & Sports*, 36(4), 276-283.
- McEwan, G., Arthur, R., Phillips, S. M., Gibson, N. V., & Easton, C. (2018). Interval running with self-selected recovery: Physiology, performance, and perception. *European journal of sport science*, 18(8), 1058-1067.

- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1-24.
- Monteiro Pereira, A., Costa, J. A., Verhagen, E., Figueiredo, P., & Brito, J. (2022). Associations Between Esports Participation and Health: A Scoping Review. *Sports Medicine*, 1-22.
- Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Loturco, I., & Esco, M. R. (2015). Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 602.
- Ogliari, G., Mahinrad, S., Stott, D. J., Jukema, J. W., Mooijaart, S. P., Macfarlane, P. W., ... & Sabayan, B. (2015). Resting heart rate, heart rate variability and functional decline in old age. *Cmaj*, 187(15), E442-E449.
- Oliveira-Silva, I., Silva, V. A., Cunha, R. M., & Foster, C. (2018). Autonomic changes induced by pre-competitive stress in cyclists in relation to physical fitness and anxiety. *Plos one*, 13(12), e0209834.
- Quintana, D. S., Guastella, A. J., Outhred, T., Hickie, I. B., & Kemp, A. H. (2012). Heart rate variability is associated with emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. *International journal of psychophysiology*, 86(2), 168-172.
- Quintana, D. S., Heathers, J. A., & Kemp, A. H. (2012). On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. *European journal of applied physiology*, 112(12), 4179-4180.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.
- Reigal Garrido, R. E., Delgado Giralt, J., López Cazorla, R., & Hernández Mendo, A. (2018). Perfil psicológico deportivo y ansiedad estado competitiva en triatletas. *Revista de Psicología del deporte*, 27(2), 0125-132.
- Sainz, I., Collado-Mateo, D., & Del Coso, J. (2020). Effect of acute caffeine intake on hit accuracy and reaction time in professional e-sports players. *Physiology & Behavior*, 224, 113031.
- Salahuddin, N., Shafquat, A., Marashly, Q., Zaza, K. J., Sharshir, M., Khurshid, M., ... & Al-Ghamdi, B. (2018). Increases in heart rate variability signal improved outcomes in rapid response team consultations: a cohort study. *Cardiology Research and Practice*, 2018.

- Salvador, A., Suay, F., Gonzalez-Bono, E., & Serrano, M. A. (2003). Anticipatory cortisol, testosterone and psychological responses to judo competition in young men. *Psychoneuroendocrinology*, *28*(3), 364-375.
- Sant'Ana, L. D. O., Machado, S., Ribeiro, A. A. D. S., Reis, N. R. D., Campos, Y. D. A. C., Silva, J. G. V. D., ... & Budde, H. (2020). Effects of cardiovascular interval training in healthy elderly subjects: a systematic review. *Frontiers in Physiology*, *11*, 739.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, *126*(5), 1763-1768.
- Seong, H. M., Lee, J. S., Shin, T. M., Kim, W. S., & Yoon, Y. R. (2004, September). The analysis of mental stress using time-frequency distribution of heart rate variability signal. In *The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (Vol. 1, pp. 283-285). IEEE.
- Siqueira Reis, R., Ferreira Hino, A. A., & Romélio Rodriguez Añez, C. (2010). Perceived stress scale: reliability and validity study in Brazil. *Journal of health psychology*, *15*(1), 107-114.
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PloS one*, *9*(7), e101796.
- Trotter, M. G., Coulter, T. J., Davis, P. A., Poulus, D. R., & Polman, R. (2021). Social support, self-regulation, and psychological skill use in e-athletes. *Frontiers in psychology*, *12*, 722030.
- You, M., Laborde, S., Borges, U., Vaughan, R. S., & Dosseville, F. (2021). Cognitive Failures: Relationship with Perceived Emotions, Stress, and Resting Vagally-Mediated Heart Rate Variability. *Sustainability*, *13*(24), 13616.

## Capítulo 4

- Ai, J. Y., Chen, F. T., Hsieh, S. S., Kao, S. C., Chen, A. G., Hung, T. M., & Chang, Y. K. (2021). The effect of acute high-intensity interval training on executive function: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, *18*(7), 3593.
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., & Van Ijzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: a meta-analytic study. *Psychological bulletin*, *133*(1), 1.
- Barlow, D. H. (2000). Unraveling the mysteries of anxiety and its disorders from the perspective of emotion theory. *American psychologist*, *55*(11), 1247.
- Barnes, C. M., & Van Dyne, L. (2009). 'I'm tired': Differential effects of physical and emotional fatigue on workload management strategies. *Human Relations*, *62*(1), 59-92.

- Berntson, G. G., Sarter, M., & Cacioppo, J. T. (1998). Anxiety and cardiovascular reactivity: the basal forebrain cholinergic link. *Behavioural brain research*, 94(2), 225-248.
- Berntson, G. G., Thomas Bigger Jr, J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., ... & VAN DER MOLEN, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Berntson, G.S., & Cacioppo, J.T. Psychophysiology, in: D'haenen, H., den Boer, J.A., & Willner, P. (Eds.), *Biological Psychiatry*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2002, pp. 123-138.
- Blásquez, J. C. C., Font, G. R., & Ortís, L. C. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 531-536.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, 39(9), 779-795.
- Britton, D. M., Kavanagh, E. J., & Polman, R. C. (2019). Validating a self-report measure of student athletes' perceived stress reactivity: Associations with heart-rate variability and stress appraisals. *Frontiers in Psychology*, 10, 1083.
- Britton, D. M., Kavanagh, E. J., & Polman, R. C. (2019). Validating a self-report measure of student athletes' perceived stress reactivity: Associations with heart-rate variability and stress appraisals. *Frontiers in Psychology*, 10, 1083.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in physiology*, 5, 73.
- Cohen, H., & Benjamin, J. (2006). Power spectrum analysis and cardiovascular morbidity in anxiety disorders. *Autonomic Neuroscience*, 128(1-2), 1-8.
- Cohen, S., & Williamson, G. Perceived stress in a probability sample of the United States in *The Social Psychology of Health*, in: (Eds.) S. Spacapan, S. Oskamp, Claremont Symposium on Applied Social Psychology, Newbury Park, Sage, 1988, 31– 67.
- Covassin, T., & Pero, S. (2004). The relationship between self-confidence, mood state, and anxiety among collegiate tennis players. *Journal of sport behavior*, 27(3).
- Cox, R. H., Martens, M. P., & Russell, W. D. (2003). Measuring anxiety in athletics: the revised competitive state anxiety inventory–2. *Journal of sport and exercise psychology*, 25(4), 519-533.
- de Geus, E. J., Gianaros, P. J., Brindle, R. C., Jennings, J. R., & Berntson, G. G. (2019). Should heart rate variability be “corrected” for heart rate? Biological, quantitative, and interpretive considerations. *Psychophysiology*, 56(2), e13287.

- Dishman, R. K., Nakamura, Y., Garcia, M. E., Thompson, R. W., Dunn, A. L., & Blair, S. N. (2000). Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International journal of psychophysiology*, *37*(2), 121-133.
- Draghici, A. E., & Taylor, J. A. (2016). The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *Journal of physiological anthropology*, *35*(1), 1-8.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G\* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior research methods*, *41*(4), 1149-1160.
- Fernandes, M. G., Nunes, S. A., Raposo, J. V., Fernandes, H. M., & Brustad, R. (2013). The CSAI-2: An examination of the instrument's factorial validity and reliability of the intensity, direction and frequency dimensions with Brazilian athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, *25*(4), 377-391.
- Fernández-Fernández, J., Boullosa, D. A., Sanz-Rivas, D., Abreu, L., Filaire, E., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Psychophysiological stress responses during training and competition in young female competitive tennis players. *International Journal of Sports Medicine*, *36*(01), 22-28.
- Filaire, E., Alix, D., Ferrand, C., & Verger, M. (2009). Psychophysiological stress in tennis players during the first single match of a tournament. *Psychoneuroendocrinology*, *34*(1), 150-157.
- Ford, J. L., Ildefonso, K., Jones, M. L., & Arvinen-Barrow, M. (2017). Sport-related anxiety: current insights. *Open access journal of sports medicine*, *8*, 205.
- Freeman, R. (2006). Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clinical neurophysiology*, *117*(4), 716-730.
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility–neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biological psychology*, *74*(2), 185-199.
- Fuentes-García, J. P., Villafaina, S., Martínez-Gallego, R., & Crespo, M. (2022). Pre-and post-competitive anxiety and match outcome in elite international junior tennis players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *17479541221122396*.
- Grossman, P., & Taylor, E. W. (2007). Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: Relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *Biological psychology*, *74*(2), 263-285.
- Hallal, P. C., & Victora, C. G. (2004). Reliability and validity of the international physical activity questionnaire (IPAQ). *Med Sci Sports Exerc*, *36*(3), 556.
- Hanton, S., Neil, R., & Mellalieu, S. D. (2008). Recent developments in competitive anxiety direction and competition stress research. *International review of sport and exercise psychology*, *1*(1), 45-57.

- Hjortskov, N., Rissén, D., Blangsted, A. K., Fallentin, N., Lundberg, U., & Sogaard, K. (2004). The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *European journal of applied physiology*, 92(1), 84-89.
- Holmes, C. J., Fedewa, M. V., Dobbs, W. C., Liu, Y., Flatt, A. A., Nakamura, F. Y., & Esco, M. R. (2020). The effects of different body positions on the accuracy of ultra- short-term heart rate variability indexes. *The Journal of High Technology Management Research*, 31(1), 100375.
- Jimenez Morgan, S., & Molina Mora, J. A. (2017). Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 42(3), 235-245.
- Johnston, B. W., Barrett-Jolley, R., Krige, A., & Welters, I. D. (2020). Heart rate variability: Measurement and emerging use in critical care medicine. *Journal of the Intensive Care Society*, 21(2), 148-157.
- Jones, G. (1995). More than just a game: Research developments and issues in competitive anxiety in sport. *British journal of psychology*, 86(4), 449-478.
- Jordet, G., Gemser, M. E., & Lemmink, K. P. (2006). Perceived control and anxiety. *International. Journal of Sport Psychology*, 37, 281-298.
- Kemp, A. H., & Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International journal of Psychophysiology*, 89(3), 288-296.
- La Fratta, I., Franceschelli, S., Speranza, L., Patrino, A., Michetti, C., D'Ercole, P., ... & Pesce, M. (2021). Salivary oxytocin, cognitive anxiety and self-confidence in pre-competition athletes. *Scientific Reports*, 11(1), 1-9.
- Lane, J. D., Adcock, R. A., & Burnett, R. E. (1992). Respiratory sinus arrhythmia and cardiovascular responses to stress. *Psychophysiology*, 29(4), 461-470.
- Lin, F., L Heffner, K., Ren, P., & Tadin, D. (2017). A role of the parasympathetic nervous system in cognitive training. *Current Alzheimer Research*, 14(7), 784-789.
- López-Torres, M., Torregrosa, M., & Roca, J. (2007). Características del “flow”, ansiedad y estado emocional, en relación con el rendimiento de deportistas de élite. *Cuadernos de Psicología del deporte*, 7(1), 25-44.
- Machado, S., de Oliveira Sant'Ana, L., Cid, L., Teixeira, D., Rodrigues, F., Travassos, B., & Monteiro, D. (2022). Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Frontiers in Psychology*, 4869.
- Machado, S., Travassos, B., Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Could tDCS Be a Potential Performance-Enhancing Tool for Acute Neurocognitive Modulation in eSports? A Perspective Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3678.

- Makivić, B., Nikić Djordjević, M., & Willis, M. S. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology Online*, 16(3).
- Martens, R., Burton, D., Vealey, R. S., Bump, L. A., & Smith, D. E. (1990). Development and validation of the competitive state anxiety inventory-2. *Competitive anxiety in sport*, 3(1), 117-190.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Martínez-Navarro, I., Guzmán, J. F., & Zabala, M. (2012). Heart rate variability and pre-competitive anxiety in BMX discipline. *European journal of applied physiology*, 112(1), 113-123.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1-24.
- Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Loturco, I., & Esco, M. R. (2015). Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 602.
- Oliveira-Silva, I., Silva, V. A., Cunha, R. M., & Foster, C. (2018). Autonomic changes induced by pre-competitive stress in cyclists in relation to physical fitness and anxiety. *Plos one*, 13(12), e0209834.
- Paniccia, M., Paniccia, D., Thomas, S., Taha, T., & Reed, N. (2017). Clinical and non-clinical depression and anxiety in young people: A scoping review on heart rate variability. *Autonomic Neuroscience*, 208, 1-14.
- Pena, J. (2020). HEART RATE VARIABILITY AS A MARKER OF PSYCHOBIOLOGICAL STRESS AND ANXIETY IN ELITE JUNIOR TENNIS PLAYERS IN VENEZUELA. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(11\_Supplement\_1), 1613-1613.
- Porges, S. W. (2007). A phylogenetic journey through the vague and ambiguous Xth cranial nerve: A commentary on contemporary heart rate variability research. *Biological psychology*, 74(2), 301-307.
- Porges, S. W. (2011). *The polyvagal theory: Neurophysiological foundations of emotions, attachment, communication, and self-regulation (Norton Series on Interpersonal Neurobiology)*. WW Norton & Company.
- Pusenjak, N., Grad, A., Tusak, M., Leskovsek, M., & Schwarzlin, R. (2015). Can biofeedback training of psychophysiological responses enhance athletes' sport performance? A practitioner's perspective. *The Physician and sportsmedicine*, 43(3), 287-299.

- Quintana, D. S., Guastella, A. J., Outhred, T., Hickie, I. B., & Kemp, A. H. (2012). Heart rate variability is associated with emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. *International journal of psychophysiology*, *86*(2), 168-172.
- Quintana, D. S., Heathers, J. A., & Kemp, A. H. (2012). On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. *European journal of applied physiology*, *112*(12), 4179-4180.
- Ruediger, H., Seibt, R., Scheuch, K., Krause, M., & Alam, S. (2004). Sympathetic and parasympathetic activation in heart rate variability in male hypertensive patients under mental stress. *Journal of human hypertension*, *18*(5), 307-315.
- Sainz, I., Collado-Mateo, D., & Del Coso, J. (2020). Effect of acute caffeine intake on hit accuracy and reaction time in professional e-sports players. *Physiology & Behavior*, *224*, 113031.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, *126*(5), 1763-1768.
- Terry, P. C., Cox, J. A., Lane, A. M., & Karageorghis, C. I. (1996). Measures of anxiety among tennis players in singles and doubles matches. *Perceptual and motor skills*, *83*(2), 595-603.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of affective disorders*, *61*(3), 201-216.
- Thayer, J. F., & Sternberg, E. (2006). Beyond heart rate variability: vagal regulation of allostatic systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1088*(1), 361-372.
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PloS one*, *9*(7), e101796.
- van Paridon, K. N., Timmis, M. A., Nevison, C. M., & Bristow, M. (2017). The anticipatory stress response to sport competition; a systematic review with meta-analysis of cortisol reactivity. *BMJ open sport & exercise medicine*, *3*(1), e000261.
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *Journal of the American Medical Association*, *310*(20), 2191-2194.  
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

## Capítulo 5

- Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of general psychology*, *10*(3), 229-240.

- Brunoni, A. R., Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G., & Fregni, F. (2011). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, *14*(8), 1133-1145.
- Cantone, M., Lanza, G., Ranieri, F., Opie, G. M., & Terranova, C. (2021). Non-invasive brain stimulation in the study and modulation of metaplasticity in neurological disorders. *Frontiers in Neurology*, *12*.
- Cerqueira, J. J., Almeida, O. F., & Sousa, N. (2008). The stressed prefrontal cortex. Left? Right!. *Brain, behavior, and immunity*, *22*(5), 630-638.
- Clarke, P. J., Browning, M., Hammond, G., Notebaert, L., & MacLeod, C. (2014). The causal role of the dorsolateral prefrontal cortex in the modification of attentional bias: evidence from transcranial direct current stimulation. *Biological psychiatry*, *76*(12), 946-952.
- Craft, L. L., Magyar, T. M., Becker, B. J., & Feltz, D. L. (2003). The relationship between the Competitive State Anxiety Inventory-2 and sport performance: A meta-analysis. *Journal of sport and exercise psychology*, *25*(1), 44-65.
- Dell'Osso, B., & Altamura, A. C. (2014). Transcranial brain stimulation techniques for major depression: should we extend TMS lessons to tDCS?. *Clinical Practice and Epidemiology in Mental Health: CP & EMH*, *10*, 92.
- Fernandes, M. G., Nunes, S. A., Raposo, J. V., Fernandes, H. M., & Brustad, R. (2013). The CSAI-2: An examination of the instrument's factorial validity and reliability of the intensity, direction and frequency dimensions with Brazilian athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, *25*(4), 377-391.
- Fisicaro, F., Lanza, G., Bella, R., & Pennisi, M. (2020). "Self-neuroenhancement": the last frontier of noninvasive brain stimulation?. *Journal of Clinical Neurology*, *16*(1), 158-159.
- Himmelstein, D., Liu, Y., & Shapiro, J. L. (2017). An exploration of mental skills among competitive league of legend players. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS)*, *9*(2), 1-21.
- Jasper, H. (1958). Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, *10*, 370-375.
- Kronberg, G., Bridi, M., Abel, T., Bikson, M., & Parra, L. C. (2017). Direct current stimulation modulates LTP and LTD: activity dependence and dendritic effects. *Brain stimulation*, *10*(1), 51-58.
- Machado, S., de Oliveira Sant'Ana, L., Cid, L., Teixeira, D., Rodrigues, F., Travassos, B., & Monteiro, D. (2022). Impact of victory and defeat on the perceived stress and autonomic regulation of professional eSports athletes. *Frontiers in Psychology*, 4869.

- Machado, S., Travassos, B., Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Could tDCS Be a Potential Performance-Enhancing Tool for Acute Neurocognitive Modulation in eSports? A Perspective Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(7), 3678.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Martínez-Navarro, I., Guzmán, J. F., & Zabala, M. (2012). Heart rate variability and pre-competitive anxiety in BMX discipline. *European journal of applied physiology*, *112*(1), 113-123.
- Mehrsafar, A. H., Rosa, M. A. S., Zadeh, A. M., & Gazerani, P. (2020). A feasibility study of application and potential effects of a single session transcranial direct current stimulation (tDCS) on competitive anxiety, mood state, salivary levels of cortisol and alpha amylase in elite athletes under a real-world competition. *Physiology & Behavior*, *227*, 113173.
- Mellalieu, S. D., Neil, R., Hanton, S., & Fletcher, D. (2009). Competition stress in sport performers: Stressors experienced in the competition environment. *Journal of sports sciences*, *27*(7), 729-744.
- Mendoza, G., Clemente-Suárez, V. J., Alvero-Cruz, J. R., Rivilla, I., García-Romero, J., Fernández-Navas, M., ... & Jiménez, M. (2021). The role of experience, perceived match importance, and anxiety on cortisol response in an official esports competition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(6), 2893.
- Morales, J., Garcia, V., García-Massó, X., Salvá, P., & Escobar, R. (2013). The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. *International journal of sports medicine*, *34*(02), 144-151.
- Moreira, A., da Silva Machado, D. G., Moscaleski, L., Bikson, M., Unal, G., Bradley, P. S., ... & Okano, A. H. (2021). Effect of tDCS on well-being and autonomic function in professional male players after official soccer matches. *Physiology & Behavior*, *233*, 113351.
- Mullen, R., Lane, A., & Hanton, S. (2009). Anxiety symptom interpretation in high-anxious, defensive high-anxious, low-anxious and repressor sport performers. *Anxiety, Stress, & Coping*, *22*(1), 91-100.
- Nitsche, M. A., Liebetanz, D., Antal, A., Lang, N., Tergau, F., & Paulus, W. (2003). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation—technical, safety and functional aspects. *Supplements to Clinical neurophysiology*, *56*, 255-276.
- Palazzolo, J. (2020). Anxiety and performance. *L'encephale*, *46*(2), 158-161.
- Sagliano, L., D'Olimpio, F., Panico, F., Gagliardi, S., & Trojano, L. (2016). The role of the dorsolateral prefrontal cortex in early threat processing: a TMS study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *11*(12), 1992-1998.

Schmaußer, M., Hoffmann, S., Raab, M., & Laborde, S. (2022). The effects of noninvasive brain stimulation on heart rate and heart rate variability: A systematic review and meta-analysis. *Journal of neuroscience research*, 100(9), 1664-1694.

Task Force of the European Society of Cardiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *circulation*, 93, 1043-1065.

Ulrich-Lai, Y. M., & Herman, J. P. (2009). Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 397-409.

Viviani, R. (2014). Neural correlates of emotion regulation in the ventral prefrontal cortex and the encoding of subjective value and economic utility. *Frontiers in Psychiatry*, 5, 123.

## Capítulo 6

Borducchi, D. M., Gomes, J. S., Akiba, H., Cordeiro, Q., Borducchi, J. H. M., Valentin, L. S. S., ... & Dias, Á. M. (2016). Transcranial direct current stimulation effects on athletes' cognitive performance: an exploratory proof of concept trial. *Frontiers in psychiatry*, 7, 183.

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, 39(9), 779-795.

Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S., & Seiler, S. (2014). The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PloS one*, 9(7), e101796.

Friehs, M. A., Guldenpenning, I., Frings, C., & Weigelt, M. (2020). Electrify your game! Anodal tDCS increases the resistance to head fakes in basketball. *Journal of Cognitive Enhancement*, 4(1), 62-70.

Borducchi, D. M., Gomes, J. S., Akiba, H., Cordeiro, Q., Borducchi, J. H. M., Valentin, L. S. S., ... & Dias, Á. M. (2016). Transcranial direct current stimulation effects on athletes' cognitive performance: an exploratory proof of concept trial. *Frontiers in psychiatry*, 7, 183.

Friehs, M. A., Dechant, M., Vedress, S., Frings, C., & Mandryk, R. L. (2021). Shocking advantage! Improving digital game performance using non-invasive brain stimulation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 148, 102582.

Mancuso, L. E., Ilieva, I. P., Hamilton, R. H., & Farah, M. J. (2016). Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory?: a meta-analytic review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(8), 1063-1089.

Friehs, M. A., & Frings, C. (2018). Pimping inhibition: Anodal tDCS enhances stop-signal reaction time. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44(12), 1933.

- Friebs, M. A., & Frings, C. (2019). Cathodal tDCS increases stop-signal reaction time. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *19*(5), 1129-1142.
- Friebs, M. A., & Frings, C. (2019). Offline beats online: transcranial direct current stimulation timing influences on working memory. *Neuroreport*, *30*(12), 795-799.
- Hsu, T. Y., Tseng, L. Y., Yu, J. X., Kuo, W. J., Hung, D. L., Tzeng, O. J., ... & Juan, C. H. (2011). Modulating inhibitory control with direct current stimulation of the superior medial frontal cortex. *Neuroimage*, *56*(4), 2249-2257.
- Kwon, Y. H., & Kwon, J. W. (2013). Response inhibition induced in the stop-signal task by transcranial direct current stimulation of the pre-supplementary motor area and primary sensorimotor cortex. *Journal of physical therapy science*, *25*(9), 1083-1086.
- Stramaccia, D. F., Penolazzi, B., Altoè, G., & Galfano, G. (2017). TDCS over the right inferior frontal gyrus disrupts control of interference in memory: A retrieval-induced forgetting study. *Neurobiology of learning and memory*, *144*, 114-130.
- Flöel, A., Suttorp, W., Kohl, O., Kürten, J., Lohmann, H., Breitenstein, C., & Knecht, S. (2012). Non-invasive brain stimulation improves object-location learning in the elderly. *Neurobiology of aging*, *33*(8), 1682-1689.
- Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. *Annals of rehabilitation medicine*, *36*(5), 585-595.
- Loftus, A. M., Yalcin, O., Baughman, F. D., Vanman, E. J., & Hagger, M. S. (2015). The impact of transcranial direct current stimulation on inhibitory control in young adults. *Brain and behavior*, *5*(5), e00332.
- Friebs, M. A., & Frings, C. (2019). Offline beats online: transcranial direct current stimulation timing influences on working memory. *Neuroreport*, *30*(12), 795-799.
- Oliveira, J. F., Zanão, T. A., Valiengo, L., Lotufo, P. A., Benseñor, I. M., Fregni, F., & Brunoni, A. R. (2013). Acute working memory improvement after tDCS in antidepressant-free patients with major depressive disorder. *Neuroscience letters*, *537*, 60-64.
- Nikolin, S., Boonstra, T. W., Loo, C. K., & Martin, D. (2017). Combined effect of prefrontal transcranial direct current stimulation and a working memory task on heart rate variability. *PLoS one*, *12*(8), e0181833.
- Himmelstein, D., Liu, Y., & Shapiro, J. L. (2017). An exploration of mental skills among competitive league of legend players. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations (IJGCMS)*, *9*(2), 1-21.
- Machado, S., Travassos, B., Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. (2021). Could tDCS Be a Potential Performance-Enhancing Tool for Acute

Neurocognitive Modulation in eSports? A Perspective Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3678.

Broodryk, A., Pienaar, C., Edwards, D., & Sparks, M. (2021). Effects of a Soccer tournament on the psychohormonal states of collegiate female players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(7), 1873-1884.

Fuentes-García, J. P., Villafaina, S., Martínez-Gallego, R., & Crespo, M. (2022). Pre-and post-competitive anxiety and match outcome in elite international junior tennis players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17479541221122396.

Pena, J. (2020). HEART RATE VARIABILITY AS A MARKER OF PSYCHOBIOLOGICAL STRESS AND ANXIETY IN ELITE JUNIOR TENNIS PLAYERS IN VENEZUELA. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(11\_Supplement\_1), 1613-1613.

Barnes, C. M., & Van Dyne, L. (2009). 'I'm tired': Differential effects of physical and emotional fatigue on workload management strategies. *Human Relations*, 62(1), 59-92.

Ai, J. Y., Chen, F. T., Hsieh, S. S., Kao, S. C., Chen, A. G., Hung, T. M., & Chang, Y. K. (2021). The effect of acute high-intensity interval training on executive function: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 3593.

Kemp, A. H., & Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International journal of Psychophysiology*, 89(3), 288-296.

Quintana, D. S., Guastella, A. J., Outhred, T., Hickie, I. B., & Kemp, A. H. (2012). Heart rate variability is associated with emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. *International journal of psychophysiology*, 86(2), 168-172.

Lin, F., L Heffner, K., Ren, P., & Tadin, D. (2017). A role of the parasympathetic nervous system in cognitive training. *Current Alzheimer Research*, 14(7), 784-789.

Thayer, J. F., & Sternberg, E. (2006). Beyond heart rate variability: vagal regulation of allostatic systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1088(1), 361-372.

Britton, D. M., Kavanagh, E. J., & Polman, R. C. (2019). Validating a self-report measure of student athletes' perceived stress reactivity: Associations with heart-rate variability and stress appraisals. *Frontiers in Psychology*, 10, 1083.

Kemp, A. H., & Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International journal of Psychophysiology*, 89(3), 288-296.

Mehrsafar, A. H., Rosa, M. A. S., Zadeh, A. M., & Gazerani, P. (2020). A feasibility study of application and potential effects of a single session transcranial direct current

stimulation (tDCS) on competitive anxiety, mood state, salivary levels of cortisol and alpha amylase in elite athletes under a real-world competition. *Physiology & Behavior*, *227*, 113173.

Mullen, R., Lane, A., & Hanton, S. (2009). Anxiety symptom interpretation in high-anxious, defensive high-anxious, low-anxious and repressor sport performers. *Anxiety, Stress, & Coping*, *22*(1), 91-100.

Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of general psychology*, *10*(3), 229-240.

Clarke, P. J., Browning, M., Hammond, G., Notebaert, L., & MacLeod, C. (2014). The causal role of the dorsolateral prefrontal cortex in the modification of attentional bias: evidence from transcranial direct current stimulation. *Biological psychiatry*, *76*(12), 946-952.

Sagliano, L., D'Olimpio, F., Panico, F., Gagliardi, S., & Trojano, L. (2016). The role of the dorsolateral prefrontal cortex in early threat processing: a TMS study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *11*(12), 1992-1998.

Viviani, R. (2014). Neural correlates of emotion regulation in the ventral prefrontal cortex and the encoding of subjective value and economic utility. *Frontiers in Psychiatry*, *5*, 123.