



UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
CAMPUS ITAQUERA

JANE MARIA SILVA CARVALHO

**EFEITOS DA INDUÇÃO DE ESTRESSE MENTAL NA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS DE
BADMINTON**

**EFFECTS OF MENTAL STRESS INDUCTION ON HEART RATE
VARIABILITY IN BADMINTON ATHLETES**

São Paulo – SP
2021

JANE MARIA SILVA CARVALHO

**EFEITOS DA INDUÇÃO DE ESTRESSE MENTAL NA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS DE
BADMINTON**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Prof. Dr. Ricardo Scarparo Navarro
Orientador

São Paulo – SP
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

C324e CARVALHO, Jane Maria Silva.

Efeitos da indução de estresse mental na variabilidade da frequência cardíaca em atletas de badminton / Jane Maria Silva Carvalho. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2021.

100 f.: il. color.

Tese de Doutorado defendida no Programa de Pós-graduação do Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Brasil.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Scarparo Navarro.

1. Estresse Psicológico. 2. Atletas. 3. Teste de Stroop. 4. Exercício Físico. 5. Sistema Nervoso Autônomo. I. Navarro, Ricardo Scarparo. II. Título.

CDD 620.82

TERMO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE
BRASIL

TERMO DE APROVAÇÃO

JANE MARIA SILVA CARVALHO

“EFEITOS DA INDUÇÃO DE ESTRESSE MENTAL NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS DE BADMINTON”.

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

R. Navarro

Prof(a). Dr(a) Ricardo Scarparo Navarro (presidente-orientador)

Laurita dos Santos

Prof(a). Dr(a) Laurita dos Santos (UNIVERSIDADE BRASIL)

José Carlos Cogo

Prof(a). Dr(a) José Carlos Cogo (UNIVERSIDADE BRASIL)

Jancineide Oliveira de Carvalho

Prof(a). Dr(a) Jancineide Oliveira de Carvalho (CENTRO UNIVERSITÁRIO UNINOVAFAPI)

Yúla Pires da Silveira Fontenele de Menezes

Prof(a). Dr(a) Yúla Pires da Silveira Fontenele de Menezes (CENTRO UNIVERSITÁRIO UNINOVAFAPI)

São Paulo, 28 de setembro de 2021.

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a) Ricardo Scarparo Navarro

Houve alteração do Título: sim () não (X):

**FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DO TEXTO NA PÁGINA
UNIVERSIDADE BRASIL E CATÁLOGO DE TESES E DISSERTAÇÕES DA
CAPES E REPRODUÇÃO DO TRABALHO**



UNIVERSIDADE
BRASIL

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "EFEITOS DA INDUÇÃO DE ESTRESSE MENTAL NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS DE BADMINTON"

Autor(es):

Discente: **Jane Maria Silva Carvalho**

Assinatura: Jane Maria Silva Carvalho

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Ricardo Scarparo Navarro**

Assinatura: RNavarro

Coorientador(a): **Prof.(a) Dr.(a)**

Assinatura: _____

Houve alteração do Título: sim () não ():

Data: 28/09/2021

AGRADECIMENTOS

Cada momento na vida tem um porquê e um para quê, tem retas e tem curvas, barreiras e tem horizonte límpido. Em todos esses momentos tem um Ser maior que nos guia e oportuniza experiências que nem sempre sabemos para que servem. Deus me oportunizou estar aqui, concluindo mais uma etapa da minha profissão, que nem escolhi, mas que fui escolhida e abracei com todo amor, e que agora me sinto mais capaz e apta a exercê-la. Obrigada Senhor, por estar sempre me guiando, iluminando e me mostrando que sou capaz.

Para enfrentarmos esses momentos, Deus nos presenteia com anjos sem asas, mas com poder de nos fazer voar! Minha mãe é meu anjo! Até hoje só me ensina a voar através de seus exemplos de vida, puxões de orelha, companheirismo e por ser meu porto seguro, onde sei que posso voltar depois de cada voo. Obrigada minha mãe, por me dar o maior legado da vida: educação!

A jornada da vida não seria a mesma se no caminho não tivessem pessoas que nos empurram, incentivam, nos dão força e nos mostram que vale a pena continuar caminhando. Obrigada a minha irmã (Ana) por sua torcida incondicional; minha sobrinha (Ivna) por sempre acreditar em mim; obrigada Virna, minha companheira de luta, de alegrias, de desesperos, de vitória nessa jornada chamada doutorado e em todas as outras jornadas; obrigada Ivna (e toda sua família) por me receber em São Paulo e fazer possível essa etapa; obrigada a meus amigos Yúla, Enéas, Aureliano, Francileia, Eduardo, por todas as palavras de incentivo e por apostarem que tudo ia dar certo; obrigada Liliam, por ter sido minha luz no momento de escuridão, sua ajuda foi crucial!

Tenho que agradecer em especial a dois alunos fundamentais nessa jornada, Iago e Fabiana, por acreditarem no meu sonho e abraçarem esta causa. A ajuda de vocês foi fundamental para a execução desse trabalho.

Guiando meus passos nessa jornada cheia de curvas, barreiras, mas também de degraus e de conquistas, estava o professor Ricardo Scarparo Navarro. Sua tranquilidade, disponibilidade, positividade e atenção me fizeram acreditar que seria possível mesmo diante de tantos percalços. Obrigada por acreditar em mim e me ajudar a crescer como profissional!

Obrigada, enfim, a todos aqueles que de alguma forma participaram das minhas angústias, desesperos e agora vitória! A todos os professores, em especial professor

Bruno Manzolli e Laurita Santos, que abriram portas para novos conhecimentos! Aos amigos mais distantes, mas não ausentes, que de longe torceram por mim!

Obrigada DEUS por ter me concedido a graça de viver todos estes momentos e ter colocado todas estas pessoas para comigo conquistarem o título de Doutora!

“Qualquer pessoa de sucesso sabe que é uma peça importante, mas sabe que não conseguirá nada sozinho.”

(BERNARDINHO, 2011)

RESUMO

O objetivo do estudo foi analisar os efeitos da indução do estresse mental na variabilidade da frequência cardíaca em atletas de Badminton. O estudo é do tipo direto, descritivo, experimental, transversal e quantitativo, realizado com os 15 mais bem ranqueados do Estado do Piauí, pela Confederação Brasileira de Badminton, em Janeiro de 2019. A amostra consistiu em 8 mulheres e 7 homens, com idade média de 19 anos ($\pm 2,85$), onde a maioria pertencia a categoria principal (53,33%), participavam de competições internacionais (66,66%) em todas as modalidades (80%). Os atletas foram submetidos a uma anamnese prévia, mensuração de pressão arterial (PA), avaliação da VFC e Teste de Stroop Computadorizado. Os procedimentos iniciaram com a colocação do transmissor Polar® H10 para a avaliação da VFC nos participantes, os quais passaram por um momento de ambientação de 5min, quando tiveram sua PA aferida. Depois mais 5 minutos de repouso e novamente mensuração da PA, para então ser aplicado o Teste de Stroop da TESTINPACS® e finalizada a avaliação da VFC. Para a análise da VFC fragmentou-se os intervalos em 1 min, para que as possíveis alterações dos sinais fossem observadas e considerou-se apenas o momento repouso e aplicação do Teste de Stroop. Todos os procedimentos tiveram aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa do Centro Universitário Uninovafapi (PI) (#3147702). Pode-se observar que o estímulo estressor promoveu elevação da média de FC e diminuição da média dos intervalos RR, o que sugere uma resposta fisiológica que reflete a ativação da função autonômica cardíaca, também percebida na redução dos componentes SDNN, RMSSD, NN50 e pNN50. O índice de estresse elevado durante o momento de aplicação do Teste de Stroop corrobora com os valores do índice de SNS aumentado. Os componentes do domínio da frequência apresentaram-se com elevação LF e LF/HF e manutenção da HF, enquanto os resultados do gráfico de Poincaré, os valores de SD1 e SD2 reduziram e a relação SD2/SD1 aumentou. Nas análises de correlação, é possível perceber que o desempenho quanto ao tempo de reação do teste de Stroop é diretamente proporcional aos componentes RMSSD, NN50, pNN50 e ao índice de SNP, enquanto o índice de estresse é inversamente proporcional. Os demais componentes não apresentaram significância estatística. É possível verificar que o Teste de Stroop foi capaz de gerar alterações fisiológicas com respostas na VFC importantes, porém são

necessários estudos mais aprofundados quanto ao efeito estressor em atletas, pois estes estão submetidos com frequência, tanto a estresse físico como mental, e que essa frequência pode acarretar sobrecargas cardíacas a longo prazo.

Palavras-chave: Estresse Psicológico. Atletas. Teste de Stroop. Exercício Físico. Sistema Nervoso Autônomo.

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the effects of mental stress induction on heart rate variability in Badminton athletes. The study is direct, descriptive, experimental, cross-sectional and quantitative, carried out with the 15 highest ranked in the State of Piauí, by the Brazilian Confederation of Badminton, in January 2019. The sample consisted of 8 women and 7 men, with the average age of 19 years-old (± 2.85), where the majority belonged to the main category (53.33%), participated in international competitions (66.66%) in all modalities (80%). The athletes were submitted to a previous anamnesis, measurement of blood pressure (BP), evaluation of HRV and Computerized Stroop Test. The procedures started with the placement of the Polar[®] H10 transmitter for the evaluation of the HRV in the participants, who went through a 5 min adaptation moment, when their BP was measured. After another 5 minutes of rest and BP measurement again, the Stroop Test of TESTIPACS[®] was then applied and the HRV evaluation was completed. For the analysis of HRV, the intervals were fragmented into 1 min, so that possible changes in the signals could be observed and only the resting moment and application of the Stroop Test were considered. All procedures were approved by the Ethics and Research Committee of Centro Universitário Uninovafapi (PI) (#3147702). It can be observed that the stressful stimulus promoted an increase in the mean HR and a decrease in the mean of the RR intervals, which suggests a physiological response that reflects the activation of the cardiac autonomic function, also perceived in the reduction of the SDNN, RMSSD, NN50 and pNN50 components. The high stress index during the time of application of the Stroop Test corroborates the values of the increased SNS index. The components of the frequency domain showed an increase in LF and LF/HF and maintenance of HF, while in the results of the Poincaré graph, the values of SD1 and SD2 reduced and the SD2/SD1 ratio increased. In the correlation analyses, it is possible to notice that the performance regarding the reaction time of the Stroop test is directly proportional to the components RMSSD, NN50, pNN50 and to the PNS index, while the stress index is inversely proportional. The other components did not show statistical significance. It is possible to verify that the Stroop Test was able to generate physiological changes with important responses in HRV, but further studies are needed on the stressful effect

on athletes, as they are frequently subjected to both physical and mental stress, and that this frequency can lead to long-term cardiac overload.

Keywords: Psychological stress. Athletes. Stroop Test. Physical exercise. Autonomic Nervous System

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

O presente estudo dentro do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica se enquadra na área de concentração de Dispositivos e Sistemas Biomédicos e Linha de Pesquisa Modelagem molecular, Processamento e análise de sinais biológicos. A relevância do estudo foi analisar os efeitos da indução do estresse mental na variabilidade da frequência cardíaca em atletas de Badminton. Sabe-se que atletas de alto rendimento estão expostos diariamente a situações de estresse, tanto físico como mental, mas pouco se discute seu efeito na performance e na sua qualidade de vida. O estresse, agudo ou crônico, promove alterações fisiológicas importantes, que a longo prazo pode acarretar problemas graves de saúde, por isso, o monitoramento dessas alterações torna-se importante. A variabilidade da frequência cardíaca mostra-se uma ferramenta capaz de sinalizar alterações do SNA e registrar as modificações fisiológicas decorrentes, por exemplo, do estresse mental. Nesse estudo foi possível perceber as alterações nos componentes da variabilidade da frequência cardíaca decorrentes da indução do estresse mental em atletas de Badminton, bem como, nos níveis pressóricos, além de evidenciar o desempenho cognitivo através do Teste de Stroop, o qual retrata funções cognitivas importantes como: função executiva, atenção e velocidade de reação, e é utilizado como instrumento de indução de estresse. Ressalta-se a importância de estudos mais aprofundados quanto ao efeito estressor em atletas, por serem submetidos com frequência ao estresse físico e mental, e que essa frequência pode acarretar sobrecargas cardíacas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Eletrocardiograma (ECG) mostrando uma série de complexos QRS	35
Figura 2. Medidas da Variabilidade da Frequência Cardíaca no domínio do tempo e da frequência e suas influências autonômicas	38
Figura 3. (a) gráfico expressando a variação dos intervalos RR durante um certo período de tempo. Em (b) gráfico do poder espectral a partir dos intervalos analisados	38
Figura 4. Medidas da Variabilidade da Frequência Cardíaca no método não linear	39
Figura 5. Representação do Gráfico de Poincaré.....	40
Figura 6. Representação do Índice de SNS	41
Figura 7. Representação do Índice de SNP	44
Figura 8. Exemplificação dos cartões utilizados no Teste de Stroop versão original	47
Figura 9. Cartões do Teste de Stroop na versão Victoria	48
Figura 10. Demonstração do layout do Teste de Stroop computadorizado (TESTINPACS®). A – Etapa 1 (congruente); B – Etapa 2 (congruente); C – Etapa 3 (incongruente)	49
Figura 11. Tipo de estudo	52
Figura 12. Demonstrativo das etapas dos procedimentos do estudo	54
Figura 13. Colocação da cinta do monitor de Frequência Cardíaca	55
Figura 14. Interface inicial da ferramenta computacional T-RR Filter	56
Figura 15. Modelo de uma série temporal utilizando a ferramenta computacional T-RR Filter	56
Figura 16. Layout do resultado da análise da VFC no Kúbios HRV Standard® (3.4.3)	57
Figura 17. Demonstrativo da sequência de análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no estudo	58
Figura 18. Posição do participante durante Teste de Stroop Computadorizado.	60
Figura 19. Layout da tela inicial do Teste de Stroop Computadorizado	60

(TESTINPACS®)	
Figura 20. Layout das três etapas do Teste de Stroop Computadorizado (TESTINPACS®)	61
Figura 21. Layout da página de resultados do Teste de Stroop Computadorizado (TESTINPACS®)	61
Figura 22. Tempo de reação (milissegundos) das etapas Stroop 1, 2 e 3 e somatório do tempo de reação do teste de Stroop realizado por atletas de Badminton. *p<0,05 em relação ao Stroop 1; †p<0,05 em relação ao Stroop 2; ‡p< 0,05 em relação as etapas Stroop 1, 2 e 3	66
Figura 23. Número de Erros nas etapas 1, 2 e 3 e somatório de Erros do Teste de Stroop realizado por atletas de Badminton. †p< 0,05 em relação ao Stroop 2; *p<0.05 em relação ao Stroop 1 e 2	67
Figura 24. Valores de Frequência Cardíaca em atletas de Badminton (n=15) induzidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada 1 minuto de repouso (5min) e durante a indução do estresse. *p<0,005 em relação ao momento do Teste de Stroop aos minutos 1, 2, 3, 4 e 5 do repouso	72
Figura 25. Valores média de RR em atletas de Badminton (n=15) induzidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada 1 minuto de repouso (5min) e durante a indução do estresse. *p<0,005 em relação ao momento do Teste de Stroop aos minutos 1, 2, 3, 4 e 5 do repouso.....	72
Figura 26. Valores do Índice de Estresse em atletas de Badminton (n=15) induzidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada 1 minuto de repouso (5min) e durante a indução do estresse. *p<0,005 em relação ao momento do Teste de Stroop aos minutos 1, 3 e 5 do repouso.....	72
Figura 27. Valores do Índice de SNP em atletas de Badminton (n=15) induzidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada 1 minuto de repouso (5min) e durante a indução do estresse. *p<0,005 em relação ao momento do Teste de Stroop aos minutos 1 e 5 do repouso.....	76
Figura 28. Valores do Índice de SNS em atletas de Badminton (n=15) induzidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada 1 minuto de repouso (5min) e durante a indução do estresse. *p<0,005 em relação ao momento do Teste de Stroop aos minutos 1, 3 e 5 do repouso.....	77
Figura 29. Interpretação dos valores dos índices SNP e SNS.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização de Treinamento dos Atletas de Badminton (n=15)	65
Tabela 2. Valores de Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD) e Frequência Cardíaca (FC) de atletas de Badminton em três momentos: ambientação de 5 min, repouso de 5 min e imediatamente após a indução do Estresse Mental (Teste de Stroop)	68
Tabela 3. Valores de Média (\pm Desvio Padrão) da Variabilidade da Frequência Cardíaca utilizando métodos lineares de domínio do tempo, em atletas de Badminton (n=15) induzidos a Estresse Mental (10min) monitorados a cada minuto de repouso e durante a indução do estresse	71
Tabela 4. Valores de Média (\pm Desvio Padrão) da Variabilidade da Frequência Cardíaca utilizando métodos lineares de domínio frequência, em atletas de Badminton (n=15) induzidos a Estresse Mental (10min) monitorados a cada minuto de repouso e durante a indução do estresse.....	75
Tabela 5. Valores de Média (\pm Desvio Padrão) da Variabilidade da Frequência Cardíaca utilizando métodos não lineares (Gráfico de Poincaré), em atletas de Badminton (n=15) induzidos a Estresse Mental (10min) monitorados a cada minuto de repouso e durante a indução do estresse.....	79
Tabela 6. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis de domínio de tempo, no momento da indução do estresse mental e etapas (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop	80
Tabela 7. Coeficiente de Correlação de Pearson entre os índice de estresse, SNS e SNP, no momento da indução do estresse mental e etapas (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop	81
Tabela 8. Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis do domínio da frequência, no momento da indução do estresse mental e etapas (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop	82
Tabela 9. Coeficiente de Correlação de Pearson entre variáveis do Gráfico de Poincaré, no momento da indução do estresse mental e etapas (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FC	Frequência Cardíaca
PA	Pressão Arterial
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNC	Sistema Nervo Central
SNS	Sistema Nervoso Simpático
SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
LF	Baixa Frequência
HF	Alta Frequência
VLF	Muito Baixa Frequência
RMSSD	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos RR normais
NN50	Número de pares de NNs sucessivos que se diferem em mais de 50 ms
pNN50	Porcentagem dos ciclos sucessivos que apresentam diferenças de duração acima de 50 ms.
ECG	Eletrocardiograma
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PAD	Pressão Arterial Diastólica
HPE	Hipotensão Pós Exercício

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3 REVISÃO DE LITERATURA	25
3.1 BADMINTON.....	25
3.1.1 Badminton no Piauí	25
3.1.2 Característica do jogo	26
3.2 EXERCÍCIO FÍSICO E FUNÇÕES COGNITIVAS.....	28
3.2.1 Estresse e alterações cognitivas	28
3.2.2 Cognição em atletas de Badminton	29
3.3 ESTRESSE	29
3.3.1 Fisiologia do estresse	30
3.3.2 Estresse e Variabilidade da Frequência Cardíaca	32
3.3.3 Estresse em atletas	33
3.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	34
3.4.1 Análise da VFC: Métodos Lineares	36
3.4.1.1 Domínio de Tempo	36
3.4.1.2 Domínio da Frequência	37
3.4.2 Análise da VFC: Métodos não Lineares	39
3.4.3 Índice SNS e Índice SNP	41
3.5 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS	44
3.6 TESTE DE STROOP	46
3.6.1 Origem	46
3.6.2 Versões do Teste de Stroop	46
3.6.3 Aplicabilidade do Teste de Stroop	49
3.6.4 Teste de Stroop e Variabilidade da Frequência Cardíaca	50
4 MATERIAL E MÉTODOS	52
4.1 TIPOS DE ESTUDO	52

4.2 AMOSTRA	52
4.3 PROCEDIMENTOS	53
4.3.1 Variabilidade da Frequência Cardíaca	54
4.3.2 Níveis Pressóricos	59
4.3.3 Teste de Estresse Mental	59
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	61
4.5 CRITÉRIOS ÉTICOS DA PESQUISA	62
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	64
5.2 TESTE DE ESTRESSE MENTAL	65
5.3 RESPOSTAS HEMODINÂMICAS	68
5.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	70
5.4.1 Método Linear – Domínio do tempo	70
5.4.2 Método Linear – Domínio da frequência	71
5.4.3 Índices de SNS e SNP	76
5.4.4 Método não Linear – Gráfico de Poincaré	78
5.5 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DO ESTUDO	80
5.5.1 Correlação entre Dominio do Tempo e Teste de Stroop	80
5.5.2 Correlação entre Domínio da Frequência e Teste de Stroop	82
5.5.3 Correlação entre Gráfico de Poincaré e Teste de Stroop	82
6 CONCLUSÃO	84
REFERÊNCIAS	86
APÊNDICES	
APÊNDICE A – Anamnese	99
ANEXOS	
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa	100

1 INTRODUÇÃO

O Badminton, cujo primeiro nome foi “poona”, teve sua origem na Ásia a mais de 2 mil anos, onde era praticado com bastante popularidade e depois se difundiu por todo o mundo (Confederação Brasileira de Badminton – CBBd). Atualmente, mais de 176 países são membros da Federação Mundial de Badminton (BWF), sendo como principais potência a China, Indonésia, Coreia e Malásia (CBBd).

O Badminton é um esporte de ações rápidas e curtas, que requer uma preparação específica, quanto aos aspectos cognitivos em termos de atenção, velocidade de reação, tomadas de decisões e raciocínio rápido, além de aptidões físicas que envolvem coordenação, equilíbrio e velocidade (SETH, 2016). Por exigir esses aspectos cognitivos, o praticante de Badminton é submetido a constante estresse mental, pois suas ações exigem respostas rápidas e eficientes para o melhor desempenho (SETH, et al., 2016; GAO et al., 2019).

O estresse mental é uma consequência natural, que reflete a capacidade de reação do indivíduo, no ponto de vista autonômico (NOBREGA; CASTRO; SOUZA, 2007) que, quando são frequentes e prolongadas, podem desencadear perturbações emocionais e provocar desequilíbrio homeostático e alterações fisiológicas e psicológicas (DE ASSIS et al., 2021).

Experimentos científicos e estudos epidemiológicos prospectivos têm associado alterações cardiovasculares a diferentes distúrbios psicológicos, como depressão, ansiedade e o estresse mental (KOMORI; MAKINODAN; KISHIMOTO, 2019; DE ASSIS et al., 2021). De acordo com os autores, essas alterações também se refletem nos sistemas endócrino, imunológico e estruturas cerebrais.

Segundos a literatura, o controle de índices fisiológicos como Frequência Cardíaca (FC) e Pressão Arterial (PA), em circunstância estressoras, ocorre por meio do sistema cardiovascular, o qual oferece apoio hemodinâmico e metabólico para as respostas ao estresse, o que se deve ao papel do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) (FIORANELLI et al., 2018; WIRTZ; VON KÄNEL, 2017; CRESTANI, 2016).

O SNA é subdividido pelo Sistema Nervoso Simpático (SNS), que age sobre o miocárdio, e pelo Sistema Nervoso Parassimpático (SNP), que age sobre o nó sinoatrial, miocárdio e nó atrioventricular (LOPES et al., 2013). Os dois sistemas, ainda

de acordo com os autores, têm ação antagônicas, ou seja, o SNS eleva a FC e o SNP diminui, o que ocorre por estímulos intrínseco ou extrínseco ao organismo, como: exercício físico, estresse e alterações no fluxo sanguíneo.

A relação entre o estresse mental e as alterações cardiovasculares pode ser percebida na regulação das atividades cognitivas e afetivas, através de uma complexa interação de processamentos neurais, com repostas autonômicas aos mais variados estímulos fisiológicos e ambientais (MESTANIK et al., 2015). Este fato gerou o interesse em estudar esta relação e estimulou o desenvolvimento de métodos quantitativos de avaliação da atividade autonômica, sendo a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), o mais bem sucedido (LOPES et al., 2013).

A VFC é um método que monitora as oscilações entre os intervalos R-R dos batimentos cardíacos e possibilita a visualização das alterações derivadas das atividades autonômicas sobre a FC (LOPES et al., 2013). Ela tem sido um instrumento largamente benquisto nos estudos que relacionam estresse mental e sistema cardiovascular, por proporcionar uma análise não invasiva do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), pois ela é capaz de registrar modificações fisiológicas e psicológicas (THAYER et al., 2012; HERNANDO et al., 2019).

A análise da VFC está associada a estudos que envolvem patologias cardiovasculares, cerebrais e metabólicas, além das psicossomáticas como depressão, ansiedade e altos níveis de estresse (BEAUCHAINE; THAYER, 2015; KOENIG et al., 2016; HERNANDO et al., 2016, KIM et al., 2018).

A VFC apresenta dois métodos: os lineares, que se subdividem em domínio do tempo e domínio da frequência; e métodos não lineares. Além das variáveis lineares de domínio de tempo, para monitoramento da VFC, os estudos relacionam a atividade simpática do sistema cardiovascular, como resposta estressora, ao componente de domínio de frequência de baixa frequência (LF - 0,15 a 0,4 Hz), quando utilizado como um marcador beta-adrenérgico de controle, além da relação LF/HF (HF – alto banda de frequência de HRV, 0,15 a 0,40 Hz), que pode surgir como um fator de domínio autonômico (GOLDSTEIN et al., 2011; RAHMAN et al., 2011; REYES DEL PASO et al., 2013). Os estudos ressaltam, no entanto, a importância do LF como determinante da atividade do SNP, mas destacam que mais estudos precisam elucidar o papel da relação LF/HF no equilíbrio simpático-vagal.

Segundo Ribeiro et al. (2015) as alterações percebidas na análise da VFC estão associadas a diversos fatores, como faixa etária, composição corporal, fadiga e níveis de intensidade e sobrecarga de treinamento. Considerando os níveis de treinamento, George et al. (2012), Mcclaskey, Lee e Buch (2013), destacam que as alterações em atletas, por exemplo, são decorrentes dos esforços físicos constantes e situações de estresse psicológicos, sejam durante os treinos ou durante as competições. Estas são alterações eletrocardiográficas, como: bradicardia sinusal e repolarização prematura, o que resulta no aumento do tônus parassimpático e redução da atividade simpática (CORRADO et al., 2010; RIBEIRO et al., 2015).

A associação entre estresse mental e nível de treinamento físico pode gerar alterações impactantes nas atividades autonômicas, que são perceptíveis na VFC (THAYER et al., 2012). Na formação do atleta, diferentes aspectos, anatômicos, fisiológicos e psicológicos, estão em interação, pois a melhor performance exige prontidão a respostas tanto de estresse físico, como mental, o que acarreta muitas adaptações orgânicas e reações as funções cognitivas (CALDEIRA, 2011).

Entende-se por função cognitiva os processamentos mentais referentes a aquisição de conhecimentos; compreensão lógica e experienciais; percepção; atenção; praxia; memórias; funções executivas, dentre outros, que são fundamentais na atuação atlética, e os quais têm despertado muitos estudiosos a associarem a prática de exercício físico a essas funções cognitivas (LIN et al., 2018; PEDERSEN, 2019; STERN et al., 2019).

Dentre as funções cognitivas, as funções executivas, sobressaem no atleta, já que estas são atividades cognitivas autorregulatórias que auxiliam o domínio do pensamento e da ação, envolvendo controle inibitório, flexibilidade cognitiva, memória de trabalho, raciocínio, resolução de problemas e planejamento (DIAMONS, 2013; GU et al., 2019).

Diversos testes e métodos já foram desenvolvidos para estudos associando estressor mental e respostas cardiovasculares, mas o que apresenta maior destaque é o Teste de Stroop, ou também nomeado Teste de Palavras e Cor de Stroop (ENDUKURU; TRIPATHI, 2016). O teste criado por John Ridley Stroop baseia-se na ideia de que o indivíduo é capaz de ler palavras, mais rápido que identificar e nomear cores, e tem como característica ser um instrumento de avaliação rápida, fácil

execução, de confiabilidade e com validade para ativar todos os componentes do SNS (TAKAHASHI; GROVE, 2020).

2 OBJETIVOS

Analisar os efeitos da indução do estresse mental na variabilidade da frequência cardíaca em atletas de Badminton

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as respostas da Variabilidade da Frequência antes e durante teste de estresse mental no método linear de tempo e frequência, e não linear em atletas de Badminton.
- Monitorar os valores de Pressão Arterial e Frequência Cardíaca de atletas de Badminton, antes e após teste de estressor mental.
- Correlacionar componentes da Variabilidade da Frequência Cardíaca com resultados do teste de Stroop (tempo de reação e número de acertos).

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 BADMINTON

A origem do Badminton data de mais de 2 mil anos, na China, onde registros apontam que os chineses utilizavam uma peteca, a qual era rebatida com os pés, como um jogo bastante praticado (Comitê Olímpico Brasileiro – COB). Com o passar do tempo, ainda de acordo com COB, foi criada uma espécie de raquete ou batedor, que passou a ser usada pelos chineses e, também, pelos indianos, os quais no início do século XIX, criaram as regras e difundiram o esporte no mundo.

Segundo a Confederação Brasileira de Badminton (CBBd), na Índia, o Badminton foi denominado “poona” e foi levado a Europa por oficiais ingleses. De acordo com o autor, o “poona” ganhou nova denominação quando, em 1870, o esporte passou a ser praticado nas terras chamadas Badminton, as quais pertenciam ao Duque de Beaufort’s, na Inglaterra.

Hoje, o Badminton, é o segundo esporte mais praticado no mundo e que se tornou esporte olímpico em 1992, em Barcelona, e desde então, é um dos esportes mais populares e o esporte de raquete mais rápido do mundo, praticado por todas as idades como forma de lazer ou prática esportiva (ABE; OKAMOTO, 1989; STARK, 1991; GUILLAIN, 2004; LO; YONG; TAN, 2018).

3.1.1 Badminton no Piauí

O Badminton chegou ao Piauí em 2007 e logo foi implantado nas escolas públicas e privadas, o que levou os profissionais de Educação Física buscarem cursos de formação, bem como, empresas privadas e instituições federais (Instituto Federal do Piauí e Universidade Federal do Piauí) investirem em estrutura e pesquisa para o desenvolvimento do esporte (SILVA, 2020).

Ainda de acordo com Silva (2020), o Piauí tem um dos melhores centros de treinamento do Brasil, servindo de local para treinamento da Seleção Brasileira de Badminton, além de dispor de profissionais qualificados no exterior para o treinamento técnico, tático e físico, o que acarreta excelentes resultados em competições nacionais e internacionais. O Piauí tornou-se seleiro de novos atletas em decorrência de seus projetos de base, que visam não apenas o desenvolvimento no esporte, mas o desenvolvimento integral de crianças e adolescentes.

De acordo com a CBBd, em 2020, o Piauí apresentava 200 atletas com registro efetivo na federação, onde 118 como atletas profissionais e o restante como amadores, o que mostra uma eficiência na captação de praticantes e eficaz formação de atletas profissionais, que se destacam no cenário nacional e internacional.

Os dados acima refletem a popularidade do esporte no Estado e justificam o porquê dos atletas Piauienses estarem entre os melhores do país, acompanhado de centros considerados mais desenvolvidos, como São Paulo e Rio de Janeiro (SILVA, 2020).

3.1.2 Caracterização do jogo

Cabello e Gonzalez-Badillo (2003) caracterizam o Badminton como um esporte sem contato físico entre os participantes, que utiliza saltos, constantes mudanças de direção associada a movimentação rápida de braços e antebraços e bastante consciência corporal, espacial e temporal. Além das habilidades, a prática desse esporte requer equilíbrio, concentração e atenção de seus praticantes (OLIVEIRA; GONÇALVES; SEABRA JÚNIOR, 2017).

Esportes como o Badminton são caracterizados por ações intermitentes de altas e baixas intensidades, intercaladas por momentos curto de descanso, onde estudos afirmam que durante o jogo, o fornecimento de energia é predominado pelo sistema energético aeróbio, sendo aproximadamente de 60-70%, enquanto a contribuição do sistema anaeróbico é cerca de 40-30% (PHOMSOUPHA; LAFFAYE, 2015; PHOMSOUPHA; BERGER; LAFFAYE, 2018).

As partidas são disputadas individualmente ou em duplas, onde o objetivo do jogo, é fazer com que a peteca caia na quadra do adversário. O jogo é disputado em uma melhor de 3 *games* de 21 pontos, com diferença mínima de dois pontos para o adversário (21x19 por exemplo). Caso não tenha essa diferença mínima e o jogo se prolongar até atingir a pontuação 29x29, vence quem fizer primeiro os 30 pontos. O esporte possui cinco modalidades de disputa: simples masculino e feminino, duplas masculinas, femininas e mistas. Cada modalidade exigindo uma preparação específica na questão técnica e física (PHOMSOUPHA; LAFFAYE, 2015). Durante o jogo, os atletas de elite têm a necessidade de executar continuamente ações intermitentes, precisando se adaptar às exigências da partida, buscando sempre uma

perfeita combinação de aptidão física, perícia técnica e eficiência tática (PHOMSOUPHA; LAFFAYE, 2015; SINGH; RAZA; MOHAMMAD, 2011).

As ações no badminton possuem relação direta com o adversário, uma vez que as condutas não dependem apenas do próprio jogador, mas também, da resposta do adversário, capacidade de leitura das situações e tomadas de decisões de ambos os jogadores (FERNANDES, 2008).

Os gastos energéticos dos atletas de Badminton são determinados pela eficiência do deslocamento em quadra, dessa forma, os jogadores antecipam seu deslocamento, concentrando sua atenção na peteca, assim como, no oponente (YONG; TAN, 2018). Um ponto importante no esporte de alto rendimento é a capacidade de antecipar ações do adversário, assim, atletas mais peritos são melhores em antecipar ações, quando comparados com atletas menos qualificados (BROADBENT et al., 2015). Por exemplo, atletas de Badminton habilidosos que são melhores em antecipar o serviço (saque do adversário), fixam sua atenção com mais frequência e por um período mais longo na raquete e no punho do oponente, quando comparados com menos habilidosos que fixam sua atenção com mais frequência na cabeça do servidor (ALDER et al., 2014).

Existem múltiplos fatores para a análise do desempenho de atletas de Badminton, embora saiba-se que o desempenho de especialistas requer uma combinação de habilidades motoras e perceptivo-cognitivas (WILLIAMS; ERICSSON, 2005). Devido à complexidade da modalidade, as tomadas de decisões mais adequadas são fundamentais para se obter sucesso, já que o jogo promove diferentes situações no qual o atleta tem que se adaptar as constantes alterações, como decidir o golpe que deverá realizar, para qual direção da quadra, em qual zona colocar a peteca, o ângulo de contato da raquete com a peteca e o momento de executá-lo (FERNANDES, 2008). Normalmente, ainda de acordo com o autor, o Badminton é jogado constantemente sobre pressão na tomada de decisões pelos jogadores, com isso, o sucesso depende de ações realizadas praticamente de forma imediata.

A exigência quanto as tomadas de decisões exigem dos praticantes concentração, percepção do jogo, atenção e respostas executivas rápidas e precisas, além claro, da velocidade de reação (FERNANDES, 2008).

3.2 EXERCÍCIO FÍSICO E AS FUNÇÕES COGNITIVAS

Os benefícios da prática de exercício físico (atividade sistematizada, planejada e controlada) (BUDDE et al., 2016), sobre o funcionamento cerebral e o metabolismo, é bastante estudado e publicado, onde os resultados relatam a influência do exercício físico, principalmente, quando relacionados as tarefas que compreendem o córtex pré-frontal (MEKARI, S. et al., 2020). Esta área cerebral, ainda segundo os autores, envolve atividades executivas, além de atenção, memória de trabalho e tomada de decisão.

Embora ainda pouco compreendido, os benefícios do exercício físico no funcionamento cerebral, apresentam evidências de que favorecem a angiogênese, neurogênese e plasticidade sináptica, em decorrência do melhoramento do fluxo sanguíneo e metabolismo cerebral (LAUTENSCHLAGER; COX; CYARTO, 2012; LUCAS et al., 2015). As melhorias cognitivas oriundas da prática de exercício físico podem estar relacionadas, segundo Erickson, Hillman, Kramer (2015) e Erickson et al. (2019) a fatores neurotróficos e expressões de neurotransmissores, os quais promovem a plasticidade sináptica e multiplicação, bem como, da longevidade celular. Além disso, segundo os autores, o exercício físico pode promover a saúde cerebral e manutenção da cognição, por alterar a sinalização de insulina/glicose, as vias inflamatórias, o estresse oxidativo e regular hormônios e vascularização cerebral.

3.2.1 Estresse e alterações cognitivas

A cognição é uma importante função cerebral que se traduz na recepção e percepção de estímulos, bem como, sua interpretação, o que abrange a capacidade de aprendizagem, tomada de decisão, atenção e julgamento (SANDI, 2013). Tais respostas cognitivas, ainda segundo Sandi, são formadas, especialmente, no hipocampo, amígdala e lobo temporal e sofrem interferência da intensidade, duração, origem e magnitude dos estímulos estressores.

De acordo com Yaribeygi et al. (2017) o efeito do estresse nas respostas cognitivas pode ser agudo, em decorrência dos efeitos beta-adrenérgicos (catecolaminas), e crônico, promovido, a longo prazo, por alterações na expressão gênica intercedidas por esteroides (glicocorticosteroides).

O efeito agudo do estresse promove modificações fisiopatológicas no cérebro, o que acarreta manifestações comportamentais, cognitivas e de humor, que são decorrentes das repostas dos SNA, neurotransmissor central e sistema neuropeptídeo, além do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal, os quais ativam os circuitos neurais do cérebro, responsáveis pelo processamento de dados (SANDI, 2013).

Já o efeito crônico promove aumento de interleucina-6 (IL-6) e cortisol plasmático, diminuição de proteína de ligação ao elemento responsivo ao AMPc (adenosina monofosfato c (clico)) e fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) (SONG et al., 2006). Ainda de acordo com os autores, a elevação das concentrações de fatores inflamatórios, como as IL-6 e o TNF- α (Fator de Necrose Tumoral Alfa), o qual gera distúrbios cognitivos, é uma evidência da relação fisiológica entre estresse e distúrbios cognitivos.

3.2.2 Cognição em atletas de Badminton

É sabido que o cérebro humano sofre alterações decorrentes da neuroplasticidade, produzidas por exercício físico e treinamento de habilidades motoras, mas como as funções sensoriais, motoras e cognitivas moldam-se a essas alterações ainda não é bem esclarecido (LAPPI, 2015). Sabe-se também, por exemplo, que atletas de Basquete e Badminton apresentam alargamento morfológico no cerebelo em comparação com demais esportes e mesmo com não atletas (DI et al., 2012).

Estudos de Di et al. (2012) e Xu et al. (2016), apontaram que o córtex parietal de atletas de Badminton apresenta maior conectividade com os córtex cingulado anterior e frontal médio e reduzida conectividade com o córtex frontal inferior e médio. Isso traz consequência no desempenho de atenção multimodal final, ou seja, melhoria na coordenação óculo-manual e visuoespacial, que aumenta a percepção, foco, antecipação, planejamento e poder de reação maior (DI et al., 2012; WOLF et al., 2014).

3.3 ESTRESSE

O estresse, de um modo amplo, é uma resposta fisiológica originária de uma reação a diferentes situações que tiram o indivíduo do seu estado de repouso (basal)

e que não deixa de ser uma característica intrínseca da evolução humana (RUSSEL; LIGHTMAN, 2019). Em um conceito mais integrado proposto por Dhabhar e McEwen (1997) destaca que o estresse é um conjunto de eventos, que incide de um estímulo (agente estressor), o qual origina uma reação do cérebro (percepção), que desencadeia o sistema fisiológico como resposta, que gera um desequilíbrio na homeostase.

3.3.1 Fisiologia do Estresse

Para reestabelecer a homeostase, o organismo gera uma “resposta ao estresse” ou “resposta estressora” através da neutralização dos estímulos estressores, a qual é uma sequência de processos em oposição aos estímulos percebidos pelo cérebro (GUAN et al., 2018). Um dos principais sistemas responsáveis pela regulação do estresse é Sistema Nervoso Autônomo (SNA), o qual pertence ao Sistema Nervoso Periférico e regula, de forma inconsciente, as alterações fisiológicas do organismo (ULRICH-LAI; HERMAN, 2009; GUAN et al., 2018).

O SNA é dividido em Sistema Nervoso Simpático (SNS) e Sistema Nervoso Parassimpático (SNP), que juntos, regulam as respostas ao estresse através das funções interrelacionadas, ou seja, a ativação de um (SNS) promove a inibição relativa do outro (SNP), acontecimento este, conhecido como “equilíbrio simpático-vagal” (ULRICH-LAI; HERMAN, 2009). Portanto, as diversas respostas fisiológicas aos variados estímulos e/ou estressores, sejam intrínsecos ou extrínsecos ao organismo, provém do SNA (CHROUSOS, 2009).

Quando o organismo é submetido a um estresse agudo (período entre minutos ou horas), o SNA, através do SNS e SNP, promove uma resposta imediata na homeostase, através da inervação neural dos órgãos alvo (CHROUSOS, 2009). Um exemplo deste processo é a resposta fisiológica inflamatória, que é, principalmente, controlada pelo SNP, com a ativação simultânea do SNS (TRACEY, 2007; GUAN et al., 2018).

De acordo com Fioranelli et al. (2018), o estresse promove complicadas respostas psico-neuro-imuno-endócrinas, as quais estão relacionadas, principalmente, ao eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) e, também, ao SNA. Ainda

de acordo com os autores, este fenômeno foi descrito nos anos 30, pelos fundadores da Ciência do Estresse, Walter Bradford Cannon e Hans Selye.

Apesar de ter origem psicológica, o estresse promove reações fisiológicas em todo organismo: alteração no funcionamento cerebral; no sistema cardiovascular, em decorrência da hiperatividade do SNA e promovem modificações na homeostase orgânica (ENDUKURU; TRIPATHI, 2016). Associada a estas reações ocorre a secreção de catecolaminas e glicocorticoides, que a curto prazo, geram alterações na pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC), o que, particularmente, faz o sistema cardiovascular sensível as consequências do estresse (BLONS et al., 2019).

O sistema cardiovascular atua diretamente durante o estresse, através da alteração da FC, elevação da PA e, por conseguinte, do débito cardíaco (DE ASSIS et al., 2021). Isso ocorre devido a elevação da atividade simpática, a qual promove aumento da FC, da força de contração e do fluxo sanguíneo, e diminuição da atividade parassimpática (FIORANELLI et al., 2018). De acordo com os autores, essas alterações desencadeiam um comportamento instável da função elétrica do miocárdio, o que provoca arritmias e lesão endotelial letais a longo prazo.

De forma mais clara, o estresse promove alterações fisiológicas que têm origem na parte central e superior do cérebro e tem atuação direta para a periferia, via SNA, o qual, através de seus estímulos (SNS e SNP), inervam o coração (ENDUKURU; TRIPATHI, 2016). Segundo os autores, a ativação do SNP promove, de acordo com os estímulos, uma diminuição da FC, enquanto a SNS uma elevação, como por exemplo, durante o sono e durante o esforço físico, respectivamente, pois os dois sistemas interagem constantemente e essa interação é percebida na Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC).

Quanto as reações hormonais decorrentes dos estímulos estressores, Araldi-Favassa, Armiliato e Kalinine (2005) explicam que ocorrem, principalmente, através da liberação ou inibição de hormônios produzidos nas células do hipotálamo, os quais são deslocados para o lobo anterior da hipófise.

Já o estímulo da adeno-hipófise, ainda de acordo com Araldi-Favassa, Armiliato e Kalinine (2005), é decorrente da liberação da corticotropina (CRF), a qual estimula a liberação de outro hormônio, o adrenocorticotropina (ACTH), que por sua vez,

promove a liberação dos glicocorticoides, através do córtex da supra espinhal, dentre os quais se destaca o cortisol, importante sinalizador de estresse.

As concentrações aumentadas dos hormônios do estresse podem promover alterações de memória e outras alterações cognitivas, tendo influência do nível e duração do estímulo estressor (YARIBEYGI et al., 2017).

3.3.2 Estresse e a Variabilidade da Frequência Cardíaca

A VFC tem sido um método não invasivo, bastante utilizado para avaliação do estresse (BALI; JAGGI, 2015), pois a análise das séries temporais de intervalo RR, apresenta dados sobre as alterações do SNP e SNS, os quais promovem grande parte das modulações cardiovasculares, o que acaba expressando importantes marcadores do estresse agudo (ERNST, 2017; KIM et al., 2018).

A interação entre as funções SNA e do Sistema Nervos Central (SNC) é conhecida desde a década de 90 e mais recentemente por meio de estudos utilizando neuroimagens (DE LA CRUZ et al., 2019), os quais destacam que o cérebro, através da rede autonômica central, desempenha um rígido controle sobre as diversas regulações orgânicas (ex. secreções hormonais) (BLONS et al., 2019).

Os elementos formadores da rede autonômica central são distribuídos por diversas estruturas neurais interconectadas que comandam várias entradas e saídas de estímulos/informações (THAYER; LANE, 2009). Essa rede autonômica central, ainda segundo os autores, está envolvida no complexo controle da FC decorrentes das modulações parassimpática e simpática. Deste modo, a VFC demonstra mais que funções cardiovasculares normais, mas demonstra como o cérebro atua nas adaptações a estímulos diversos, o que permite a exploração das interrelações cérebro-coração, ou seja, da integração neuro visceral (BLONS et al., 2019).

Através das medidas da VFC é possível analisar as funções do SNC, respostas cognitivas, regulação emocional e atenção, as quais se concentram nos valores obtidos no domínio do tempo e das séries temporais (THAYER; LANE, 2009; THAYER et al., 2012; KIM et al., 2018). Quando ocorre o estímulo estressor, o organismo responde através da ligação entre córtex pré-frontal e amígdala, os quais têm papel importante na regulação fisiológica periférica por meio do SNA (ARNSTEN, 2015).

A análise das variáveis da VFC, realizada em repouso, destaca duas em especial, quando se trata de estresse mental: 1 – componente de alta frequência (HF – 0,15 a 0,4 Hz), em decorrência à arritmia sinusal respiratória; 2 – componente de baixa frequência (LF – 0,15 a 0,4 Hz), que retrata a atividade do SNS e SNP (HERNANDO et al., 2016). A relação entre LF e HF, segundo os autores, é tida como uma medida do equilíbrio simpático-vagal, o que pode ser utilizada como um indicador avaliativo do estresse. Dimitriev, Saperova e Dimitriev (2016) destacam em seus estudos, que as implicações fisiológicas do estresse têm início no cérebro, onde é recrutada uma complexa organização neural de diversas estruturas cerebrais autonômicas, as quais promovem consequências na regulação cardiovascular. Essas interrelações, ressaltam os autores, estão cada vez mais relatadas, principalmente, com correspondência as séries temporais obtidas pela análise da VFC.

3.3.3 Estresse em atletas

No ambiente esportivo, o estresse é presença constante, pois as exigências físicas, técnicas e táticas acarretam horas de treinamentos intensivos, desgastes físico e mental, com reduzido tempo de repouso, o que promove prevalência de fadiga, maior incidência de lesões e variados sintomas de estresse (SILVA, 2016).

Segundo Fletcher et al. (2012), as causas do estresse no meio esportivo de alto rendimento são decorrentes de fatores intrínsecos ao esporte, papéis organizacionais no esporte, relações esportivas e demandas interpessoais, carreira atlética, bem como, questões de desenvolvimento de desempenho, e estrutura e clima do esporte. Todos esses aspectos envolvem, além das demandas físicas e mentais do atleta, as demandas estruturais da prática.

Para Verardi et al. (2012), existem diversos agentes estressores para atletas de elite, dentre elas: a situação competitiva, as comparações existentes, os processos avaliativos e o grande volume de treinamento, os quais são consideradas demandas ambientais estressoras, que o atleta pode ou não suportar e que dependendo da reposta a esses estresses podem acarretar problemas de saúde e afetar o desempenho.

O estresse em atletas de alto rendimento pode ter impacto direto na performance e nas respostas cognitivas como: raciocínio, falta de atenção, dificuldade

de realizar tarefas e atrasos nas respostas executivas (KAVANAGH, 2005). O autor ainda ressalta que o estresse pode ter efeitos negativos em atividades coletivas, com diminuição na comunicação e letargia nas tomadas de decisões.

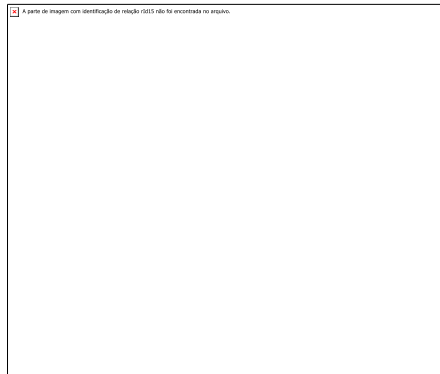
Outros efeitos do estresse estão relacionados ao aumento da ansiedade e dos níveis de cortisol, além de alterações na variabilidade da frequência cardíaca, débito cardíaco (SOUZA et al. 2019) e variações nas respostas cognitivas (MATOS et al. 2014).

Porém, o estresse nem sempre é prejudicial ao atleta, já que seus efeitos estão relacionados a como o atleta recebe, percebe e enfrenta o estímulo estressor (WEINBERG; GOULD, 2017). De acordo com Kellman (2010), o estresse pode gerar estímulos que melhorem a capacidade funcional, previnam problemas de saúde, preservem a performance e melhorem as respostas cognitivas, o que dependerá da dose de estresse e do tempo de recuperação para cada novo estresse, o que pode também está relacionado ao tipo de treinamento efetuado, bem como, o esporte praticado.

3.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A FC é um parâmetro cardiovascular simples e acessível, que é determinada pela influência das atividades simpática e parassimpáticas do SNA (CAETANO; DELGADO; ALVES, 2015). Nesse sentido, a variabilidade da frequência cardíaca é um método para avaliar a modulação autonômica cardíaca, na qual baseia-se na análise dos tempos entre cada batimento cardíaco consecutivo, chamados de intervalos R-R, sendo uma medida não invasiva utilizada na identificação de eventos relacionadas ao SNA, em atletas, pessoas saudáveis e doentes (Figura 1) (CARLOS et al., 2009; ESQUIVEL et al., 2011).

Figura 1 – Eletrocardiograma (ECG) mostrando intervalo RR.



Fonte: <https://docplayer.com.br/docs-images/68/58821721/images/37-0.jpg>

O controle da frequência cardíaca acontece por meio das informações aferentes (via sensitiva) de uma complexa interação de estímulo e inibição, na qual, na procura de um equilíbrio simpático-vagal, respostas das vias simpática e parassimpática, alteram a FC, adaptando-a as necessidades de cada momento (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003; CARLOS et al., 2009). Dessa forma, uma maior ação da atividade simpática e menor da via parassimpática, resulta no aumento da FC, em contrapartida, a sua redução depende basicamente do predomínio da atividade vagal (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003).

A variação ao longo do tempo, entre cada batimento cardíaco consecutivo, é predominantemente dependente da regulação intrínseca da FC, acreditando-se que a VFC reflete a capacidade do coração de se adaptar a mudanças de circunstâncias, identificando e respondendo de forma rápida à estímulos inesperados, assim a análise da VFC possibilita avaliar a saúde cardíaca geral do indivíduo e o estado do SNA, responsável pela regulação da atividade cardíaca (ACHARYA et al., 2006).

O interesse das medidas de FC decorreu-se pelo fato de ser um método não invasivo, de baixo custo, eficientes e que podem ser aplicados rotineiramente e simultaneamente em muitos atletas (BUCHHEIT, 2014). A priori, o monitoramento da FC era somente possível com registradores eletrocardiográficos de laboratório, mas com o avanço tecnológico essas medições passaram a ser também registradas com monitores cardíacos portáteis que possuem validação (WALLÉN et al., 2012;

WEIPPERT et al., 2010), impulsionando o uso em desenvolvimentos de pesquisas sobre VFC (BUCHHEIT, 2014).

A análise da VFC pode realizada em períodos longos (24 h) ou curtos (5 a 30 min), realizado em repouso ou com estressores físicos ou mentais e até mesmo a partir de controles respiratórios (MARÃES, 2010).

3.4.1 Análise da VFC: métodos lineares

Os registros da FC para análise da VFC são classificados como métodos no domínio do tempo e no domínio da frequência (KUMAR et al., 2014), onde o domínio do tempo é resultado da medida do intervalo de cada batimento cardíaco (intervalo RR) em milissegundos, em um determinado intervalo de tempo, com isso, a partir de cálculos estatísticos ou geométricos, calcula-se índices tradutores de flutuações na duração dos ciclos cardíacos (MARK et al., 2011; LOPES et al., 2013).

3.4.1.1 Domínio do tempo

Os índices obtidos a partir dos intervalos de tempos RR correspondem: Média de RR (ms), Média de FC (bpm), Mínima FC (bpm), Máxima FC e componentes estatísticos: SDNN (desvio padrão da média dos intervalos RR normais consecutivos, expressos em milissegundos); RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, expressos em milissegundos); NN50 (número de pares de NNs sucessivos que se diferem em mais de 50ms); pNN50 (porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração superior a 50 milissegundos) (LOPES et al., 2013).

Além desses índices é possível ainda avaliar o Índice de Estresse (*Stress Index* - SI), também conhecido como Índice de Tensão do Sistema Regulador e calculado usando a equação de Baevsky (2009).

$$SI = \frac{AMo}{2Mo} \times MxDMn$$

Onde:

AMo: é a amplitude de um modo que é o número de intervalos RR.

Mo (Modo): o valor mais frequente que ocorreu na faixa dinâmica dos intervalos RR.

MxDMn: Escopo de variação, que é a diferença entre o valor máximo e mínimo de RR.

O Índice de Estresse retrata a ativação do sistema nervoso simpático ou a regulação central, que durante indução do estresse, seja físico ou mental, se manifesta pela estabilização do ritmo, redução da duração do intervalo e elevação do número de intervalos semelhantes (crescimento Amo) (BAEVSKY; CHERNIKOVA, 2017).

Bali e Jaggi (2015) afirmam que a VFC é utilizada como um método não invasivo de avaliação do estresse, já que este é uma resposta fisiológica que promove alterações no intervalo de tempo dos batimentos cardíacos (intervalo RR), o que reflete a atividade do SNA.

É válido ressaltar que durante o estresse ocorre uma elevação significativa de LF, redução de FC e elevação na razão média de LF/HF (KUEHL et al., 2015; McDUFF; GONTAREK; PICARD, 2014), onde o HF (0,15-0,40 Hz) está relacionada à atividade parassimpática cardíaca e a LF, que é modulada pela atividade barorreflexa está associada a atividade simpática e, também, parassimpática (McDUFF; GONTAREK; PICARD, 2014).

De acordo com Baevsky e Chernikova (2017), um estresse leve, seja mental ou físico, eleva o SI em 1,5 a 2 vezes, enquanto o forte eleva o SI em 5 a 10 vezes. Em indivíduo com estresse crônico, mesmo em repouso, apresenta SI entre 400 a 600 unidades convencionais, enquanto um paciente acometido de angina pectoris ou infarto do miocárdio, o SI pode atingir 1000 a 1500 unidades convencionais.

3.4.1.2 Domínio da Frequência

O domínio da frequência é o registro da intensidades das ondas observadas em intervalos de tempo reduzidos, chegando até 4 segundos e tendo como unidade o Hertz (Hz) e seus componentes são: alta frequência (*High Frequency* – HF), possuindo variação de 0,15 a 0,4Hz, sendo um indicador da modulação vagal no coração, e é sincronizada com o ritmo respiratório, enquanto o componente de baixa frequência (*Low Frequency* – LF), variando entre 0,04 e 0,15Hz, é resultante da ação conjunta do sistema simpático e parassimpático (MARK et al., 2011). Já o componente de muito baixa frequência (*Very Low Frequency* – VLF) é um parâmetro menos utilizados, devido que, sua explicação fisiológica não está bem fundamentada, onde

esses índices parecem estar relacionados ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, à termorregulação e ao tônus vasomotor periférico (CARLOS et al., 2009). A relação LF/HF (índices LF e HF), reflete o equilíbrio global dos sistemas simpáticos e parassimpáticos do SNA (LANG et al., 2010) (Figura 2).

Figura 2 – Medidas da Variabilidade da Frequência Cardíaca no domínio do tempo e da frequência e suas influências autonômicas.

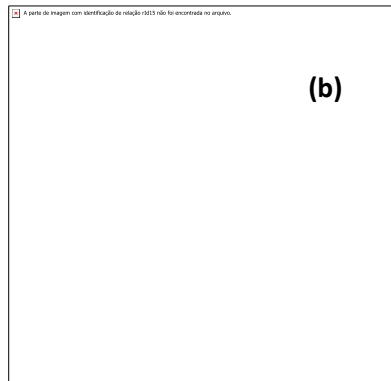
Domínio do tempo	Definição	Influência Autonômica
SDNN (ms)	Desvio padrão da média dos intervalos RR normais consecutivos.	SNS e SNP
RMSSD (ms)	Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes.	Simpático-vagal
NN50 (beats)	Número de pares de NNs sucessivos que se diferem em mais de 50ms.	SNP
pNN50 (%)	Porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração superior a 50 milissegundos.	SNP
Domínio da Frequência		
HF (Hz)	Componente de alta frequência com variação de 0,15 a 0,4 Hz.	SNP
LF (Hz)	Componente de baixa frequência com variação de 0,04 a 0,15 Hz.	Predominantemente SNS
LF/HF	Razão LF/HF.	Balço simpático-vagal

Fonte: SÁ et al., 2013

A obtenção dos índices espectrais é feita a partir de um gráfico que expressa a variação dos intervalos RR em função do tempo, no qual é processado por algoritmos matemáticos, como a transformação rápida de Fourier ou modelos autorregressivos (figura 3) (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003).

Figura 3 – (a) gráfico expressando a variação dos intervalos RR durante um certo período de tempo. Em (b) gráfico do poder espectral a partir dos intervalos analisados.





Fonte: Dados do Kubios HRV Standard (ver. 3.4.4)

3.4.2 Análise da VFC: Métodos não lineares

Os métodos não lineares são também utilizados para análise da VFC, já que segundo a literatura, os sinais de VFC são oriundos de variados sistemas não lineares e, por isso, é viável a utilização de componentes dessa natureza (KHOVANOV et al., 2009). Corroborando com os autores acima, a justificativa para a utilização de métodos não lineares a análise da VFC é que as características não lineares do coração podem não serem registrados através do domínio de frequência, sendo, portanto, indicado métodos como os gráficos de Poincaré (HEINZEN, 2018) (Figura 4).

Figura 4. Medidas da Variabilidade da Frequência Cardíaca no método não linear.

Variáveis de Poincaré	Definições
SD1 (ms)	Desvio padrão da projeção sobre a linha perpendicular a linha identidade ($y = -x + 2 \times RR$). Reflete a variabilidade instantânea da série.
SD2 (ms)	Desvio padrão da projeção do gráfico sobre a linha identidade.
SD2/SD1	Razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR.
ApEn	Entropia aproximada. Medida estatística de regularidade que quantifica a imprevisibilidade das flutuações em uma série temporal.
SampEn	Entropia amostral. Amostragem de informações sobre a regularidade da série temporal.
DAF	Análise das flutuações destendenciadas.
$\alpha 1$	Coefficiente calculado para as janelas cujo tamanho varia entre 4 e 16 batimentos
$\alpha 2$	Coefficiente calculado para janelas com tamanhos superiores a 16 batimentos

Fonte: CALOTI; ANDREÃO; SARCINELLI FILHO, 2013.

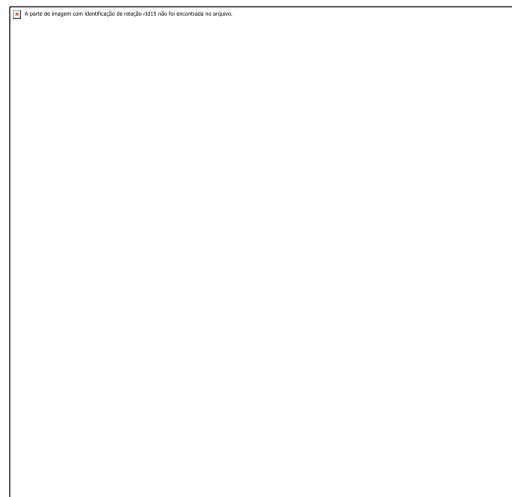
Os gráficos de Poincaré são estudos gráficos de dispersão de uma série temporal na análise da VFC, cujo valor de RR em um certo momento, (t), é plotado ao valor do próximo RR (t + 1) durante toda gravação (PISKORSKI; GUZIK, 2007). Portanto, ainda de acordo com os autores, cada ponto simboliza a relação entre dois

batimentos cardíacos consecutivos, o que fornece uma representação gráfica da variabilidade a cada batimento no decorrer de um dado período de análise, o que possibilita perceber o grau de complexidade dos intervalos RR (Figura 5).

Quando o gráfico é formado pelo método de elipse, é possível determinar três índices: SD1: desvio-padrão da variabilidade aguda do intervalo a cada batimento; SD2: a variabilidade a longo prazo dos intervalos RR contínuos; e a razão SD1/SD2 (ROY; GHATAK, 2013). Os autores ressaltam que SD1 representa a largura e SD2 o comprimento da elipse.

Embora esta técnica seja validada como método de análise da VFC, ela ainda necessita de mais estudos clínicos (ARDISSINO et al., 2019).

Figura 5 – Representação do Gráfico de Poincaré



Fonte: Kubios HRV Standard® 3.4.3. Disponível em: www.kubios.com

Ainda sobre os métodos não lineares, é possível realizar a análise de flutuação depurada de tendência (*Detrended Fluctuation Analysis – DFA*), a qual calcula a presença ou ausência de predicados de correlação fractal dos intervalos RR (HUIKURI; MAKIKALLIO; PERKIOMAKI, 2003), ou seja, permite quantificar a correlação de séries temporais fisiológicas não estacionárias.

Acharya, Lim e Joseph (2002) afirmam que este método é capaz de evidenciar fenômenos associados a cruzamento ou mudança nos expoentes de escala a curto

($\alpha 1$) e longo ($\alpha 2$) prazo, o que pode detectar dados saudáveis e patológicos a partir da análise da VFC.

Outro método não linear é a entropia que vem se destacando como um método eficiente para quantificar a complexidade fisiológica da VFC em diversas situações (PORTA et al., 2009). Seu conceito provém da termodinâmica, como um grau de irreversibilidade de processos físicos e que posteriormente, passou a representar o nível de desordem de um sistema de partículas, na mecânica física, que ficou conhecido como a entropia de Boltzmann e Gibbs (SILVA, 2021).

No entanto, a aplicabilidade da entropia para análise de séries temporais surgiu a partir da medida de taxa de entropia ou crescimento da entropia, que ficou conhecida como entropia aproximada (ApEn) e da entropia de amostra (SampEn) (PICÓ et al., 2013).

A ApEn surgiu para medir a irregularidade dos dados da série temporal e utiliza três parâmetros: a dimensão de incorporação (m), o valor e tolerância (r) e o comprimento dos dados (N) (YENTES et al., 2013). Já o SampEn foi proposto para diminuir o viés no ApEn e sua aplicabilidade é quantificar a complexidade dos intervalos RR associando a indivíduos saudáveis, o que pode acarretar interpretações tendenciosas (MARWAHA; SUNKARIA, 2016).

3.4.3 Índice SNS e Índice SNP

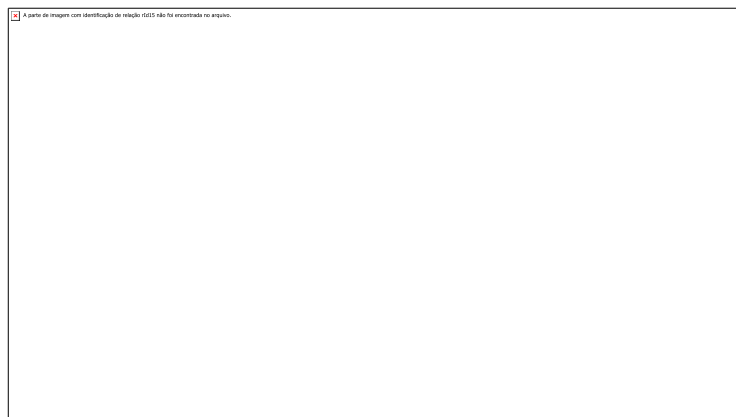
Outros dados possíveis de serem analisados, segundo Tarvainen et al. (2021) são: Índice SNS e o Índice SNP, que fornecem estimativas confiáveis em relação aos valores normais de repouso e que de acordo com Sahoo, Mahapatra e Ruban (2019) são baseados em parâmetros conhecidos de VFC que refletem a atividade do SNS e SNP.

É sabido que a atividade cardíaca simpática é responsável por elevar a FC, reduzir a VFC, principalmente, as alterações rápidas da arritmia sinusoidal respiratória (*Respiratory sinusoidal arrhythmia* - RSA), no intervalo RR e elevar a razão entre menor frequência e maiores oscilações de frequência na análise da VFC (TASK FORCE, 1996; ACHARYA et al., 2006) (Figura 6). Com base nesses dados o cálculo do índice SNS no software HRV Kubios, segue os seguintes parâmetros:

1. Média RR, já o valor mais elevado da FC está relacionado a maior atividade simpática.
2. Índice de estresse de Baevsky (Stress Index – SI), a qual é uma medida geométrica da VFC que reflete o estresse cardíaco, onde valores mais elevados de SI refletem menor variabilidade e elevada ativação simpática.
3. Índice SD2 (Gráfico de Poincaré) em unidades normalizadas, o qual está relacionada a potência LF/HF, pois estes valores estão ligados ao equilíbrio do SNA. Sendo assim, normalizou-se o SD2, o qual está ligado ao SDNN e correlaciona-se com LF/HF como o terceiro parâmetro para o cálculo do índice SNS.

O valor de cada parâmetro é comparado aos valores normais da população, depois dimensionados aos valores dos desvios padrão (DP) populacional e, em enfim, a uma ponderação, que pode envolver associações entre intensidade de esforço, FC e VFC, é aplicada para obtenção do valor do índice SNS (NUNAN; SANDERCOCK; BRODIE, 2010; KUBIOS, 2021).

Figura 6 – Representação do Índice do Sistema Nervoso Simpático



Fonte: Kubios HRV Standard® 3.4.3. Disponível em: <https://www.kubios.com/hrv-ans-function/#Taskforce1996>

Para a interpretação do índice de SNS entende-se que: valor zero, que os três parâmetros, em média, são iguais o da população considerada normal; valor positivo, reflete quantos DPs acima da média da população normal são os valores dos parâmetros; valor negativo, reflete quantos DPs abaixo da média da população normal

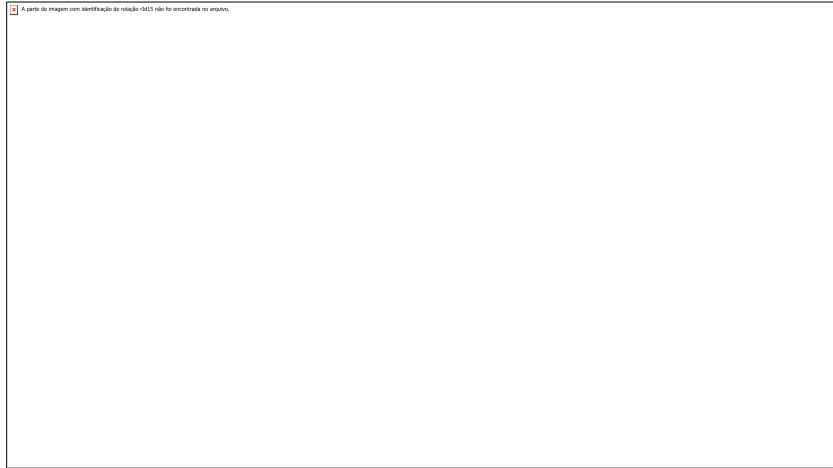
são os valores dos parâmetros. Sob estresse, o índice SNS pode alcançar valores entre 5 e 35 (KUBIOS, 2021).

Já a atividade parassimpática é responsável por reduzir a FC, elevar a VFC através da RSA, ou seja, elevar as alterações rápidas no intervalo RR ligados a respiração – encurtando os intervalos RR durante a inspiração e alongando os intervalos RR durante a expiração e reduzir e redução da razão entre menor frequência e maiores oscilações de frequência nas séries temporais da VFC (TASK FORCE, 1996; ACHARYA et al., 2006) (Figura 7). Com base nesses dados o cálculo do índice SNP no software HRV Kubios, segue os seguintes parâmetros:

1. Média RR, onde média mais longa reflete menor FC e maior ativação parassimpática.
2. Valor RMSSD, o qual é um parâmetro de domínio do tempo usado para detectar alterações rápidas batimento a batimento no intervalo RR e ligado a magnitude do RSA. Elevados valores de RMSSD significam alta RSA e alta atividade parassimpática.
3. Índice SD1 (Gráfico de Poincaré) em unidades normalizadas, o qual está relacionado ao RMSSD e a razão SD2/SD1 está relacionada com a razão LF/HF, o que faz o SD1 ser normalizado pelo HRV Kubios, como o terceiro parâmetro para o cálculo do índice SNP.

Para o cálculo do índice de SNP, os valores dos três parâmetros são comparados ao da população normal, onde o valor de SD1 é originado com base em sua correlação com o RMSSD. Os valores dos parâmetros são então dimensionados com os desvios padrão da população e depois de uma ponderação é obtido o valor do índice de SNP (NUNAN; SANDERCOCK; BRODIE, 2010; KUBIOS, 2021).

Figura 7 – Representação do Índice do Sistema Nervoso Simpático



Fonte: Kubios HRV Standard® 3.4.3. Disponível em: <https://www.kubios.com/hrv-analysis/function/#Taskforce1996>

Na interpretação dos valores do índice de SNP entende-se que: valor zero, os parâmetros retratam atividade parassimpática iguais a média da população; valor positivo, retrata quantos DPs acima média populacional normal, são os parâmetros; valor negativo, quantos DPs abaixo da média populacional normal, são os parâmetros.

De acordo com Nunan, Sandercock e Brodie (2010), os valores normais são originários de análise da VFC em repouso, portanto, fica entre -2 e +2, ou seja, $\pm 2DP$ da distribuição normal, por isso, em situação de estresse os valores do índice de SNP podem ser muito mais baixos.

3.5 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS

A exposição de atletas a diversos tipos de estresse, podem se tornar uma condição para a redução do desempenho esportivo, uma vez que essas circunstâncias são acompanhadas por alterações psicofisiológicas (CAMPO et al., 2016; DZIEMBOWSKA et al., 2016). Uma possível explicação para causas como essas, de perda de desempenho esportivo, é o descontrole do funcionamento harmonioso do SNA (PAULA et al., 2016).

Esportes e eventos competitivos exigem o máximo de desempenho do atleta, não somete fisicamente, mas também no domínio psicológico. Nesse sentido a prática de esporte em alto rendimento, gera um aumento nos níveis de ansiedade, sendo que

conforme Dziembowska et al., (2016), ela pode ser composta pela ansiedade somática, que se caracteriza pela excitação autonômica (por exemplo, sudorese e alteração da frequência respiratória) caracterizando os componentes fisiológicos da ansiedade, e em ansiedade cognitiva, que tange o componente mental da ansiedade, constituindo possibilidades negativas de sucesso e processos de atenção comprometidos.

De fato, a utilização da VFC como marcador fisiológico pelos cientistas esportivos, vem objetivando o auxílio na gestão de treinamento, como um meio de otimizar a adaptação e o desempenho dos atletas, visto que é marcador não invasivo e de fácil aplicabilidade, e tem demonstrado refletir a carga de treinamento (BUCHHEIT, 2014). A VFC pode ser reduzida diante de situações que provocam estresse e ansiedade no indivíduo, como tomadas de decisões complexas ou simplesmente, lidar com um grande público presente nos eventos esportivos, situações estas, que são inerentes na vida esportiva de atletas de elite, e que tornam as tomadas de decisões, fatores determinantes para a vitória ou derrota (DONG, 2016; JIMÉNEZ MORGAN; MOLINA MORA, 2017).

A redução da VFC é afetada também pelo processo de envelhecimento (OGLIARI et al., 2015). No entanto, a prática de atividade e/ou exercício físico regular, retarda o processo de envelhecimento, aumentando a VFC, pressupondo o fato do aumento do tônus vagal (DONG, 2016). Deste modo a VFC, ainda de acordo com o autor, é considerada um marcador de ativação frequente, uma vez que é variável ao estresse agudo, bem como também ao longo prazo, pela perda do tônus vagal, levando à uma resposta simpática, afetando assim o ritmo cardíaco.

Ao longo dos tempos, diversos métodos estressores foram elaborados com objetivo de verificar a modulação autonômica as respostas cardiovasculares em laboratórios, em atletas e situações de esforço, dentre eles: manobra de valsava, testes ergométricos, cold pressor, porém, as respostas cardiovasculares aos estressores mentais são diferentes aos estressores físicos, por isso, destaca-se o uso do Teste de Stroop como teste de estresse mental em estudos envolvendo o sistema cardiovascular (ENDUKURU; TRIPATHI, 2016).

3.6 TESTE DE STROOP

3.6.1 Origem

O teste de Stroop tem sua origem ligada aos primórdios da Psicologia Experimental, quando James McKeen Cattel, em 1883, iniciou estudos que observava a velocidade relativa que um indivíduo levava para nomear cores e objetos, além de ler palavras de cores correspondentes, o qual foi publicado apenas em 1886, e logo após este, vários outros estudos foram desenvolvidos: William James (1908), Descoedres (1914), Brown (1915), Jaensch (1929) (JENSEN; ROHWER JR, 1966).

De acordo com os autores, os estudos tiveram vários objetivos, embora apresentassem a mesma característica que é o conflito ou as circunstâncias de intervenção que os indivíduos sofrem ao nomear a cor da tinta das cores/palavras, quando estas são incongruentes.

Em 1897, o teste, até então conhecido como 'Teste de Interferência Cor-Palavra' foi iniciado na Psicologia Americana, por John Ridley Stroop, através do incentivo do diretor do Jessup *Psychological Laboratory of the George Peabody College for Teachers*, o professor Joseph Peterson, a estudar as variações individuais apresentadas na velocidade de nomeação de cores e leitura de palavras (STROOP, 1935).

Os resultados dos estudos de Stroop foram apresentados em um dos mais citados artigos da história da Psicologia, '*Studies of Interference in Serial Verbal Reactions*', em 1935, quando o teste antes conhecido como Teste de Interferência Cor-Palavra, passou a ser chamado de Teste de Cores e Palavras de Stroop (*Stroop Color and Word Test* – SCWT (ESGALHADO, 2002). O SCWT presume que os indivíduos apresentam dificuldades em registrar informações síncronas com conceitos diferentes, mesmo quando uma delas não apresenta importância na tarefa (STROOP, 1935).

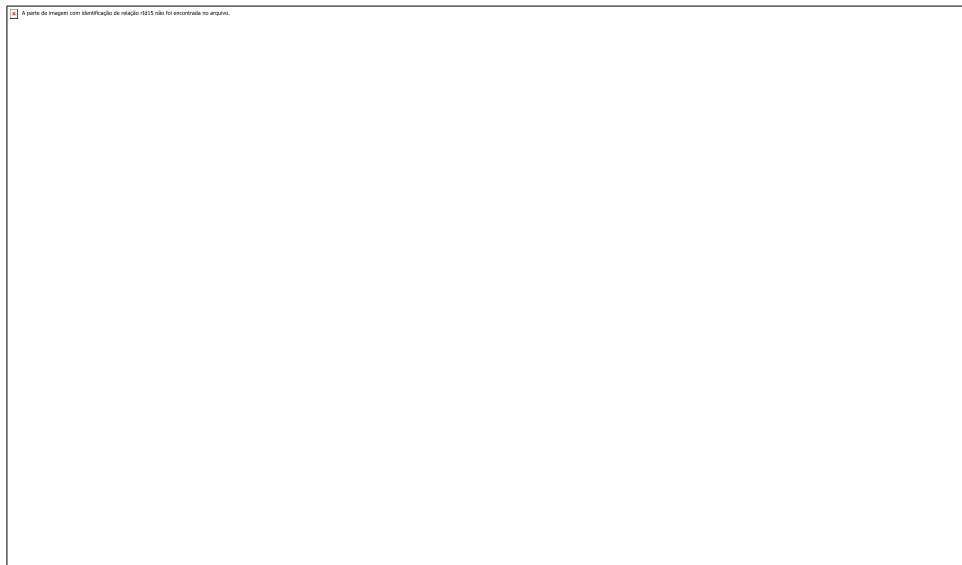
3.6.2 Versões do Teste Stroop

A versão original do Teste de Stroop era composta por um cartão de palavra e outro de palavra-cor incongruente, onde cada um apresentava palavras e cinco cores diferentes: azul, vermelho, marrom, verde e roxo, em letras minúsculas (fonte Franklin,

tamanho 14), organizadas em colunas uniformes, nas quais as palavras não se repetiam de forma sequencial: nem horizontal, nem vertical (STROOP, 1935).

O teste consiste em duas etapas: Etapa 1 - o avaliado ler o mais rápido possível o cartão com palavras (nomes das cores escritas em preto) e Etapa 2 – o avaliado deve falar a cor da tinta em que as palavras estão impressas e não apenas ler a palavra (ex. palavra azul impressa em cor verde, a resposta correta é VERDE) (CÓRDOVA et al., 2008) (Figura 08). Os avaliados devem seguir a ordem das colunas (vertical), uma de cada vez (STROOP 1935).

Figura 8 – Exemplificação dos cartões utilizados no Teste de Stroop versão original.



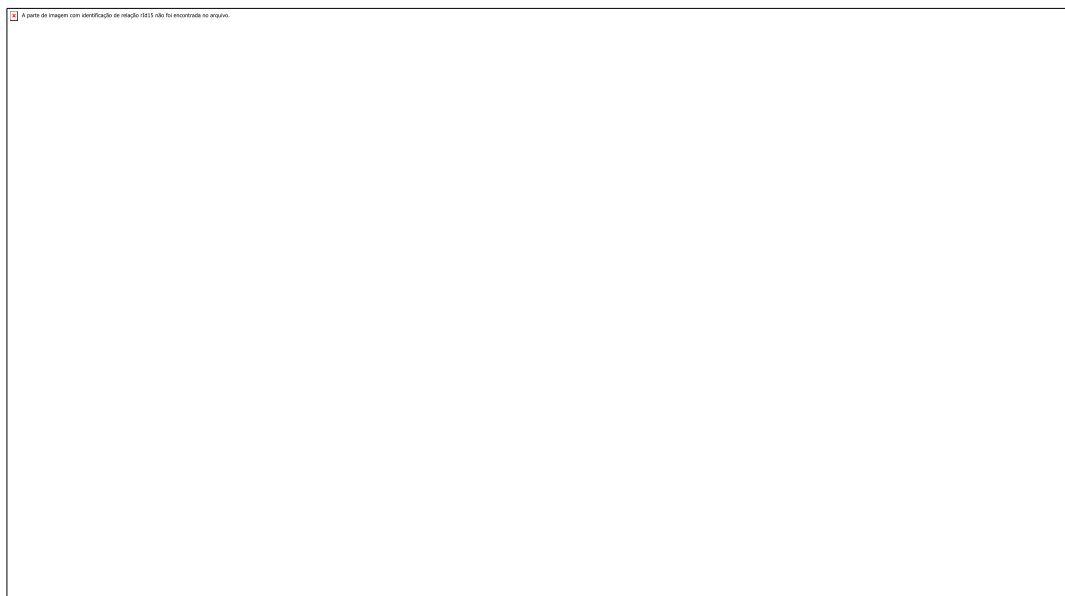
Fonte: Autoria própria

De acordo com Córdova et al. (2008), a incongruência da Etapa 2, promove a inibição da automatização (Etapa 1), o que gera maior proporções de erros e maior tempo de respostas, os quais são variáveis que se destacam para a avaliação dos efeitos da interferência contextual, conhecida como Efeito Stroop. Este sustenta-se no fato que os indivíduos apresentam dificuldades em registrar informações simultâneas com conceitos adversos, embora essa informação não tenha importância para a tarefa a ser realizada (STROOP, 1935).

Após a publicação de 1935, várias versões do Teste Stroop foram criadas, Trenergy et al. (1995), Martins e Cunha (2003), porém a versão Victoria de Regard (1981), é a mais publicada por tratar-se de uma versão curta e ser de domínio público, onde o pesquisador, seguindo as normas, pode determinar seus próprios estímulos (STRAUSS, 2006, GARCIA et al., 2016). A versão Victoria consiste em 3 cartões

(12x20 cm), cada um com 24 estímulos, nas cores amarelo, vermelho, azul e verde, dispostos da seguinte forma: primeiro cartão composto por retângulos, onde o avaliado deverá nomear a cor de cada retângulo o mais rápido possível; segundo cartão apresenta as palavras “nada, tudo, nunca e cada” e o avaliado deverá nomear a cor que as palavras estão escritas; terceiro cartão é composta pelo nome das cores “azul, amarelo, verde e vermelho”, impressas em cores diferentes (verde escrita de azul), onde o avaliado deverá nomear a cor que a palavra está escrita (RIBEIRO, 2011) (Figura 09).

Figura 9. Cartões do Teste de Stroop na versão Victoria



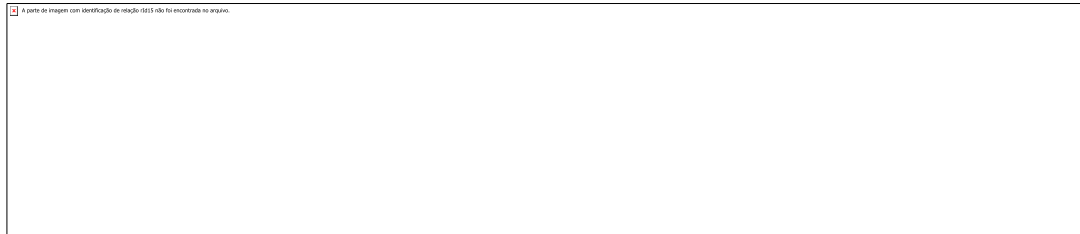
Fonte: RIBEIRO, 2011

Dentre as variações do Teste de Stroop, os modelos computadorizados têm ganhado espaço, pois através deles é possível analisar variáveis temporais, com precisão de milissegundos, associadas ao processamento da atenção visual (CÓRDOVA, et al. 2008). Um dos testes bastante utilizado para verificação de vários aspectos relacionados ao efeito Stroop é o TESTINPACS®, o qual é constituído de três etapas, sendo a primeira e segunda congruentes e terceira incongruente e utiliza as seguintes cores: azul, preto, vermelho e verde (BROWNE et al., 2016).

A realização do teste de Stroop na versão computadorizada do TESTINPACS® consiste nas seguintes etapas: Etapa 1 – nomeação da cor do retângulo apresentado; Etapa 2 – nomeação da palavra escrita (todas na cor branca); Etapa 3 – nomeação da cor em que a palavra está escrita (a palavra verde escrita em azul tem resposta correta “azul”) (Figura 10). Ressalta-se que o avaliado assinala a resposta correta

através dos comandos (←) ou (→) no teclado do computador em 12 tentativas por etapa, onde é registrado o número de erros e tempo em milissegundos (CÓRDOVA, et al. 2008, BARBOSA et al., 2010, BROWNE et al., 2016).

Figura 10. Demonstração do layout do Teste de Stroop computadorizado (TESTINPACS®). A – Etapa I (congruente); B – Etapa 2 (congruente); C – Etapa 3 (incongruente).



Fonte: Testinpacs®

3.6.3 Aplicabilidade do Teste Stroop

O Teste de Stroop não despertou muita atenção até aproximadamente os anos 60, século XX, período em que as teorias cognitivistas substituíram a comportamentalista e o efeito Stroop passou a ser relacionado aos processos atencionais, sendo recentemente também, relacionado a respostas de conflitos cognitivos e controle executivo (ALGOM; CHAJUT, 2019). Portanto, o Teste de Stroop tem sido utilizado para gerar uma medida de controle inibitório, que é definido como a competência de eliminar ou contrastar as informações, procedimentos ou repostas irrísórias, tendo um papel fundamental para o domínio da ação e do pensamento (KHNG; LEE, 2014).

O estudo de Garcia et al. (2016) afirma que o Teste de Stroop, além do controle inibitório, pode ser utilizado para a avaliação das funções executivas, relacionado a atenção seletiva e flexibilidade cognitiva, além da velocidade de processamento da informação. Ao longo dos anos, o Teste de Stroop tem despertado inúmeros estudo os quais apontam, através de pesquisas utilizando neuroimagens com tomografias por emissão de pósitrons e ressonância magnética funcional, que esse tem a capacidade de ativar o cérebro, mais precisamente, o córtex cingulado anterior e o córtex pré-frontal lateral (EGNER; HIRSCH, 2005, SONG et al. 2017, DOBRYNINA et al., 2018, ARIOLI et al., 2021).

Em decorrência dessa capacidade, diversos autores como os citados por Byun et al. (2014) e Dobrynina et al. (2018) utilizaram o Teste de Stroop para o

entendimento de várias patologias e de doenças neurodegenerativas como Doença de Parkinson, Esquizofrenia, Depressão, Doença de Alzheimer, dentre outras. O Teste de Stroop também tem sido bastante utilizado como estressor mental em pesquisas laboratoriais e clínicas que monitoram respostas cardiovasculares (ENDUKURU; TRIPATHI, 2016), isso porque, de acordo com pesquisas experimentais e epidemiológicas, o estresse mental contribui para o desenvolvimento de comorbidades como a hipertensão e doenças coronarianas (BARBOSA et al., 2010).

3.6.4 Teste de Stroop e Variabilidade da Frequência Cardíaca

De acordo com Endukuru e Tripathi (2016), dentre os estressores mentais conhecidos na literatura, o Teste de Stroop é o único que ativa os componentes do Sistema Nervoso Simpático (SNS) em sua totalidade.

No momento do Teste de Stroop, o córtex cingulado anterior é acionado para a concretização de atividades relacionadas ao controle inibitório, função executiva, enquanto a regulação autonômica ajuda na adaptação orgânica aos estímulos externos, como resposta a atividade, ou seja, a flexibilidade cognitiva (MATTHEWS et al., 2004; THAYER et al., 2009). Apesar disso, ocorrem conexões, sejam diretas ou indiretas, entre o coração e o SNA, além da área do córtex, as quais desenvolvem uma relação entre os SNS e SNP, com respostas cardiovasculares e cognitivas (THAYER; LANE, 2009; LUFT; TAKASE; DARBY, 2009).

De acordo com Quintana et al. (2012) a análise da VFC pode ser um marcador eficaz no reconhecimento das emoções humanas, pois através da VFC é possível estabelecer as respostas oriundas dos estímulos e respostas cognitivas.

Park e Thayer (2014) destacam que existe interação entre coração e cérebro, que ocorrem de baixo para cima e de cima para baixo, que retratam além da saúde cardiovascular, as regulações comportamentais, cognitivas e emocionais. Sobre a conexão entre esses dois órgãos existe uma rede de estrutura neural, a qual é reflexo de estímulos intrínsecos e extrínsecos, conhecido como integração neuro visceral, onde os circuitos inibitórios pré-frontais subcorticais que estão enredados na autorregulação, estão ligados ao coração pelo nervo vago (PORGES, 2009)

Sgobbi, Tarouco e Herpich (2019) afirmam que, a inibição do SNS e a ativação do SNP são refletidos na elevação da VFC no decorrer de atividades cognitivas executivas, como no Teste de Stroop, além da principal função do córtex pré-frontal, que é a inibição da hiperativação do SNS.

Luft, Takase e Darby (2009) afirmam existir um consenso sobre a relação da ativação do nervo vago e do córtex pré-frontal durante tarefas executivas (como no Teste de Stroop), o que é refletido nas respostas observadas na análise da VFC, em estudos como os de Thayer e Lane (2009), Britton et al. (2008) e Hansen, Johnsen e Thayer (2003).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo caracterizou-se pela busca direta dos dados na fonte de origem, ou seja, diretamente com a população estudada, sofrendo influência das condições ambientais no controle das variáveis analisadas (MARCONI; LAKATOS, 2017). Teve como método o descritivo, que segundo os autores, tem como intuito descrever, analisar e correlacionar os fatos e fenômenos sem alterá-los, procurando apresentar os resultados e sua relação com fatores associados. É também experimental, pois tem como objetivo manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo, proporcionando uma relação de causa e efeito e mostrando como o fenômeno é produzido (PRODANOV; FREITAS, 2013).

O estudo ainda é quantitativo, pois traduz todos os dados obtidos em números e/ou porcentagens, que busca obter respostas conclusivas sobre o fenômeno estudado e transversal, o qual coleta e analisa dados em um determinado período de tempo (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Figura11 – Tipo de estudo



Fonte: Autoria própria

4.2 AMOSTRA

Fizeram parte desse estudo 15 (quinze) atletas de Badminton, sendo oito do gênero feminino e sete do gênero masculino. A amostra inicial pertencia aos 20 (vinte) melhores ranqueados do Estado Piauí, pela Confederação Brasileira de Badminton (ranking CBBd), em janeiro de 2019, que competem em nível estadual, nacional e internacional e/ou mundial. Porém, 5 atletas não participaram do estudo, 3 por estarem em competição durante a realização dos procedimentos e 2 afastados dos treinamentos pelo departamento médico.

Todos os procedimentos e potenciais riscos foram explicados, e os participantes deram seu consentimento informado por escrito. O estudo foi aprovado e respeitou todas as normas estabelecidas pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Centro Universitário UNINOVAFAPI, com parecer número 3.147.702 (Anexo A).

Os critérios de inclusão foram atletas com faixa etária entre 16 e 23 anos, que possuíam filiação com a Confederação Brasileira de Badminton, que tinham uma prática do esporte acima de 5 (cinco) anos e uma frequência de treino de no mínimo 4 dias por semana.

Os critérios de exclusão foram: atletas de badminton, que apresentassem algum tipo de problema cardiovascular diagnosticado; utilização de marca passo; problemas visuais sem correção; Daltonismo; lesão osteomioarticular e que estivessem fazendo uso de medicamentos como betabloqueadores ou outros que comprometessem as funções cognitivas.

4.3 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos do estudo seguiram as seguintes etapas para maior organização e controle das variáveis observadas.

Após o convite aos atletas foi realizado o agendamento para uma reunião em que foi realizada a primeira etapa: apresentação dos objetivos e procedimentos do estudo, assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e aplicação da anamnese (Apêndice A), cujo intuito era de caracterizar os voluntários, além de auxiliar na interpretação dos resultados e a qual constava de perguntas fechadas referentes a dados demográficos e de treinamento. A anamnese foi explicada e os participantes não sofreram interferência da pesquisadora.

Nesse encontro os participantes tiveram o primeiro contato com o teste de estresse mental que foi utilizado no estudo para explicações prévias e adaptação aos comandos. Ao final foram agendados data e horários para a realização da etapa seguinte.

Na segunda etapa foram realizados os testes das variáveis dependentes do estudo: Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), mensuração da Frequência Cardíaca (FC) e Pressão Arterial (PA) e aplicação do teste de estresse Mental (Figura 12). Esta etapa foi realizada de forma individual, em sala climatizada, no turno da manhã. Foi incluso um período de ambientação para tirar qualquer possibilidade de estresse já existente em decorrência da temperatura ambiente (temperatura externa

em torno de 38 °C e interna de 22 °C), deslocamentos, horários e outros fatores externos.

Figura 12 – Demonstrativo das etapas dos procedimentos do estudo.



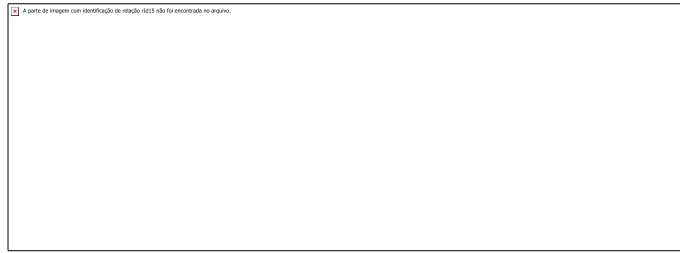
Fonte: Autoria própria

4.3.1 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

A avaliação da VFC foi realizada através do transmissor de frequência cardíaca, *Heart Rate Sensor* – Polar H10[®], que consiste em uma alça torácica equipada com sensores Eletrocardiográficos (ECG) e mede a frequência cardíaca por uma frequência amostral de 1000 Hz fornecendo os valores reais de RR em vez de sinais brutos de ECG (UMAIR et al., 2021). O Polar H10 permite emparelhamento com dispositivos Android[®] e iOS[®] para gravação de RR em tempo real com aplicativos de *hrv* de código aberto.

A alça torácica foi acoplada em cada participante no momento de sua chegada, sobre o terço distal do esterno, quando então foi iniciado o monitoramento (Figura 13). Todos os participantes foram orientados a permanecerem sentados, com os calcanhares apoiados no chão, mãos repousadas sobre as pernas, costas apoiadas no encosto da cadeira. Foi solicitado que permanecessem em silêncio e que evitassem fazer inspirações profundas e suspirassem. Para esta etapa, também foi solicitado, previamente, que os participantes se abstivessem de exercício físico, bebidas energéticas, como: refrigerantes, café, chocolates, chás, dentre outros estimulantes, por pelo menos 8 horas.

Figura 13 – Colocação da cinta do transmissor de Frequência Cardíaca



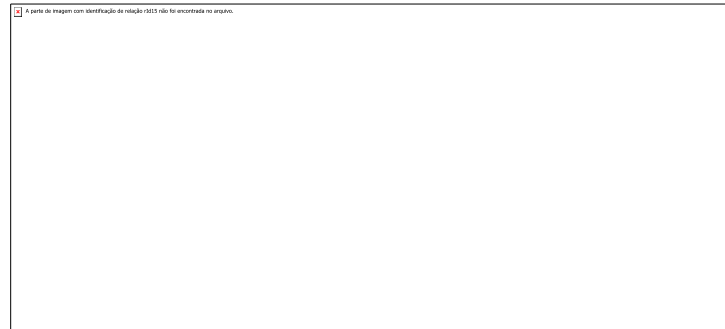
Fonte: CALDEIRA, 2011

A avaliação da VFC foi realizada de forma ininterrupta até a finalização do teste de estresse mental, quando todos os dados foram exportados para o computador por meio do aplicativo móvel Elite HRV[®] (versão 4.2.3) e convertidos para o formato de texto (TXT) para posterior análise. Esta iniciou com a filtragem dos dados, onde utilizou-se um filtro adaptativo (T-RR Filter 1.1), que foi comprovado ser estatisticamente equivalente ao processo de filtragem convencional (SANTOS et al., 2013).

A filtragem tem como objetivo garantir que as séries temporais de intervalos RR apresentem apenas os pontos relacionados a sua origem, que é do nó sinoatrial (SANTOS et al., 2016). O T-RR Filter é baseado no algoritmo proposto por Wessel et al. (2000) e divide-se em três etapas: 1- exclusão de intervalos RR abaixo de 350 ms e superiores a 1200 ms; 2 – procedimentos adaptativos; 3 – procedimentos adaptativos de controle.

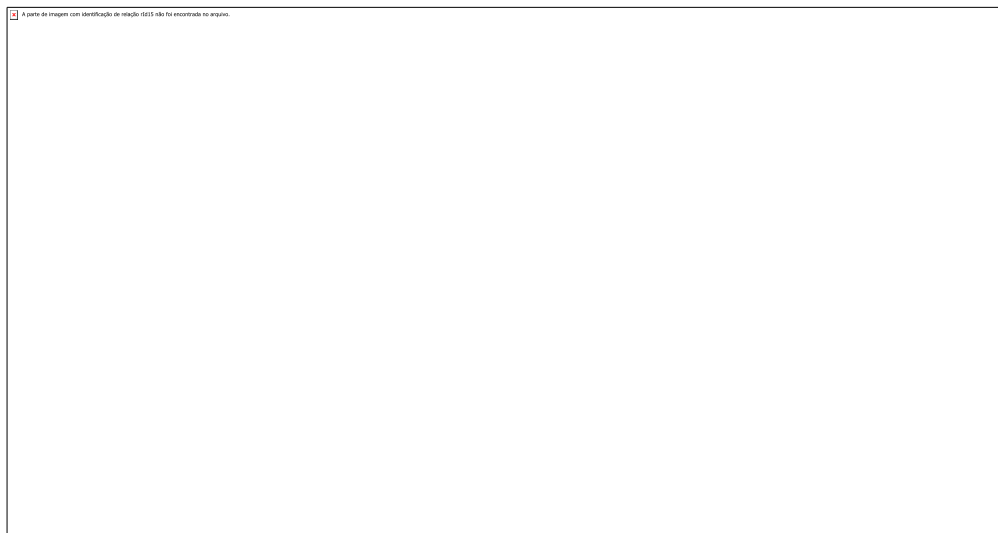
O T-RR Filter apresenta um layout de fácil manuseio com ferramentas para carregar, filtrar e mostrar os tacogramas (gráfico que expressa a variação dos intervalos RR em função do tempo) (Figuras 14 e 15), além de utilizar linguagem de programação Visual Basic 6 e poder ser operado em computadores com Sistema Operacional Windows (SANTOS et al., 2016).

Figura 14 – Interface inicial da ferramenta computacional T-RR Filter.



Fonte: T-RR Filter 1.1

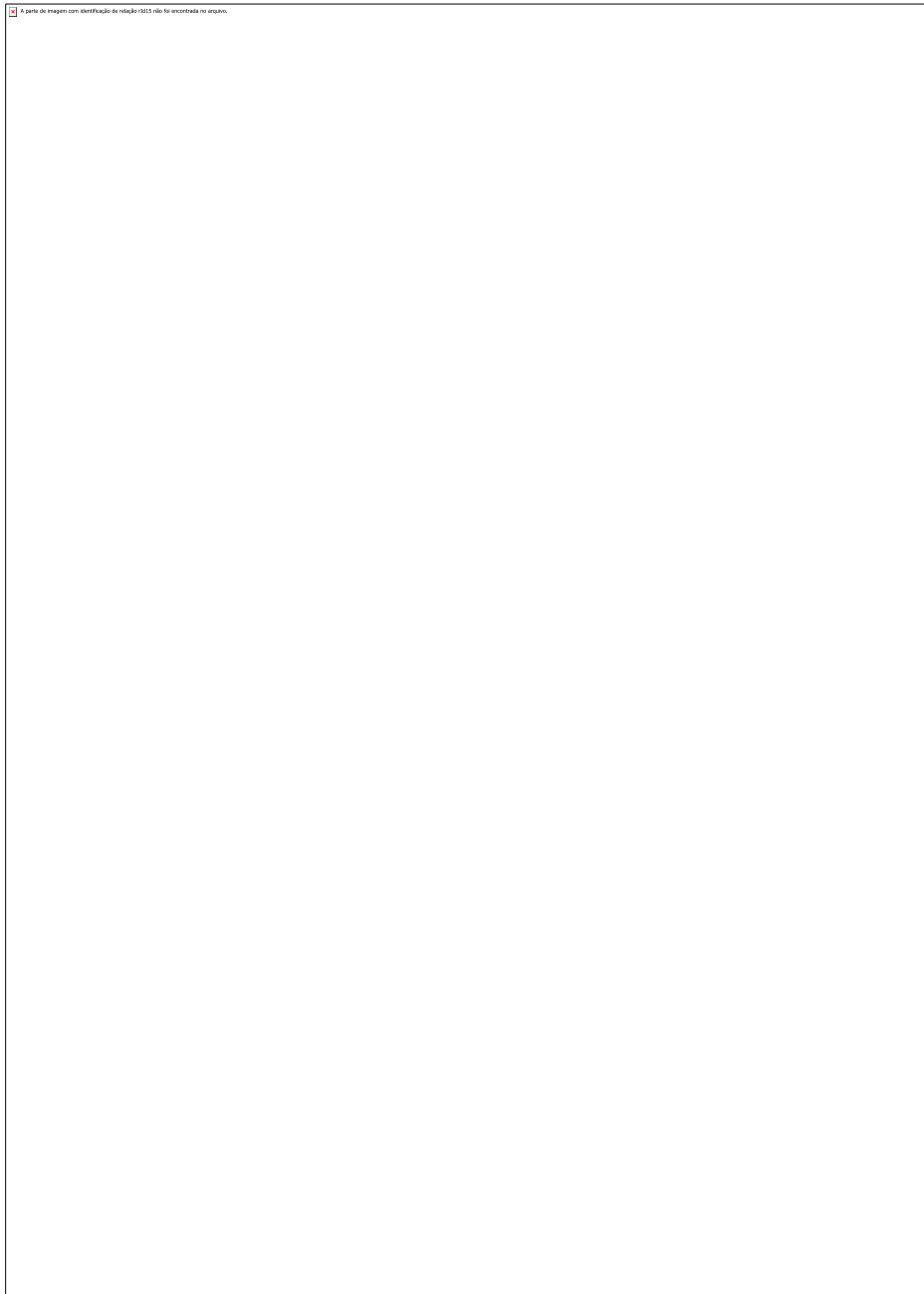
Figura 15 – Modelo de uma série temporal utilizando a ferramenta computacional T-RR Filter.



Fonte: T-RR Filter 1.1

Após a filtragem, foi utilizado o *software* freeware de análise da variabilidade da frequência cardíaca, Kubios HRV Standard® (versão 3.4.3), desenvolvido pela *University of Eastern Finland*. O *software* oferece suporte a dados de monitores de frequência cardíaca, calcula parâmetros de VFC comumente usados no domínio do tempo e da frequência, e os resultados da análise podem ser exportados em formato PDF (Figura 16).

Figura 16 – Layout do resultado da análise da VFC no Kúbios HRV Standard® (3.4.3)



Fonte: Kubios HRV Standard® 3.4.3. Disponível em: www.kubios.com

A análise da VFC nesse estudo foi realizada em períodos estacionários de 1 minuto, considerando apenas para início da análise o primeiro minuto correspondente ao período de repouso (após 5 minuto de ambientação) e o momento da realização do teste de Stroop (indução de estresse mental), totalizando 6 tacogramas, sendo o último minuto correspondente ao momento de realização do teste de estresse mental.

A fragmentação do período de análise tem como objetivo investigar as alterações na VFC durante os períodos de repouso (total de 5 min) e estresse mental (1 minuto). De acordo com Montano et al. (2009) é possível realizar análise espectral paramétrica com segmentos mais curtos de 256 e mesmo 200 pontos e obter respostas significativas de acordo com o objetivo do estudo.

Embora os estudos de VFC utilizem gravações nominais a longo prazo (24 h) ou curto prazo (5 min), Castaldo et al. (2017), Pecchia et al. (2018) e Castaldo et al., (2019) exploraram a possibilidade do uso de intervalos ultracurtos (30 s, 1 min, 2 min, 3 min e 5 min) para a detecção do estresse mental, ou seja, identificar as possíveis alterações quando elas realmente ocorrem.

Após todas essas etapas os dados obtidos foram tabulados no programa Excel, da *Microsoft Office 365*[®], como demonstrado na figura 17.

Figura 17 – Demonstrativo da sequência de análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca no estudo



Fonte: Autoria própria

As variáveis consideradas para o estudo quanto a avaliação da VFC foram: Domínio do tempo (Média RR, Média FC, SDNN, RMDSS, NN50, pNN50, SI, SNP, SNS), Domínio da frequência (LF - Hz, HF - Hz, LF/HF) e Método não linear (Gráfico de Poincaré – índices SD1, SD2 e SD2/SD2). Essas são medidas comumente avaliadas em estudos que associam a VFC e Estresse Mental (DELANEY; BRODIE, 2000; ENDUKURU; TRIPATHI, 2016, BAEVSKY; CHERNIKOVA, 2017; RODRIGUES et al., 2018, CASTALDO et al., 2019).

4.3.2 Níveis Pressóricos

A pressão arterial foi aferida, com o objetivo de verificar a variação da Pressão Arterial Sistólica (PAS) e Pressão Arterial Diastólica (PAD) antes e logo após o teste de estresse mental. A aferição foi realizada através do monitor de pressão arterial automático da Microlife®, modelo BPA100, validado de acordo com os critérios da Sociedade Europeia de Hipertensão (BELGHAZI et al.). O monitor mensura de forma fidedigna a pressão arterial sistólica e diastólica, bem como, a frequência do pulso através do método oscilatório. Os dados da Pressão Arterial foram expressos em milímetro de mercúrio (mmHg) e a Frequência Cardíaca em batimentos por minutos (bpm). A PAS e PAD foram aferidas após 5 minutos (final do momento de ambientação, após 10 minutos (final do momento de repouso) e imediatamente após o teste de estresse mental (ver figura 9). No momento da aferição da PA, os participantes permaneceram sentados com as pernas descruzadas, pés apoiados no chão, dorso recostado na cadeira e relaxado, braço posicionado à altura do coração, apoiado com a palma da mão voltada para cima e o cotovelo ligeiramente fletido. Foi solicitado que, durante a aferição da PA, permanecessem em silêncio e não realizassem inspirações profundas.

4.3.3 Teste de Estresse Mental

O Teste de Estresse Mental utilizado no estudo foi o Teste de Stroop, ou Teste de Cores e Palavras de Stroop (*Stroop Color and Word Test* – SCWT), o qual é bastante utilizado em estudos de análise das respostas cardiovasculares, por ser de fácil aplicabilidade e responder como estímulo aos componentes do Sistema Nervoso Simpático (ENDUKURU; TRIPATHI, 2016). A versão utilizada no estudo foi a versão computadorizada do TESTINPACS®, desenvolvido por Córdova em 2005, o qual permite analisar variáveis temporais, com precisão de milissegundos, associadas ao processamento da atenção visual (CÓRDOVA, et al. 2008). Para aplicação do teste foi utilizado um monitor colorido de 17 polegadas que foi posicionado a cerca de 80 cm do campo visual do participante (Figura 18). O teste é constituído de 3 etapas (Stroop 1, Stroop 2, Stroop 3). O teste inicia quando o participante responde

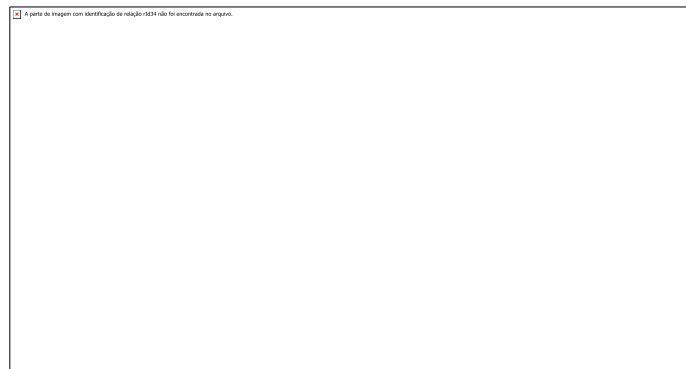
a primeira tentativa e finaliza automaticamente ao ser respondida a última tentativa (Stroop 3) (figura 19).

Figura 18 – Posição do participante durante Teste de Stroop Computadorizado.



Fonte: CALDEIRA, 2011

Figura 19 – Layout da tela inicial do Teste de Stroop Computadorizado (TESTINPACS®)



Fonte: (TESTINPACS®)

No Stroop 1, retângulos nas cores verde, azul, preto e vermelho (2,0 cm x 2,5 cm) foram apresentados, individualmente, no centro do monitor (Figura 20a). Nos cantos inferiores do monitor, respostas em correspondência ou não a cor do retângulo foi exibida até que o participante respondesse a tentativa pressionando as teclas (←) ou (→), de um teclado padrão; No Stroop 2, tanto os estímulos quanto às respostas foram exibidos na condição de palavras, sempre em cor branca. O programa computa como acerto quando o estímulo e a resposta coincidem (Figura 20b). No Stroop 3, o nome de uma das quatro cores foi exibido em cor incompatível. O participante foi instruído a pressionar a tecla correspondente à cor da palavra e inibir a resposta para o sentido da palavra (Figura 20c). Em todas as etapas os estímulos foram apresentados de forma automática e aleatória (12 tentativas/etapa).

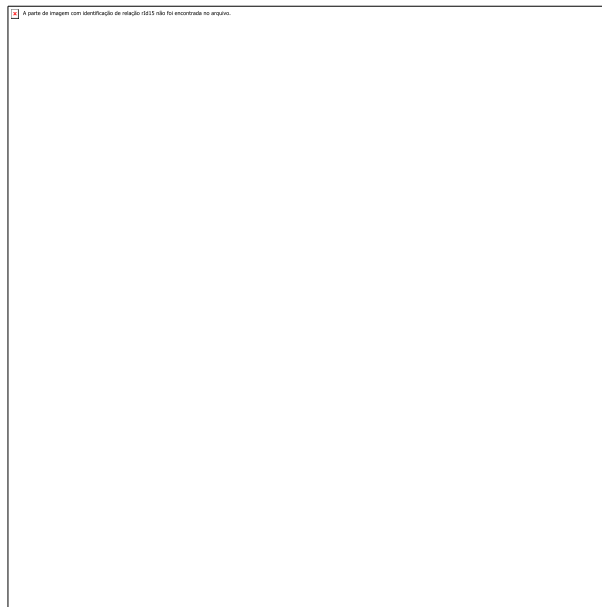
Figura 20 – Layout das três etapas do Teste de Stroop Computadorizado (TESTINPACS®)



Fonte: (TESTINPACS®)

Ao término do teste é apresentado um quadro com os resultados, constando número de erros e tempo de reação de cada tentativa em milésimo de segundo, por etapa (Figura 21). O programa permite salvar os dados em formato Word® e Excel®.

Figura 21 – Layout da página de resultados do Teste de Stroop Computadorizado (TESTINPACS®)



Fonte: (TESTINPACS®)

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram tabulados em planilha Excel® da Microsoft Office 365® e onde foi realizada a estatística descritiva, através de média, desvio padrão, valor mínimo e

valor máximo, para os dados ordinais e calculado os percentis para os dados nominais.

Para a análise mais detalhada dos dados foi utilizado o Software Sigmaplot® 14.0, onde realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para testar a hipótese de distribuição normal para variáveis paramétricas e o teste de Friedman para variáveis não-paramétricas e Análise de Variância de Medidas Repetidas Unilateral para cada 1min de monitoramento da Variabilidade da Frequência Cardíaca (total de 6 min). Para a comparação múltipla em pares foi aplicado o teste de Tukey.

Para verificar a relação entre os componentes da análise da VFC (métodos lineares e não lineares) com as respostas pressóricas e resultados do Teste de Estresse Mental foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (ρ) para dados paramétricos, o qual, de forma positiva e negativa, identifica o grau do coeficiente de correlação entre duas variáveis. Para correlação positiva perfeita, $\rho = 1$; quando correlação negativa perfeita, $\rho = -1$ e quando correlação nula, $\rho = 0$.

Todos os resultados das análises foram apresentados em forma de tabelas ou gráficos, para melhor entendimento e clareza das informações.

4.5 CRITÉRIOS ÉTICO DA PESQUISA

A coleta de dados só ocorreu mediante aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa do Centro Universitário UNINOVAFAPI (Teresina – Piauí) e da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, seguindo as normas da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde – MS envolvendo pesquisas em seres humanos.

Este estudo apresentou risco mínimo, como dúvida, erro, incerteza, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, ler, etc. Para amenizar tais riscos, todos os procedimentos foram realizados de forma individual em local tranquilo e sem intervenção da pesquisadora ou treinadores. Além disso, todos os participantes tiveram assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa, bem como, o direito de desistir de sua participação no decorrer dos procedimentos.

Contudo, a pesquisa implicou em benefícios ao avaliar as respostas cardiovasculares em atletas submetidos a estresse mental, pois estes no decorrer de sua formação atlética, treinamentos e participações em competições são submetidos constantemente a estressores, podendo assim, trazer consequências cardiovasculares impactantes a sua performance. A partir dos resultados é possível que atletas e treinadores possam trabalhar no controle dos estressores mentais, seja através de treinamentos físicos direcionados ou acompanhamento de profissionais da área da psicologia, bem como, percebam a importância de avaliações cardiológicas frequentes para acompanhar as adaptações provenientes tanto do treinamento, como dos estressores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra do estudo foi composta por atletas de Badminton pertencentes a equipe do Piauí, a qual participa de competições nacionais e também representa o Brasil em diversas competições, internacionais e competições mundiais, ou seja, pertencem a elite dos atletas desse esporte.

Dos quinze atletas participantes do estudo, 53,33% (8) eram do gênero feminino e 46,66% (7) do gênero masculino; 66,66% (10) participam de competições internacionais e 33,33% (5) apenas de competições nacionais. As categorias as quais eles disputam competições são: Principal (53,33% - 8), Sub19 (33,33% - 5) e Sub17 (13,33% - 2), distribuídos nas modalidades: apenas duplas (13,33% - 2), apenas simples (6,66% - 1) e todas as modalidades (80% - 12).

É válido ressaltar que a modalidade, assim como, a categoria que o atleta disputa competições de Badminton, interfere em suas respostas cardiovasculares, já que o treinamento deve ser direcionado para as demandas esportivas, ou seja, a modalidade simples exige muito mais deslocamentos, agilidade dos atletas, que a modalidade dupla (CHEN et al., 2011).

Quando se trata da preparação física, os atletas de Badminton realizam vários tipos de treinamento: *multi-shuttlecock*, técnico-tático, físico e partidas simuladas, porém é importante também a inclusão de exercícios extras de força, resistência e flexibilidade (BABOLOLA, 2011). Nesse estudo, observou-se que a maioria (73,33% - 11) dos atletas não realizam outra atividade complementar e aqueles que praticam, realizam Musculação (20% - 3) e Natação (6,66% -1).

Observou-se ainda outros dados que caracterizam os treinamentos (tabela 1), como tempo de prática, frequência semanal e duração dos treinos, número de competições oficiais por ano e tempo de inatividade em decorrência de lesões.

Tabela 1 – Caracterização de Treinamento dos atletas de Badminton (n = 15)

	MÉDIA (\pm DP)	FEMININO	MASCULINO
IDADE (anos)	19 (\pm 2,85)	19,63 (\pm 3,34)	18,29 (\pm 2,21)
TEMPO DE PRÁTICA (anos)	9 (\pm 2,36)	9,25 (\pm 2,71)	8,71 (\pm 2,06)
FREQUÊNCIA SEMANAL (dias)	5,6 (\pm 0,51)	5,63 (\pm 0,52)	5,57 (\pm 0,53)
DURAÇÃO DO TREINO (horas)	3,07 (\pm 0,80)	3,38 (\pm 0,74)	2,71 (\pm 0,76)
COMPETIÇÕES/ANO	3,87 (\pm 1,25)	3,75 (\pm 1,04)	4 (\pm 1,52)
INATIVIDADE (meses)	2,07 (\pm 3,49)	2 (\pm 4,11)	2,14 (\pm 2,97)

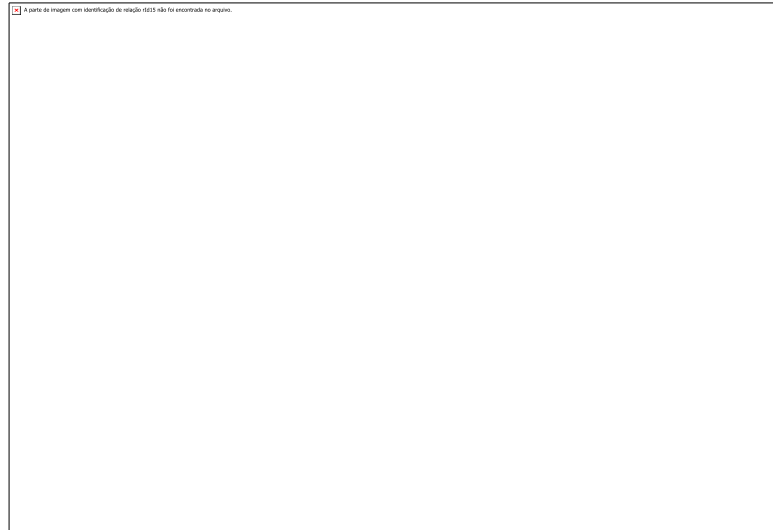
Fonte: Autoria própria.

5.2 TESTE DE ESTRESSE MENTAL

O Teste de Estresse Mental utilizado no estudo, Teste de Stroop, apresenta possibilidade de analisar dois parâmetros: o tempo de reação em cada etapa (Stroop 1, Stroop 2 e Stroop 3) e total de todas as etapas, assim como, o número de erros, por etapa e total.

Os atletas de Badminton apresentaram valores crescentes de tempo durante as etapas, com média para o Stroop 1 de 17.587,00 ms (\pm 2.487,95), Stroop 2 de 19.626,80 ms (\pm 2.522,05) e Stroop 3 de 24.724,53 ms (\pm 3.184,45). O tempo total de reação apresentou média de 61.938,33 ms (\pm 6.593,33). As etapas apresentaram diferença significativa para $p < 0,05$ (Figura 22).

Figura 22 – Tempo de reação (milissegundos) das etapas 1, 2 e 3 e somatório do tempo de reação do teste de Stroop realizado por atletas de Badminton. * $p < 0,05$ em relação ao Stroop 1; † $p < 0,05$ em relação ao Stroop 2; ‡ $p < 0,05$ em relação as etapas Stroop 1, 2 e 3



Fonte: Autoria própria.

As diferenças entre as etapas do Stroop apontadas no estudo corroboram com achados de Mekari et al. (2020) e Barbieri et al. (2018), que ao aplicarem o Teste de Stroop em jovens treinados observaram diferenças significativas entre as etapas, com destaque para o Stroop 3 (incongruente) em relação as duas anteriores.

Mekari et al. (2020) aplicaram o teste em 25 adultos jovens (18 mulheres e 7 homens), praticantes de Treinamento Intervalo de Alta Intensidade (HIIT) e observaram diferença significativa tanto entre as etapas (Stroop 1, 2 e 3), quanto no tempo total de reação. Já Barbieri et al. (2018) observaram o mesmo resultado após aplicação de Teste de Stroop em jovens treinados (média do MET's = 3917).

Contrários a estes resultados, Vrijkotte et al. (2017), não observaram diferenças significativas em atletas de ciclismo, do gênero masculino, quanto ao tempo de reação entre as etapas Stroop e o tempo total.

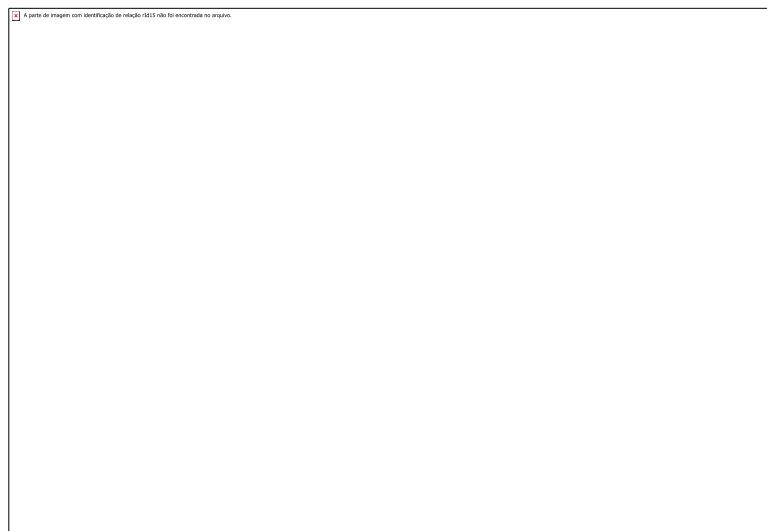
A diferença encontrada entre as etapas Stroop é explicada pelo tipo e exigência da tarefa, pois o Teste Stroop é composto por uma etapa neutra, uma congruente e uma incongruente, onde a última etapa requer um tempo mais longo de resposta em

relação as demais (SONG; HAKODA, 2015; TAKAHASHI; GROVE, 2020). Os autores explicam que esse fenômeno é chamado de “efeito Stroop” e está relacionado à ativação de regiões cerebrais como: córtex pré-frontal e córtex cingulado anterior, que são conexos à função executiva.

O Teste de Stroop é considerado um instrumento laboratorial que gera estresse mental, e muito utilizado para avaliar a capacidade inibitória e interferência cognitiva ao expor o indivíduo a exigências cognitivas distintas (etapa neutra, etapa congruente e etapa incongruente), o que gera maior tempo de execução entre elas (SCARPINA; TAGINI, 2017).

Quando considerado o número de erros entre as etapas, observou-se nesse estudo que 13,33% (2) dos atletas cometeram erros no Stroop 1, 66,66% (10) no Stroop 3 e não foi observado erro no Stroop 2. No total de erros, foi observado que 66,66% dos atletas cometeram erro em algum momento do teste. Foi observado diferença estatisticamente significativa entre as 3 etapas, com $p < 0,05$ (Figura 23).

Figura 23 – Número de Erros nas etapas 1, 2 e 3 e somatório de Erros do Teste de Stroop realizado por atletas de Badminton. † $p < 0,05$ em relação ao Stroop 2; * $p < 0,05$ em relação ao Stroop 1 e 2



Fonte: Autoria própria.

Os resultados referentes ao número de erros no Teste de Stroop são pouco explorados na literatura, onde a relação é feita entre grupos (faixa etária, nível de

treinamento, tipo de estresse aplicado etc.), porém é possível que esse desempenho esteja também relacionado ao tipo e exigência da tarefa, onde a etapa neutra sofre interferência do processo de adaptação ao estímulo inicial recebido, enquanto a etapa incongruente sofre interferência da complexidade da tarefa, onde é imposto ao participante, responder a cor da palavra e ignorar sua identidade, ou seja, a automatização é inibida (CÓRDOVA et al., 2008).

5.3 RESPOSTAS HEMODINÂMICAS

Os níveis pressóricos foram monitorados com o objetivo de verificar as alterações antes e após o estresse mental, pois o comportamento da Pressão Arterial é resultante de diversas substâncias e reações fisiológicas, dentre eles da elevação da reatividade do SNS (SHECAIRA et al., 2020).

Nesse estudo, pode-se observar que apenas a Pressão Arterial Sistólica (PAS) apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os momentos ambientação, repouso e após teste de estresse mental, com Δ de +4,87 mmHg entre repouso e após estresse mental. As demais variáveis (Frequência Cardíaca e Pressão Arterial Diastólica) não apresentaram alterações relevantes (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD) e Frequência Cardíaca (FC) de atletas de Badminton em três momentos: após ambientação de 5 min, após repouso de 5 min e imediatamente após a realização do teste de Estresse Mental (Teste de Stroop)

	AMBIENTAÇÃO	REPOUSO	APÓS TESTE DE ESTRESSE	
	Média (\pm Dp)	Média (\pm Dp)	Média (\pm Dp)	p valor
FC (bpm)	71,07 (\pm 8,91)	73,17 (\pm 10,15)	70,00 (\pm 9,06)	0.053
PAS (mmHg)	100,73 (\pm 13,65)	100,20 (\pm 11,79)	105,07 (\pm 13,33)	<0.001*
PAD (mmHg)	61,60 (\pm 8,08)	63,53 (\pm 10,18)	62,27 (\pm 8,57)	0.337

FC: Frequência Cardíaca (batimentos por minuto); PAS: Pressão Arterial Sistólica (milímetro de mercúrio); PAD: Pressão Arterial Diastólica (milímetro de mercúrio). * $p < 0,05$ em relação aos três momentos.

Fonte: Autoria própria.

El Sayed et al. (2016) explicam que as respostas hemodinâmicas ao estresse mental são bastante individuais, pois o estresse é recebido de forma diferente por

cada um, tendo conseqüentemente, respostas variadas para um mesmo teste, ou seja, os indivíduos podem expressar respostas positivas ou negativas na atividade simpática ao estresse mental. Os autores ainda destacam que aqueles que apresentam respostas negativas ao estresse mental apresentam uma elevação mais rápida da PA, que os respondentes positivos.

Os resultados obtidos nesse estudo quanto as respostas hemodinâmicas podem ser entendidas em decorrência das características dos participantes, os quais são atletas de elite do Badminton, com carga de treinamento elevada e frequente, o que de acordo com Viana Filho et al. (2020) promove alterações morfofuncionais que os habilitam a reagir a estímulos estressores. Segundo os autores, essas alterações estão interligadas a interações de diferentes sistemas orgânicos, como o osteomuscular, cardiorrespiratório, metabólico e sistema nervoso autônomo.

Para Katritsis e Katritsis (2013), as alterações decorrentes do treinamento regular em atletas consistem em tônus vagal pronunciado e dimensões cardíacas aumentadas, os quais são retratados na forma de bradicardia sinusal, hipertrofia ventricular esquerda e despolarização e alterações de repolarização, que fazem com que o sistema cardíaco reaja de forma diferente as sistema cardíaco de não atletas.

Outro fator relevante a ser considerado diante dos dados coletados é o efeito protetor que a prática de exercício físico pode promover no indivíduo, ou seja, a hipotensão pós exercício (HPE), que consiste na redução dos níveis pressóricos pós exercício a níveis abaixo dos obtidos em repouso, e que, dependendo do tipo de esforço e intensidade, tem magnitude de até 24 h (CIOLAC et al., 2009). Os participantes do estudo foram solicitados a permanecerem até 8h sem treinamento antes dos procedimentos, fato este que sugere que os participantes estavam sobre o efeito hipotensor pós exercício, o que os protegeu de picos pressórico durante estímulo estressor.

Essa proteção hemodinâmica sobre situação de estresse é decorrente do equilíbrio homeostático, que envolve a ação dos barorreceptores, vasodilatação capilar, redução da resistência vascular periférica, deslocamentos de líquido através das paredes capilares e redução do volume sistólico (CARVALHO et al., 2015).

Dados conflitantes foram encontrados nesse estudo, nas respostas obtidas em PAS e FC, onde ocorreu elevação e redução, respectivamente, no pós teste de

estresse. O esperado, no entanto, seria a elevação de ambos, em decorrência da ativação do SNA, em resposta ao estresse mental, o que ativaria o SNS e inibiria o SNP. Esse fenômeno resultaria na elevação da FC e, conseqüentemente, elevação da PAS (SILVA et al., 2019).

5.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A associação entre a VFC e respostas estressoras tem sido bastante frequente em estudos clínicos e laboratoriais, pois esta reflete a habilidade do coração de responder a diversos estímulos, sejam intrínsecos ou extrínsecos, através do comportamento da FC (KIM et al., 2018). Os autores ainda explicam que uma VFC baixa, por exemplo, está relacionada ao desempenho à regulação e homeostase do SNA, o qual reduz a capacidade do organismo em responder ao estresse.

Nesse estudo analisou-se a VFC antes e durante um estímulo de estresse mental promovido pelo Teste de Stroop em atletas de Badminton. A análise foi dividida em períodos de 1 minuto para melhor observação das alterações fisiológicas, bem como, em domínio do tempo, da frequência e medidas não lineares.

5.4.1 Método Linear – Domínio do Tempo

Através do estudo do domínio do tempo é possível mensurar a alteração da FC em um determinado período ou os intervalos entre os ciclos circadianos normais sucessivos, o que ocorre por meio de cálculos simples de intervalos médios de normal a normal (NN) e as mudanças entre eles (SHAFFER; GINSBERG, 2017). O estudo analisou períodos estacionários de 1 minuto, totalizando 11 tacogramas, no qual os participantes permaneceram sentados em repouso e receberam um estímulo de estresse mental (teste de Stroop) aos 10min. Os valores obtidos estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Valores de Média (\pm Desvio Padrão) da Variabilidade da Frequência Cardíaca utilizando métodos lineares de domínio do tempo, em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse

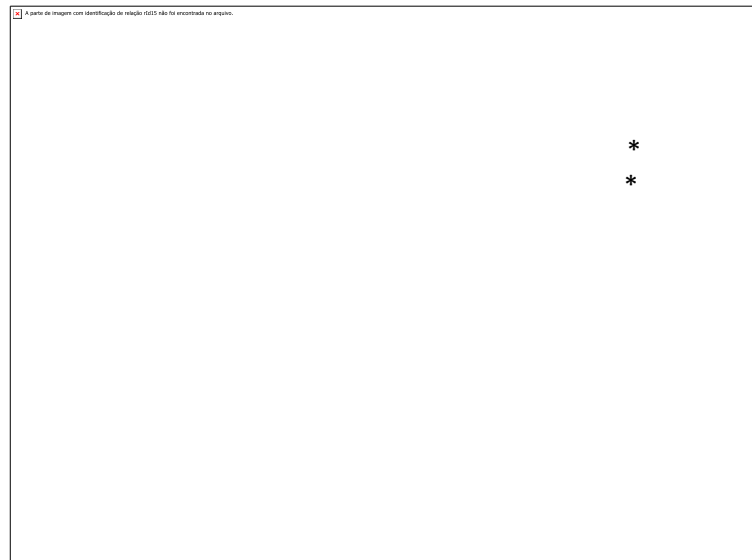
	1MIN	2MIN	3MIN	4MIN	5MIN	TESTE STROOP	P valor
MÉDIA RR (ms)	797,80 ($\pm 95,15$)	800,80 ($\pm 94,77$)	789,73 ($\pm 91,19$)	791,60 ($\pm 96,59$)	804,87 ($\pm 102,17$)	712,40 ($\pm 64,98$)	<0,001*
MÉDIA FC (bpm)	76,27 ($\pm 9,59$)	76,07 ($\pm 9,32$)	77,00 ($\pm 9,53$)	77,00 ($\pm 9,75$)	75,33 ($\pm 10,25$)	84,13 ($\pm 9,30$)	<0,001*
FCmín (bpm)	69,60 ($\pm 8,68$)	70,00 ($\pm 9,42$)	70,47 ($\pm 9,11$)	70,93 ($\pm 9,45$)	69,40 ($\pm 8,95$)	75,20 ($\pm 9,66$)	<0,001*
FCmáx (bpm)	86,07 ($\pm 10,82$)	83,67 ($\pm 10,10$)	86,20 ($\pm 9,16$)	84,87 ($\pm 9,52$)	84,87 ($\pm 11,57$)	93,20 ($\pm 8,99$)	<0,001*
SDNN (ms)	43,83 ($\pm 23,54$)	34,58 ($\pm 15,40$)	39,83 ($\pm 16,69$)	36,48 ($\pm 13,02$)	48,96 ($\pm 25,26$)	31,15 ($\pm 10,61$)	0,015*
RMDSS (ms)	39,59 ($\pm 26,33$)	33,56 ($\pm 18,85$)	35,07 ($\pm 16,07$)	33,23 ($\pm 14,44$)	38,12 ($\pm 17,66$)	27,63 ($\pm 13,00$)	0,005*
NN50 (beats)	12,53 ($\pm 12,03$)	9,40 ($\pm 10,44$)	12,27 ($\pm 11,27$)	9,73 ($\pm 8,55$)	12,20 ($\pm 9,89$)	6,33 ($\pm 7,28$)	0,010*
PNN50 (%)	18,04 ($\pm 18,33$)	13,39 ($\pm 15,08$)	16,92 ($\pm 16,10$)	13,66 ($\pm 12,10$)	16,95 ($\pm 14,22$)	9,58 ($\pm 10,83$)	0,084
IS	13,47 ($\pm 5,37$)	16,06 ($\pm 6,27$)	15,13 ($\pm 7,50$)	15,08 ($\pm 5,69$)	13,72 ($\pm 5,04$)	17,67 ($\pm 6,09$)	0,046*

*p < 0,05 em relação a cada minuto de monitoramento. Teste de Tukey para comparação múltipla.

Fonte: Autoria própria.

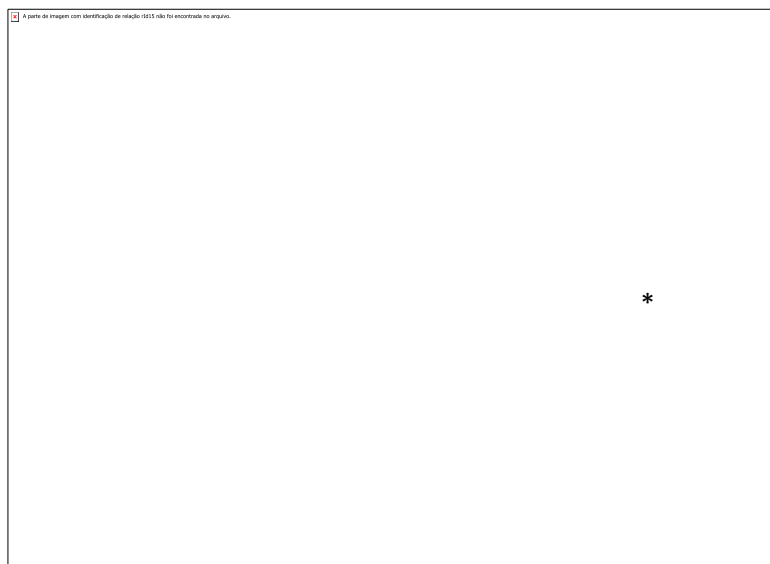
Pode-se observar no estudo uma elevação das médias de FC (figura 24) durante o estresse mental, bem como, uma diminuição no intervalo RR (figura 25), com significância entre os momentos analisados, que corroboram com o estudo de Endukuru e Tripathi (2016), os quais ressaltam que a redução dos intervalos RR indica que o estresse altera a função autonômica cardíaca e aumenta o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Os autores analisaram o efeito do estresse mental nas respostas do SNA utilizando como instrumentos a VFC e Teste de Stroop em 50 jovens saudáveis, os quais também observaram que NN50 e pNN50% não apresentaram diferença significativa ao momento de estresse mental.

Figura 24 – Valores da Frequência Cardíaca, em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse. * $p < 0,05$ em relação ao momento Teste Stroop aos minutos 1, 2, 3, 4 e 5 do repouso



Teste de Tukey para comparação múltipla.
Fonte: Autoria própria.

Figura 25 – Valores médio de RR, em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse. * $p < 0,05$ em relação ao momento Teste Stroop aos minutos 1, 2, 3, 4 e 5 do repouso



Teste de Tukey para comparação múltipla.

Fonte: Autoria própria.

Outro estudo com resultados similares é o realizado em 2000, por Delaney e Brodie, que analisaram a resposta do estresse mental induzido pelo Teste de Stroop em 30 indivíduos jovens e saudáveis e obtiveram que o estresse de curta duração promove aumento da FC e uma diminuição da atividade do SNA, refletida na diminuição dos intervalos RR. Os valores de NN50 e pNN50 também apresentaram redução diante do estímulo estressor, o que segundo os autores, reflete as modificações contrastantes nas atividades do SNP em relação ao SNS.

Elevação da média FC e redução da média de RR, SDNN, RMSSD e pNN50 encontradas nesse estudo também foi observada no estudo de Rodrigues et al. (2018), onde 11 Controladores de Tráfego Aéreo foram submetidos a um estressor psicológico (*Trier Social Stress Test – TSST*). De acordo com os autores, esses resultados sugerem uma maior atividade do sistema cardiovascular em contrabalançar a resposta fisiológica do organismo ao estresse mental.

O Índice de Estresse (IS) apresentou elevação durante a aplicação do teste de estresse mental (teste de Stroop) e significância entre os momentos analisados. Esse índice é uma medida geométrica de VFC refletindo o estresse do sistema cardiovascular, já que apresenta bastante sensibilidade ao aumento da atividade simpática (BAEVSKY; CHERNIKOVA, 2017). Os autores ainda destacam que um estresse físico ou mental eleva o IS em 1,5 a 2 vezes, enquanto o estresse forte pode elevar em 5 a 10 vezes.

Figura 26 – Valores do índice de estresse (SI), em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse. * $p < 0,05$ em relação ao momento

Teste Stroop aos minutos 1, 3 e 5 do repouso



Teste de Tukey para comparação múltipla.
Fonte: Autoria própria.

5.4.2 Método Linear – Domínio da Frequência

O domínio de frequência (densidade espectral de potência), delinea as alterações frequentes do sinal da FC, através do cálculo espectral das flutuações NN com ajuda de métodos não paramétricos (Fouier) e paramétricos (autorregressão) (ERNST, 2017), de forma mais clara, os valores do domínio da frequência refletem como a potência (alterações) se difunde em função da frequência (RODRIGUES et al., 2018).

Os componentes do domínio da frequência, analisadas nesse estudo, as quais são as mais utilizadas na literatura que associa VFC e estresse mental, estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 – Valores de Média (\pm Desvio Padrão) da Variabilidade da Frequência Cardíaca utilizando métodos lineares, do domínio da frequência, em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse

	1 MIN	2 MIN	3 MIN	4 MIN	5 MIN	TESTE STROOP	P VALOR
PICO LF (Hz)	0,08 (\pm 0,02)	0,09 (\pm 0,03)	0,08 (\pm 0,03)	0,08 (\pm 0,02)	0,08 (\pm 0,03)	0,10 (\pm 0,07)	0,905
PICO HF (Hz)	0,27 (\pm 0,07)	0,24 (\pm 0,07)	0,27 (\pm 0,08)	0,28 (\pm 0,08)	0,27 (\pm 0,07)	0,27 (\pm 0,11)	0,588
LF/HF	3952,67 (\pm 5491,87)	1832,64 (\pm 2351,70)	3467,83 (\pm 3223,04)	3175,45 (\pm 3391,09)	2926,65 (\pm 2566,61)	3111,69 (\pm 2850,04)	0,242

p<0,05 em relação a cada minuto de monitoramento. Teste de Tukey para comparação múltipla.

Fonte: Autoria própria.

Os dados aqui coletados apresentam uma leve alteração dos componentes do domínio da frequência, onde percebe-se aumento LF (baixa frequência, 0,04–0,15 Hz) e relação LF/HF, e manutenção da HF (alta frequência, 0,15–0,4 Hz), sem significância observadas entre o período de tempo analisados.

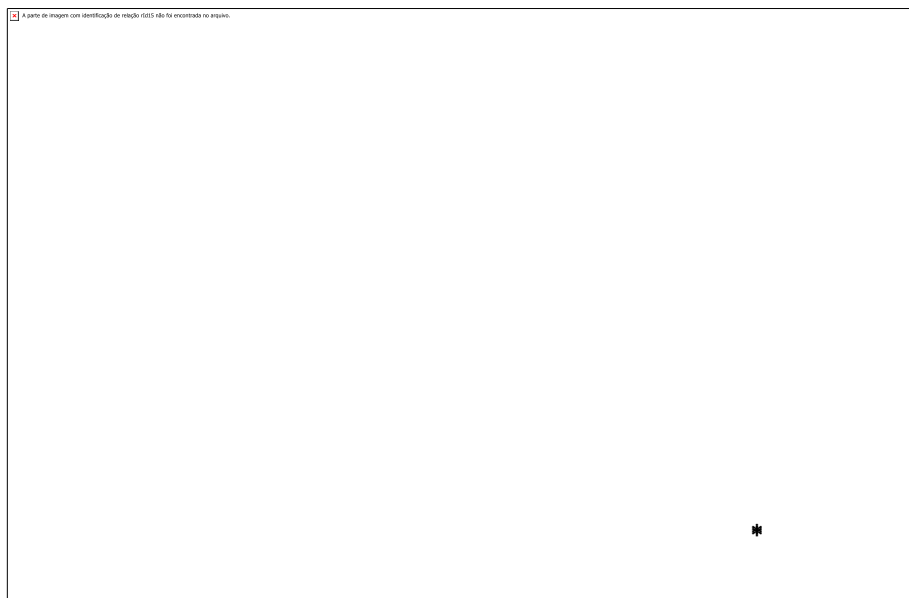
É válido lembrar que o HF reflete o tom vagal e pode ser utilizado como um índice da atividade parassimpática cardíaca, enquanto a LF reflete a influência simpática e pode ser afetada por outros mecanismos cardíacos, como sensibilidade barorreflexa (REYES DEL PASO et al., 2013). Quanto ao LF/HF tem sido considerado uma variável de equilíbrio entre os SNS e SNP, porém algumas lacunas ainda existem quanto a esse componente, o que o torna um baixo valor preditivo (LABORDE; MOSLEY; THAYER, 2017).

Nos estudos de Endukuru e Tripathi (2016) foram encontradas respostas semelhantes em situação de estresse mental, em relação aos componentes LF e LF/HF, porém foi percebido também, uma redução do HF. Rodrigues et al. (2018) observou apenas elevação da relação LF/HF diante do estresse mental, o que, segundo os autores, confirma o efeito do estresse no equilíbrio simpático-vagal. Valores elevados significam domínio do SNS sobre o SNP, o que é comum em situações de estresse.

5.4.3 Índice de SNP e SNS

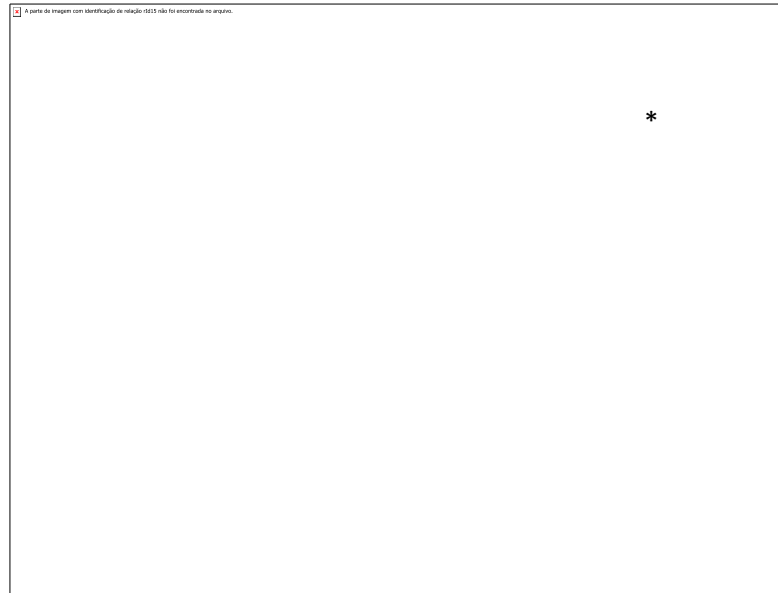
Quanto aos índices de SNP e SNS observados percebe-se que ocorreu uma diminuição do índice do SNP e elevação do SNS durante o estímulo de estresse mental (teste de Stroop) (Figura 27 e 28).

Figura 27 – Valores do índice do Sistema Nervo Parassimpático (SNP), em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse. * $p < 0,05$ em relação ao momento Teste Stroop aos minutos 1 e 5 do repouso



Teste de Tukey para comparação múltipla.
Fonte: Autoria própria.

Figura 28 – Valores do índice do Sistema Nervo Parassimpático (SNP), em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse. *p<0,05 em relação ao momento Teste Stroop aos minutos 1, 3 e 5 do repouso



Teste de Tukey para comparação múltipla.
Fonte: Autoria própria.

O índice de SNP é calculado através dos componentes RR (média), RMSSD e SD1, onde, RR elevado significa FC baixa e ativação alta do SNP; RMSSD elevado indica Arritmia Sinusal Respiratória e maior ativação do SNP; e SD1 está relacionado ao LF/HF, o qual retrata a atividade vagal (TARVAINEN et al., 2021).

O índice de SNS é encontrado a partir dos parâmetros FC média, índice de estresse (IS) e SD2, onde FC elevada relaciona-se a maior atividade do SNS; IS elevado reflete intervalo RR reduzido e maior ativação do SNS; e SD2 está relacionado ao SDNN (TARVAINEN et al., 2021).

Ainda de acordo com os autores, a interpretação dos valores obtidos segue a distribuição normal da população, onde o SNP apresenta valores entre -2 e +2, porém ressaltam que esses valores são para avaliações da VFC em repouso e que situações de estresse físico ou mental, o SNP pode apresentar valores muito mais baixo e o SNS valores bem mais altos, ficando entre 5 – 35, dependendo da intensidade do estímulo (Figura 24).

Figura 29 – Interpretação dos valores dos Índices SNP e SNS

Índice de SNP e SNS	Interpretação
Valor 0	Atividade parassimpática, em média, igual à média da população normal.
Valor negativo (-)	Atividade parassimpática, em média, abaixo à média da população normal.
Valor positivo (+)	Atividade parassimpática, em média, acima à média da população normal.

Fonte: <https://www.kubios.com/hrv-ans-function/>

5.4.4 Método não Linear – Gráfico de Poincaré

O gráfico de Poincaré é uma versão visual das séries temporais traçado a partir de cada intervalo RR em relação ao intervalo RR anterior, que desponta como uma técnica e análise da VFC em diferentes situações (RAHMANA; HABEL; CONTRADA, 2018). Segundo os autores, foi utilizada inicialmente como um instrumento visual de análise qualitativa, até que em 1996, Tulppo e colaboradores usaram-no para identificar dois índices: SD1 e SD2.

O SD1 é índice de variabilidade momentânea e influenciado pelo SNP, ao contrário, o SD2 que é um índice de variabilidade a longo prazo e que junto com a relação SD2/SD1 refletem a atividade simpática (CICCONE et al., 2018; NARANJO ORELLANA et al., 2015).

Nesse estudo observou redução do SD1 e SD2 e elevação do SD2/SD1, com significância entre os momentos analisados em SD1 e SD2 e não significância estatística na relação SD2/SD1 durante a aplicação do estresse mental (tabela 5).

Tabela 5 – Valores de Média (\pm Desvio Padrão) da Variabilidade da Frequência Cardíaca utilizando métodos não lineares (Gráfico de Poincaré), em atletas de Badminton (n=15) submetidos a estresse mental (Teste de Stroop), monitorados a cada minuto do repouso (5min) e durante a indução do estresse

	1 MIN	2 MIN	3 MIN	4 MIN	5 MIN	TESTE STROOP	P VALOR
SD1 (MS)	27,88 (\pm 19,05)	23,59 (\pm 13,69)	24,52 (\pm 11,98)	23,20 (\pm 11,14)	26,68 (\pm 13,12)	19,36 (\pm 9,60)	0,005*
SD2 (MS)	55,07 (\pm 28,01)	42,51 (\pm 18,31)	50,61 (\pm 21,28)	45,63 (\pm 15,75)	53,24 (\pm 22,61)	39,16 (\pm 12,57)	0,13*
SD2/SD1	2190,27 (\pm 720,42)	2005,13 (\pm 695,29)	2239,13 (\pm 603,45)	2212,07 (\pm 759,81)	2128,47 (\pm 587,40)	2220,20 (\pm 568,27)	0,606

*p<0,05 em relação a cada minuto de monitoramento. Teste de Tukey para comparação múltipla.
Fonte: Autoria própria.

A não elevação do SD1 como resposta ao estresse mental aplicado expressa uma atividade parassimpática reduzida, o que é um dado preocupante, já que esse dado se relaciona ao risco aumentado de desenvolvimento de disfunção cardiovascular (THAYER et al., 2012). Em contrapartida, a diminuição do SD2 representa a redução da atividade simpática, o que pode refletir que o estímulo não foi suficiente ou outros aspectos como nível de atividade física tenham interferido (NARANJO ORELLANA et al., 2015). Segundo os autores os SD2 pode ser apontado como índice de atividade simpática inversa.

Contraopondo os dados acima, a relação SD2/SD1, embora tenha apresentado elevação, não apresentou diferenças significativas entre os intervalos analisados (1 min), demonstrando que as alterações ao longo dos momentos estudados foram relativamente pequenas, mostrando um equilíbrio nas alterações, bem como, a possível interferência do nível de atividade física (NARANJO ORELLANA et al., 2015).

Sassi et al. (2015), Laborde, Mosley e Thayer (2017) ressaltam que existem ainda muitas lacunas referente as respostas obtidas nas análises não lineares, incluindo os gráficos de Poincaré para estímulos mentais estressores, o que torna necessário a inclusão de outros indicadores complementares da VFC.

5.5 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DO ESTUDO

Para melhor verificação das análises da VFC em resposta ao Teste de Stroop foi aplicada a correlação de Pearson aos dados com distribuição normal, para os momentos de aplicação do estresse mental (10 min).

As variáveis correlacionadas foram divididas em grupo quanto ao domínio do tempo, domínio da frequência, método não linear (gráfico de Poincaré), com o Somatório do tempo de reação do Teste de Stroop (Σ tempo) e Somatório do número de erros do Teste de Stroop (Σ erros).

5.5.1 Correlação do Domínio do Tempo e Teste de Stroop

O tempo de reação do Teste de Stroop, etapa 2 (TS2) apresentou correlação positiva entre os componentes SDNN, NN50 e pNN50, enquanto o tempo total apresentou apenas ao NN50 (Tabela 6).

Tabela 6 – Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis de domínio de tempo, no momento da indução do Estresse Mental e etapas do teste de Stroop (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop.

	TS1	TS2	TS3	Σ tem	Σ erros	RR	FC	SDNN	RMSSD	NN50	pNN50
TS1	1	0,531*	0,459	0,813*	-0,195	0,247	-0,253	0,460	0,449	0,501	0,464
TS2		1	0,411	0,792*	-0,009	0,015	-0,078	0,549*	0,527	0,624*	0,531*
TS3			1	0,802*	-0,224	0,252	-0,270	0,177	0,234	0,254	0,277
Σ tem				1	-0,183	0,218	-0,254	0,478	0,491	0,560*	0,519
Σ erros					1	0,285	-0,274	-0,149	0,115	0,170	0,170
RR						1	-0,992	0,200	0,348	0,234	0,330
FC							1	-0,204	-0,339	-0,238	-0,317
SDNN								1	0,915*	0,872*	0,868*
RDSSD									1	0,970*	0,981*
NN50										1	0,972*
PNN50											1

*Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t. Fonte: Autoria própria.

Pode-se, também, entender a correlação positiva entre os componentes SDNN com RMSSD, NN50 e pNN50, os quais representam a ação parassimpática que são determinados através dos intervalos RR adjacentes (VANDERLEI et al., 2009).

Quanto a correlação entre os índices de Estresse, SNS e SNP, com o Teste de Stroop percebe-se que o tempo total de reação apresenta correlação negativa com o SI e positiva com o índice de SNP. Observa-se também uma correlação negativa entre Etapa 2 (TS2) e o SI.

Tabela 7 – Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis de Índice de Estresse (SI), índice do Sistema Nervoso Simpático e Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (SNP) no momento da indução do Estresse Mental e etapas do teste de Stroop (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop.

	TS1	TS2	TS3	Σ tem	Σ erros	SI	SNS	SNP
TS1	1	0,531*	0,459	0,813*	-0,195	-0,433	-0,402	0,402
TS2		1	0,411	0,792*	-0,009	-0,521*	-0,402	0,416
TS3			1	0,802*	-0,224	-0,226	-0,290	-0,354
Σ tem				1	-0,183	-0,548*	-0,484	0,517*
Σ erros					1	-0,304	-0,147	-0,102
SI						1	-0,332	0,247
SNS							1	0,689*
SNP								1

*Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t. Fonte: Autoria própria.

A correlação entre o SNP e o tempo de reação é entendida como uma reação a situação de estresse, quando a atividade parassimpática tende a manter os níveis de FC em homeostase e a contratilidade cardíaca sem exaustão, ou seja, quanto maior o estresse, maior a ação do SNP (THACKERAY; BENGEL, 2016).

Por sua vez, a correlação negativa entre o somatório do tempo de reação e o índice de estresse pode ser interpretado pela elevação do estresse em busca do melhor desempenho, ou seja, o estresse aumenta naqueles avaliados que realizam o menor tempo de reação.

Quanto ao somatório do número de erros não foi observado correlação com nenhuma das variáveis.

5.5.2 Correlação do Domínio da Frequência e Teste de Stroop

A correlação entre os componentes da frequência (Pico LF, Pico HF, LF/HF) e etapas do Teste de Stroop, o somatório do tempo de reação e somatório do número de erros, não apresentou significância (tabela 8).

Tabela 8 – Coeficiente de Correlação de Pearson entre as variáveis de domínio de frequência, no momento da indução do Estresse Mental e etapas do teste de Stroop (TS1, TS2 e TS3), Somatório do Tempo (Σ tempo) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop.

	TS1	TS2	TS3	Σ tem	Σ erros	LF	HF	LF/HF
TS1	1	0,531*	0,459	0,813*	-0,195	0,072	-0,440	0,159
TS2		1	0,411	0,792*	-0,009	0,265	-0,070	0,001
TS3			1	0,802*	-0,224	0,012	0,057	0,231
Σ tem				1	-0,183	0,139	0,519	0,172
Σ erros					1	-0,058	0,167	0,010
LF						1	0,388	-0,391
HF							1	-0,160
LF/HF								1

*Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

Fonte: Autoria própria.

A baixa correlação entre os componentes do domínio da frequência e o desempenho no Teste de Stroop pode estar relacionado a prática de exercícios vigorosos, os quais promovem adaptações fisiológicas, que são refletidas na modulação do SNA (ZAFFALON JÚNIOR et al., 2018) e esses componentes refletem a ativação simpática (LF), parassimpática (HF) e equilíbrio simpático-vagal (LF/HF).

Também não foi observado correlação significativa entre o somatório de erros e os valores dos componentes do domínio da frequência (LF, HF, LF/HF).

5.5.3 Correlação entre componentes do Gráfico de Poincaré e Teste de Stroop

A não significância (tabela 10) entre os valores do gráfico de Poincaré e o desempenho no Teste de Stroop (tempo de reação e número de erros) pode ser em consequência do baixo estímulo estressor, nível de atividade física dos participantes e pequeno período de análise do intervalo RR, os quais interferem na modulação do SNA (NARANJO ORELLANA et al., 2015).

Tabela 9 – Coeficiente de Correlação de Pearson entre componentes do Gráfico de Poincaré, no momento da indução do Estresse Mental e Somatório do Tempo (Σ temp) e Número de Erros (Σ erros) do Teste de Stroop.

	TS1	TS2	TS3	Σ tem	Σ erros	SD1	SD2	SD1/SD2
TS1	1	0,531*	0,459	0,813*	-0,195	-0,446	0,438	-0,101
TS2		1	0,411	0,792*	-0,009	0,524	-0,430	-0,278
TS3			1	0,802*	-0,224	0,233	0,073	-0,180
Σ tem				1	-0,183	0,489	0,375	-0,233
Σ erros					1	0,115	0,062	-0,285
SI						1	0,720*	-0,717*
SNS							1	-0,127
SNP								1

*Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

Fonte: Autoria própria.

Não existem parâmetros de comparação na literatura quanto a interpretação dos componentes da VFC e o desempenho no Teste de Stroop (estressor mental), mas é provável que as respostas possam estar relacionadas as adaptações decorrentes de períodos prolongados de treinamento físico intensivo, as quais podem ser diversas e podem acarretar alterações autonômicas (RIBERIO et al., 2015).

6 CONCLUSÃO

Pode-se observar que o estímulo estressor promoveu elevação da média de FC e diminuição da média dos intervalos RR, o que sugere uma resposta fisiológica que reflete a ativação da função autonômica cardíaca, também percebida na redução dos componentes SDNN, RMSSD, NN50 e pNN50. Esses dados mostram que ocorreu estresse e que o sistema autonômico cardíaco reagiu buscando o equilíbrio homeostático. O índice de estresse elevado durante o momento de aplicação do Teste de Stroop corrobora com os valores do índice de SNS aumentado, o qual tende a aumentar a FC.

Os valores referentes aos componentes do domínio da frequência apresentaram-se com elevação LF e LF/HF e manutenção da HF, o que é contrastante com a literatura. Este fato pode ser decorrente do pequeno período de tempo analisado, bem como, a interferência do nível de condicionamento dos participantes do estudo. Isso também foi observado quanto aos resultados do gráfico de Poincaré, onde os valores de SD1 e SD2 reduziram e a relação SD2/SD1 aumentou.

Foi observado ainda, quanto ao monitoramento hemodinâmico, que o estresse mental promoveu elevação significativa da pressão arterial sistólica e manutenção da pressão arterial diastólica, o que retrata, de acordo com a literatura, uma resposta condizente aquelas já encontradas a partir de estímulos estressores em atletas, os quais sofrem modificações morfofisiológicas que os capacitam a maior controles pressóricos.

Quanto as análises de correlação, é possível perceber que o desempenho quanto ao tempo de reação é diretamente proporcional aos componentes RMSSD, NN50, pNN50 e ao índice de SNP, ou seja, quanto maior a elevação dos componentes, maior o tempo de reação total. Já o índice de estresse é inversamente proporcional, o que é possível interpretar que o participante sofre maior estresse quando seu tempo de reação é maior.

Os componentes do domínio da frequência e demais componentes estudados não apresentaram correlação significativa, o que pode estar atrelado a fatores influenciadores das respostas fisiológicas, como: faixa etária, gênero, nível de

atividade física e a fatores técnicos, como período de avaliação da VFC e intervalos seriais de análise.

No entanto, é possível verificar que o Teste de Stroop foi capaz de gerar alterações fisiológicas com respostas na VFC importantes, porém são necessários estudos mais aprofundados quanto ao efeito estressor em atletas, pois estes estão submetidos com frequência, tanto a estresse físico como mental, e que essa frequência pode acarretar sobrecargas cardíacas a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ABE, K. S.; OKAMOTO. **Badminton**. Tokyo: Gy; 1989.
- ACHARYA, R.U.; LIM, C. M.; JOSEPH, P. Heart rate variability analysis using correlation dimension and detrended fluctuation analysis. **ITBM-RBM**. v. 23, p. 333-339, 2002.
- ACHARYA, U. R. et al. Heart rate variability: A review. **Medical and Biological Engineering and Computing**. v. 44, n. 12, p. 1031–1051, 2006.
- ALDER, D. et al. The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of Badminton shots. **Human Movement Science**, v. 37, p. 167–179, 2014.
- ALGOM, D.; CHAJUT, E. Reclaiming the Stroop Effect Back From Control to Input-Driven Attention and Perception. **Frontiers in Psychology**. v. 2, n. 10, p. 1683, Aug, 2019.
- ARALDI-FAVASSA, C.T.; ARMILIATO N.; KALININE I. Aspectos Fisiológicos e Psicológicos do Estresse. *Rev de Psicologia da UnC*. v. 2, n. 2, p. 84-92, 2005.
- ARALDI-FAVASSA, C.T.; ARMILIATO N.; KALININE I. Aspectos Fisiológicos e Psicológicos do Estresse. **Rev de Psicologia da UnC**. v. 2, n. 2, p. 84-92, 2005.
- ARDISSINO, M. et al. Non-invasive real-time autonomic function characterization during surgery via continuous Poincaré quantification of heart rate variability. **Journal of clinical monitoring and computing**. v. 33, n. 4, p. 627-635, 2019.
- ARIOLI, M. et al. Fronto-temporal brain activity and connectivity track implicit attention to positive and negative social words in a novel socio-emotional Stroop task. **Neuroimage**. v. 1, n. 226, p. 117580, Feb. 2021.
- ARNSTEN, A. F. Stress weakens prefrontal networks: molecular insults to higher cognition. **Nat Neurosci**. v.18, n.10, p.1376-1385, 2015.
- AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Med**. v. 33, n. 12, p. 889–919, 2003.
- BABOLOLA J. Efeitos do Programa de Treinamento de Circuito de 8 semanas sobre Características Fisiológicas e de Desempenho dos Jogadores de Jogos de Raquete Universitária. **J Asian Sci Res**. v.1, n. 4, p.143-9, 2011.
- BAEVSKY, R. M.; CHERNIKOVA, A. G. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. **Cardiometry**, n.10, p.66–76, may, 2017.
- BAEVSKY, R. M.; CHERNIKOVA, A. G. Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. **Cardiometry**. v. 10. May 2017
- BALI, A.; JAGGI, A. S. Clinical experimental stress studies: methods and assessment. **Rev Neurosci**. v. 26, n. 5, p. 555-79, 2015.

- BALI, A.; JAGGI, A. S. Clinical experimental stress studies: methods and assessment. **Rev Neurosci**. v. 26, n. 5, p. 555-79, 2015.
- BARBOSA, D. F. et al. Resposta cardiovascular ao Stroop: comparação entre teste computadorizado e verbal. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 94, n. 4, p. 507-511, 2010.
- BEAUCHAINE, T. P.; THAYER, J. F. Heart rate variability as a transdiagnostic biomarker of psychopathology. **Int J Psychophysiol**. v. 98, n. 2 Pt 2, p. 338-350, Nov, 2015.
- BERNARDINHO. Transformando suor em ouro. Sextante, 2011.
- BLONS, E. et al. Alterations in heart-brain interactions under mild stress during a cognitive task are reflected in entropy of heart rate dynamics. *Sci Rep*. v. 9, n. 1, p.18190, 2019.
- BRITTON, A. et al. The Association between Heart Rate Variability and Cognitive Impairment in Middle-Aged Men and Women. The Whitehall II Cohort Study. **Neuroepidemiology**. v. 31, n. 2, p. 115–121, 2008.
- BROADBENT, D. P. et al. Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 4, p. 322–331, 2015.
- BROWNE, R. A. V. **Efeito Agudo do Exercício Físico Aeróbio Vigoroso sobre as Funções Executivas em Adolescentes**. Dissertação apresentada ao Programa Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.
- BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? **Frontiers in Physiology**. v. 5, n. 73, p. 1–19, 2014.
- BUDDE, H. et al. The need for differentiating between exercise, physical activity, and training. **Autoimmun. Rev**. v.15, p. 110–111, 2016.
- BYUN, K. et al. Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. **Neuroimage**. v.98, p. 336-45, Sep, 2014.
- CABELLO, D. M.; GONZALEZ-BADILLO, J. J. Analysis of the characteristics of competitive badminton. *British Journal of Sports Medicine*. v. 37, p. 62-66, 2003.
- CAETANO, J.; DELGADO ALVES, J. Heart rate and cardiovascular protection..., v. 26, n. 4, p. 217–222, 2015.
- CALDEIRA, M. A. **Desempenho cognitivo e Variabilidade da Frequência Cardíaca de Tenistas profissionais**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- CALOTI, T. A.; ANDREÃO, R. V.; SARCINELLI FILHO, M. Análise de componentes principais e índices de Variabilidade da Frequência Cardíaca em indivíduos com

Hiperglicemia. 2013. Disponível em <<http://www.sbai2013.ufc.br/pdfs/8013.pdf>>. Acesso em 04 de Junho de 2021.

CAMPO, M. et al. Emotions and performance in rugby. *Journal of Sport and Health Science*. n. July, p. 1–6, 2016.

CARLOS, L. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

CARVALHO, R. S. T. et al., Magnitude e Duração da Resposta Hipotensora em Hipertensos: Exercício Contínuo e Intervalado. *Arq. Bras. Cardiol.* v. 104, n. 3, Mar 2015.

CASTALDO R. et al. To what extent can we shorten HRV analysis in wearable sensing? A case study on mental Stress detection. In: **EMBEC & NBC 2017: Springer**. p. 643–6, 2017.

CASTALDO R. et al. Ultra-short term HRV features as surrogates of short term HRV: a case study on mental stress detection in real life. *BMC Med Inform Decis Mak.* v. 19, n. 1, p.12. Jan, 2019.

CHEN, H; WU, C; CHEN, T.C. Physiological and notational comparison of new and old scoring systems of singles matches in men's badminton. *Asian J Phys Educ Recreat.* v.17 n.1, p.12, 2011.

CHROUSOS, G. P. Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol.* v. 5, n. 7, p. 374–81, 2009.

CICCONE, A. B. et al. Reminder: RMSSD and SD1 are identical heart rate variability metrics. *Muscle Nerve.* v. 56, n. 4, p. 674-678, Oct, 2017.

CIOLAC, E. G. et al. Acute effects of continuous and interval aerobic exercise on 24h ambulatory blood pressure in long-term treated hypertensive patients. *Int J Cardiol.* v.133, n. 3, p. 381-7, 2009.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BADMINTON. Qual é a História do Badminton? Disponível em <<http://www.badminton.org.br/historiadobadminton>>. Acesso em 28 de Julho de 2021.

CÓRDOVA, C. et al. Caracterização de respostas comportamentais para o teste de Stroop computadorizado – Testinpacs. *Neurociências.* v. 4, n. 2, março-abril, 2008.

CORRADO, D. et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J.* v. 31, n. 2, p. 243-59, 2010.

CRESTANI, C. C. Emotional stress and cardiovascular complications in animal models: a review of the influence of stress type. *Frontiers in physiology*, v. 24, n. 7, p. 251. Jun, 2016.

DE ASSIS, L. V. et al. Influência de fatores emocionais no desenvolvimento de doenças cardiovasculares: uma revisão narrativa. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 13, n. 2, p. e6457, 15 fev. 2021.

- DE LA CRUZ, F. et al. The relationship between heart rate and functional connectivity of brain regions involved in autonomic control. **Neuroimage**. v.1, n. 196, p. 318-328, Aug, 2019.
- DELANEY, J. P. A.; BRODIE, D. A. Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of Heart-Rate Variability. **Perceptual and Motor Skills**, v. 91, n. 2, p. 515–524, 2000.
- DHABHAR, F.S.; MCEWEN, B. S. Acute stress enhances while chronic stress suppresses immune function in vivo: A potential role for leukocyte trafficking. **Brain Behavior & Immunity**. v. 11, p. 286–306, 1997.
- DI, X. et al. Altered resting brain function and structure in professional badminton players. **Brain Connectivity**. v. 2, p. 225–233, 2012.
- DIAMOND, A. Executive functions. **Annu Rev Psychol**. v. 64, p. 135-168, 2013.
- DIMITRIEV, D. A.; SAPEROVA, E. V.; DIMITRIEV, A. D. State Anxiety and Nonlinear Dynamics of Heart Rate Variability in Students. **PLoS One**. v.11, n. 1, p. e0146131, 2016.
- DOBRYNINA, L. A. et al. Executive functions: fMRI of healthy volunteers during Stroop test and the serial count test. **Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova**. v.118, n. 11, p. 64-71, 2018.
- DONG, J. G. The role of heart rate variability in sports physiology (Review). **Experimental and Therapeutic Medicine**. v. 11, n. 5, p. 1531–1536, 2016.
- DZIEMBOWSKA, I. et al. Effects of Heart Rate Variability Biofeedback on EEG Alpha Asymmetry and Anxiety Symptoms in Male Athletes : A Pilot Study. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**. v. 41, n.2, p. 141-150, 2016.
- EGNER, T.; HIRSCH. J. The neural correlates and functional integration of cognitive control in a Stroop task. **Neuroimage**. v. 24, n. 2, p. 539-47, Jan, 2005.
- EL SAYED, K, et al. Rate of rise in diastolic blood pressure influences vascular sympathetic response to mental stress. **J Physiol**. v. 594, n. 24, p. 7465-7482, Dec. 2016.
- ENDUKURU, C. K.; TRIPATHI, S. Evaluation of Cardiac Responses to Stress in Healthy Individuals - A Non Invasive Evaluation by Heart Rate Variability and Stroop Test. **International Journal of Scientific Research**. v. 5, n. 7, Jul, 2016.
- ERICKSON, K. I. et al. Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. **Med Sci Sports Exerc**. v. 51, n. 6, p. 1242–1251. Jun, 2019.
- ERICKSON, K. I.; HILLMAN, C. H.; KRAMER, A. F. Physical activity, brain, and cognition. **Current opinion in behavioral sciences**, v. 4, p. 27-32, 2015.
- ERNST, G. Heart-Rate Variability-More than Heart Beats?. **Front Public Health**. v. 5, p. 240, 2017.

ESGALHADO, G. O efeito Stroop: Um fenómeno raro. **Revista Psicologia e Educação**. v. 1, n. 1 e 2, Dez. 2002.

ESQUIVEL, A. G. et al. Heart rate variability after three badminton matches. Are there gender differences? **Archivos de Medicina del Deporte**. v. 28, n. 144, p. 257–264, 2011.

FERNANDES, R. J. C. **A Dinâmica decisional no Badminton**: o acoplamento serviço - recepção nos atletas de singulares homens de elite mundial. Dissertação (mestrado). Lisboa. Universidade da Madeira. 2008.

FIORANELLI, Massimo et al. Stress and inflammation in coronary artery disease: a review psychoneuroendocrineimmunology-based. **Frontiers in immunology**, v. 9, p. 2031, 2018.

FLETCHER, D., et al. A conceptual framework of organizational stressors in sport performers. Scandina-**Journal of Medicine Science and Sports**. v. 2, n. 4, p. 545-557, 2012.

GARCIA, I. Q. et al. Propriedades psicométricas da versão Torga do Teste Stroop. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*. v. 2, n. 2, p. 55-64, 2016.

GAO, Q. et al. Adaptation of brain functional stream architecture in athletes with fast demands of sensorimotor integration. **Human brain mapping**. v. 40, n. 2, p. 420-431, 2019.

GEORGE, K. et al. The endurance athletes heart: acute stress and chronic adaptation.

GOLDSTEIN, D. S. et al. Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. **Exp Physiol**. v. 96, n. 12, p.1255-61, Dec, 2011.

GU, Q. et al. Effects of Open Versus Closed Skill Exercise on Cognitive Function: A Systematic Review. **Front Psychol**. v.10, p. 1707, 2019.

GUAN L. et al. Autonomic nervous system and stress to predict secondary ischemic events after transient ischemic attack or minor stroke: possible implications of heart rate variability. **Front. Neurol**. v. 9, p. 90, 2018.

GUILLAIN, J. Y. **Badminton**: An Illustrated History. Publibook, Paris, 2004.

HANSEN, A. L.; JOHNSEN, B. H.; THAYER, J. F. Vagal influence on working memory and attention. **International Journal of Psychophysiology**. v. 48, p. 263–274, 2003.

HEINZEN, R. G. Classificação de estados de estresse mental através da variabilidade cardíaca. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

- HERNANDO, A. et al. Inclusion of Respiratory Frequency Information in Heart Rate Variability Analysis for Stress Assessment. **IEEE J Biomed Health Inform.** v. 20, n. 4, p.1016-25, Jul, 2016.
- HERNANDO, D. et al. Validation of the Apple Watch for Heart Rate Variability Measurements during Relax and Mental Stress in Healthy Subjects. **Sensors (Basel).** v.18, n. 8, p. 2619, aug, 2019.
- HUIKURI, H.V.; MAKIKALLIO, T. H.; PERKIOMAKI, J. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. **J Electrocardiol.** v. 36, Suppl:95-9, 2003.
- JENSEN, A. R.; ROHWER JR., W. D. The Stroop Color-Word Test: a Review. **Acta Psychologica.** v. 25, p. 36-93, 1966.
- JIMÉNEZ MORGAN, S.; MOLINA MORA, J. A. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. **Applied Psychophysiology Biofeedback.** v. 42, n. 3, p. 235–245, 2017.
- KATRITSIS, G. D.; KATRITSIS, D. G. The electrocardiogram in athletes revisited. **Arrhythm Electrophysiol Rev.** v. 2, n. 2, p. 99– 104. 2013.
- KAVANAGH, J. Stress and performance: a review of the literature and its applicability to the military. Santa Monica, CA: **RAND Corporation**, 2005. Acesso em 21 de Agosto de 2021 em:
<http://www.rand.org/pubs/technical_reports/2005/RAND_TR192.pdf>
- KELLMANN, M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. **Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports.** v. 20. p. 95-102. 2010.
- KHNG, K. H.; LEE, K. The relationship between Stroop and stop-signal measures of inhibition in adolescents: influences from variations in context and measure estimation. **PLoS One.** v. 9, n. 7, p. e101356, Jul, 2014.
- KHOVANOV, I. A. et al. Intrinsic dynamics of heart regulatory systems on short time-scales: from experiment to modelling. **J Stat Mech.** P01016. 2009.
- KIM, H. G. et al. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. **Psychiatry Investig.** v.15, p. 235–245, 2018.
- KOENIG, J. et al. Depression and resting state heart rate variability in children and adolescents - A systematic review and meta-analysis. **Clin Psychol Rev.** v. 46, p. 136-50, Jun, 2016.
- KOMORI T, MAKINODAN M, KISHIMOTO T. Social status and modern-type depression: A review. **Brain Behav.** v. 9, n. 12, p. e01464, Dec, 2019.
- KUBIOS. **HRV in evaluating ANS function.** Disponível em <<https://www.kubios.com/hrv-ans-function/#Taskforce1996>> Acesso em 01 de Agosto de 2021.

KUEHL, L. K. et al. Two separable mechanisms are responsible for mental stress effects on high frequency heart rate variability: an intra-individual approach in a healthy and a diabetic sample. **Int J Psychophysiol.** v. 95, p. 299–303, 2015

KUMAR, D. M. et al. Heart Rate Variability Analysis : a Review. **Ijarse.** v. 8354, n. 3, p. 49–64, 2014.

LABORDE, S.; MOSLEY, E.; THAYER, J. F. Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research - Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. **Front Psychol.** v. 8, p. 213, Feb, 2017.

LANG, C. C. et al. Elevated heart rate and cardiovascular outcomes in patients with coronary artery disease: Clinical evidence and pathophysiological mechanisms. **Atherosclerosis.** v. 212, n. 1, p. 1–8, 2010.

LAPPI, O. The Racer's brain - how domain expertise is reflected in the neural substrates of driving. **Front Hum Neurosci.** v. 24, n. 9, p. 635. Nov. 2015

LAUTENSCHLAGER, N. T.; COX, K.; CYARTO, E. V. The influence of exercise on brain aging and dementia. *Biochim Biophys Acta* 2012; 1822: 474–481.

LO, D.; STARK, K. Sports performance series: the badminton overhead shot. **Natl Strength Cond J.** v. 13, p. 6–13, 1991.

LOPES, P. F. F. et al., Aplicabilidade Clínica da Variabilidade da Frequência Cardíaca. **Rev Neurocienc.** v. 21, n. 4, p. 600-603, 2013.

LUCAS, S. J. E. et al. High-intensity interval exercise and cerebrovascular health: curiosity, cause, and consequence. **J Cereb Blood Flow Metab.** v. 35, n. 6, p. 902–911, Jun, 2015.

LUFT, C. D. B.; TAKASE, E.; DARBY, D. Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort. **Biological Psychology.** v. 82, p. 196–201, 2009.

MARÃES, V. R. F. S. Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. **Rev Andal Med Deporte.** v. 3, n. 1, p. 33-42, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico.** 8. ed. Atlas, 2017.

MARK, L. R. Clinical Applications of Heart Rate Variability in the Triage and Assessment of Traumatically Injured Patients. **Anesthesiol Res Pract.** v. 2011, p. 1-8, 2011.

MARWAHA, P.; SUNKARIA, R. K. Complexity quantification of cardiac variability time series using improved sample entropy (I-SampEn). **Australas Phys Eng Sci Med.** v. 39, n. 3, p. 755-763, 2016.

MATOS, F. O. et al. Cargas elevadas de treinamento alteram funções cognitivas em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte,** São Paulo, v. 20, n. 5, p. 388-392, 2014.

MATTHEWS, S. C. et al. Functional subdivisions within anterior cingulate cortex and their relationship to autonomic nervous system function. **NeuroImage**. v. 22, p. 1151–1156, 2004.

MCCLASKEY, D.; LEE, D.; BUCH, E. Outcomes among athletes with arrhythmias and electrocardiographic abnormalities: implications for ECG interpretation. **Sports Med**. v. 43, n. 10, p. 979-91, 2013.

McDUFF, D.; GONTAREK, S.; PICARD, R. Remote measurement of cognitive stress via heart rate variability. **Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.** p. 2957–2960, 2014.

MEKARI, S. et al. Effect of High Intensity Interval Training Compared to Continuous Training on Cognitive Performance in Young Healthy Adults: A Pilot Study. **Brain Sci**. v. 10, n. 2, p. 81. Feb, 2020.

MESTANIK, M. et al. Cardiovascular sympathetic arousal in response to different mental stressors. **Physiol Res**. v. 64, Suppl 5, p. S585-94, 2015.

MONTANO, N. et al. Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. **Neurosci Biobehav Rev**. v. 33, n. 2, p. 71-80, Feb, 2009.

NARANJO ORELLANA, J. et al. Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. **Int J Sports Physiol Perform**. v.10, n. 4, p. 452-7, May, 2015.

NOBREGA, A. C. L.; CASTRO, R. R. T.; SOUZA, A. C. Estresse mental e hipertensão arterial sistêmica. **Rev Bras Hipertens**. v.14, n. 2, p. 94-97, 2007.

NUNAN, D.; SANDERCOCK, G. R. H.; BRODIE, D. A. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. **PACE**, v. 33, p. 1407–1417, Nov, 2010.

OGLIARI, G. et al. Resting heart rate, heart rate variability and functional decline in old age. **Cmaj**. v. 187, n. 15, p. 442–449, 2015.

OLIVEIRA, A. R. P.; GONÇALVES, A. G.; SEABRA JÚNIOR, M. O. Badminton e esporte adaptado para pessoas com deficiência: revisão sistemática da literatura. *Rev. Assoc. Bras. Ativ. Mot. Adapt.*, Marília, v.18, n.1, p. 93-108, Jan./Jun., 2017.

PARK G.; THAYER J. F. From the heart to the mind: Cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. **Front. Psychol**. v.5. p. 5, 2014.

PAULA, J. R. E. P. et al. Heart Rate Variability and Emotional States in Basketball Players. **Journal of Exercise Physiology**. v. 19, n. 6, p. 111–122, 2016.

PECCHIA L. et al. Are ultra-short heart rate variability features good surrogates of short-term ones? State-of-the-art review and recommendations. **Healthc Technol Lett**. v. 5, n. 3, p. 94-100, Jun, 2018.

PEDERSEN, B. K. Physical activity and muscle-brain crosstalk. **Nat Rev Endocrinol**. v. 15, n. 7, p. 383-392, Jul, 2019.

PHOMSOUPHA, M.; BERGER, Q.; LAFFAYE, G. Multiple Repeated Sprint Ability Test for Badminton Players Involving Four Changes of Direction: Validity and Reliability (Part 1). **Journal of strength and conditioning research**. v. 32, n. 2, p. 423–431, 2018.

PHOMSOUPHA, M.; LAFFAYE, G. The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics. **Sports Medicine**. v. 45, n. 4, p. 473-495, 2015.

PICÓ, A. M. et al. Influence of QRS complex detection errors on entropy algorithms. Application to heart rate variability discrimination. **Comput Methods Programs Biomed**. v.110, n. 1, p. 2-11. 2013.

PISKORSKI, J.; GUZIK, P. Geometry of the Poincaré plot of RR intervals and its asymmetry in healthy adults. **Physiol Meas**. v. 28, n. 3, p. 287-300, Mar, 2007.

PORGES, S. W. The polyvagal theory: New insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system. **Clevel. Clin. J. Med**. v. 76, p. S86–S90, 2009.

PORTA A, et al. Addressing the complexity of cardiovascular regulation. **Phil Trans R Soc A**. v.13, n. 367, p. 1215-8, Apr. 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUINTANA, D. S. et al. 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**. v. 86, p. 168–172, 2012.

RAHMAN, F. et al. Low frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation. **Clin Auton Res**. v. 21, n. 3, p. 133-41, Jun 2011.

RAHMAN, S.; HABEL, M.; CONTRADA, R. J. Poincaré plot indices as measures of sympathetic cardiac regulation: Responses to psychological stress and associations with pre-ejection period. **International Journal of Psychophysiology**. v.133, p. 79-90, 2018.

REYES DEL PASO, G. A. et al. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. **Psychophysiology**. v. 50, n. 5, p. 477-87, May, 2013.

RIBEIRO, S. C. S. **Comparação entre as versões manuais e computadorizadas dos testes Torre de Londres (ToL), teste de stroop (STROOP) e Teste Wisconsin de classificação de cartas (WCST)**. Monografia apresentada ao Programa de Especialização em Neurociência e Comportamento, com ênfase em Neuropsicologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

RIBEIRO, V. B. et al. Variabilidade da Frequência Cardíaca em atletas e não atletas saudáveis - Diferenças e alterações provocadas pelo Treinamento Físico de

Endurance. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo, v.9, n.54, p.446-456, Jul/Ago, 2015.

RODRIGUES, S. et al. Cognitive Impact and Psychophysiological Effects of Stress Using a Biomonitoring Platform. **Int. J. Environ. Res. Public Health**. n. 5, p. 1080. 2018.

ROY, B.; GHATAK, S. Nonlinear methods to assess changes in heart rate variability in type 2 diabetic patients. **Arq Bras Cardiol**. v.101, n. 4, p. 317-327, 2013.

RUSSELL G, LIGHTMAN S. The human stress response. **Nature Reviews Endocrinology**. v.15, n. 9, p. 525-534, 2019;

SÁ, J. C. F. et al. Variabilidade da frequência cardíaca como método de avaliação do sistema nervoso autônomo na síndrome dos ovários policísticos. **Rev Bras Ginecol Obstet**. v. 35, n. 9, p. 421-6, 2013.

SAHOO, K.; MAHAPATRA, A.; RUBAN, N. Stress index calculation and analysis based on heart rate variability of ECG signal with arrhythmia, in Proceedings of the 2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT). **Piscataway, NJ: IEEE**, 2019.

SANDI, C. Stress and cognition. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science**. v. 4, p. 245–261, 2013.

SANTOS, L. et al. Application of an automatic adaptive filter for Heart Rate Variability analysis. **Medical Engineering & Physics**. v. 35. n.12, p. 1778-1785. 2013.

SANTOS, L. et al. T-RR Filter: Ferramenta computacional gráfica no uso do filtro adaptativo para análise da variabilidade da frequência cardíaca. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**. v. 4, n. 1, 2016.

SASSI R, et al. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. **Europace**. v.17, n. 9, p. 1341-53. Sep, 2015.

SCARPINA, F.; TAGINI, S. The Stroop Color and Word Test. **Frontiers in Psychology**, v. 8, 2017.

SETH, B. Determination factors of badminton game performance. **International Journal of Physical Education, Sports and Health**. v. 3, n. 1, p. 20-22, 2016.

SGOBBI, F. S.; TAROUCO, L. M. R.; HERPICH, F. O uso de frequencímetro para inferir indícios cognitivos em alunos adultos. **RENOTE**. v. 17, n. 1, p.134-143, 2019.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. An overview of heart rate variability metrics and norms. **Front Public Health**. v. 5, p. 258, 2017.

SHECAIRA, T. P. et al. Influência da obesidade no desempenho cognitivo e na resposta hemodinâmica ao teste de estresse mental. **Braz. J. of Develop**. Curitiba, v. 6, n.12, p. 93755-93770, Dec, 2020.

SILVA, A. M. B. **Uma proposta de avaliação e intervenção psicológica no enfrentamento da dor em bailarinos**. Tese de Doutorado não publicada, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, SP, 2016.

SILVA, A. P. F. et al. Relação da variação da pressão arterial sistólica pós estresse com a terapia musical. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas**. v. 3, p. 1, p. 18-23, 2019.

SILVA, L. E. V. **Sistemas não lineares e complexidade na análise da variabilidade da frequência cardíaca**. Disponível em [Sistemas-nao-lineares-e-complexidade-na-analise-da-variabilidade-da-frequencia-cardiaca.pdf](#) (researchgate.net). Acesso em 20 de Julho de 2021.

SINGH, J.; RAZA, S.; MOHAMMAD, A. Physical Characteristics and Level of Performance in Badminton: A Relationship Study. **Journal of Education and Practise**. v. 2, n. 5, p. 6–10, 2011.

SONG L. et al. Impairment of the spatial learning and memory induced by learned helplessness and chronic mild stress. *Pharmacol Biochem Behav*. **Pharmacol Biochem Behav**. v. 83, p. 186–193, 2006

SONG, S, et al. The influence of emotional interference on cognitive control: A meta-analysis of neuroimaging studies using the emotional Stroop task. *Sci Rep*. v. 7, n. 1, p. 2088, May, 2017.

SONG, Y.; HAKODA, Y. An fMRI Study of the Functional Mechanisms of Stroop/Reverse-Stroop Effects. **O Behav. Brain Res**. v. 290, p. 187–196, 2015.

SOUZA, R. A. et al. Heart rate variability, salivary cortisol and competitive state anxiety responses during pre-competition and pre-training moments. **Biology of sport**. v. 36, n. 1, p. 39–46, 2019.

STRAUSS, E; SHERMAN, E. M. S.; SPREEN, O. **A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary**. 3 Ed. Oxford University Press: New York, 2006.

STROOP, J. R. Studies of Interference in Serial Verbal Reactions. **Journal of Experimental Psychology** v. 18, n. 6, Dez, 1935.

TAKAHASHI, S.; GROVE, P. M. Use of Stroop Test for Sports Psychology Study: Cross-Over Design Research. **Frontiers in Psychology**, v. 11, p. 3497, 2020.

TARVAINEN, M. P. et al., User's Guide Kubios HRV (version 3.5), 2021. Disponível em: < <https://www.kubios.com/support/>>. Acesso em 04 de Junho de 2021.

TASK FORCE – Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart rate variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. **Circulation**. 93:1043 - 1065, 1996. Disponível em: < <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.93.5.1043>> Acesso em 01 de Agosto de 2021.

THACKERAY, J. T.; BENGEL, F. M. PET imaging of the autonomic nervous system. **Q J Nucl Med Mol Imaging**. v.60, n. 4, p. 362–82, 2016.

THAYER, J. F. et al. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. **Neurosci Biobehav Rev**. v. 36, n. 2, p. 747-56, Feb, 2012.

THAYER, J. F. **Heart rate variability**: a neurovisceral integration model. p. 1041-1047, 2009.

THAYER, J. F.; LANE, R. D. Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. **Neurosci Biobehav Rev**. v. 33, n. 2, p. 81-8, Feb, 2009.

TRACEY, K. J. Physiology and immunology of the cholinergic antiinflammatory pathway. **J Clin Invest**. v.117, n. 2, p. 289–96, 2007.

ULRICH-LAI, Y. M.; HERMAN, J. P. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. **Nat Rev Neurosci**. v.10, n. 6, p. 397–409, 2009.

UMAIR, M. et al. HRV and Stress: A Mixed-Methods Approach for Comparison of Wearable Heart Rate Sensors for Biofeedback, **IEEE Access**, v. 9, p. 14005-14024, 2021.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**. v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009.

VERARDI, C. E. L. et al. Esporte, stress e burnout. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 29, n. 3, p. 305–313, 2012.

VIANA FILHO, L. P. Adaptações cardíacas fisiológicas induzidas pelo exercício físico em atletas amadores: revisão narrativa. **REAS/EJCH**. v. Sup, n.56, p. e3999, Ago, 2020.

VRIJKOTTE, S. et al. Mental Fatigue and Physical and Cognitive Performance During a 2-Bout Exercise Test. **Int J Sports Physiol Perform**. v.13, n. 4, p. 510-516, apr, 2018.

WALLÉN, M. B. et al. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. **European Journal of Applied Physiology**. v. 112, n. 3, p. 1153–1165, 2012.

WEINBERG, R.; GOULD, D. **Fundamentos da Psicologia do Esporte e Exercício Físico**. Porto Alegre: Artmed, 6. ed. 2017

WEIPPERT, M. et al. Comparison of three mobile devices for measuring R-R intervals and heart rate variability: Polar S810i, Suunto t6 and an ambulatory ECG system. **European Journal of Applied Physiology**. v. 109, n. 4, p. 779–786, 2010.

WESSEL, N. et al. Nonlinear analysis of complex phenomena in cardiological data, **Herzschr Elektrophys**. v. 11, p. 159–173, 2000.

- WILLIAMS, A. M.; ERICSSON, K. A. Perceptual-cognitive expertise in sport: Some considerations when applying the expert performance approach. **Human Movement Science**. v. 24, n. 3, p. 283–307, 2005.
- WIRTZ, P. H.; VON KÄNEL, R. Psychological Stress, Inflammation, and Coronary Heart Disease. **Curr Cardiol Rep**. v. 19, n. 11, p. 111, Sep, 2017.
- WOLF, S. et al. Winning the game: Brain processes in expert, young elite and amateur table tennis players. **Front Behav Neurosci**. v. 27, n. 8, p. 370, Oct. 2014.
- XU, H, et al. The Role of Medial Frontal Cortex in Action Anticipation in Professional Badminton Players. **Front Psychol**. v. 17, n. 7, p. 1817. Nov. 2016.
- YARIBEYGI, H. et al. The impact of stress on body function: A review. **EXCLI J**. v. 16, p.1057-1072, 2017.
- YENTES J. M. et al. The appropriate use of approximate entropy and sample entropy with short data sets. **Ann Biomed Eng**. v. 41, n. 2, p. 349-65. Feb. 2013.
- YONG, T. H.; TAN, D. Y. W. Preliminary investigation of movement-heart rate relationship using kinect-based badminton performance analysis. **Automation and Sciences**. v. 2018–March, p. 1–5, Mar, 2018.
- ZAFFALON JÚNIOR, J. R. et al. The impact of sedentarism on heart rate variability (HRV) at rest and in response to mental stress in young women. **Physiol Rep**. v. 6, n.18, p. e13873, 2018.

APÊNDICE A – Anamnese

FICHA DE ANAMNESE

Avaliador: _____	Data da avaliação: ___/___/_____
------------------	----------------------------------

Dados pessoais

Nº do avaliado:	Data nasc.: / /
E-mail:	Cel.:
Gênero:	

Informações gerais

11	Você é atleta de <i>badminton</i> a quanto tempo?	
22	Você treina quantas vezes por semana?	
23	Qual a duração da sessão do treino?	
44	Você pratica alguma outra atividade física complementar ao seu treino? (Ex.: musculação)	
55	Já participou de torneios de nível internacional e/ou mundial?	
66	Em média quantas competições você participa por ano?	
77	Qual sua categoria atualmente?	
88	Em competições, você disputa todas as modalidades? (Ex.: simples e duplas). Se não, especifique quais.	
99	Houve algum período de inatividade (meses ou anos) durante o tempo de prática do esporte? Se sim, especifique.	

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética e Pesquisa

