



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
CURSO DE FISIOTERAPIA

NARA ISABELLY RODRIGUES SILVA

**ESTUDO DE VALIDAÇÃO DO APLICATIVO *PULSE HRV* PARA A AVALIAÇÃO
DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRATICANTES DE
EXERCÍCIOS FÍSICOS**

FORTALEZA-CE

2023

NARA ISABELLY RODRIGUES SILVA

ESTUDO DE VALIDAÇÃO DO APLICATIVO PULSE HRV PARA A AVALIAÇÃO DA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRATICANTES DE
EXERCÍCIOS FÍSICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Fisioterapia da Universidade
Federal do Ceará (UFC) como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Almeida Bezerra

FORTALEZA-CE
2023

NARA ISABELLY RODRIGUES SILVA

ESTUDO DE VALIDAÇÃO DO APLICATIVO PULSE HRV PARA A AVALIAÇÃO DA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRATICANTES DE
EXERCÍCIOS FÍSICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Fisioterapia do Departamento de
Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Fisioterapia.

Aprovada em 01/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Almeida Bezerra (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro de Oliveira

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Clarice Cristina Cunha de Souza

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S581e Silva, Nara Isabelly Rodrigues.
Estudo de validação do aplicativo Pulse HRV para a avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca em praticantes de exercícios físicos / Nara Isabelly Rodrigues Silva. – 2023.
22 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Curso de Fisioterapia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Almeida Bezerra.

1. Frequência Cardíaca. 2. Vestível. 3. Eletrocardiograma. I. Título.

CDD 615.82

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora pelo dom da vida, por todas as bênçãos, proteção, sustento, sabedoria e perseverança concedidas.

Aos meus pais, Valdir Lucas e Aneliza Rodrigues, por todo o apoio, amor, compreensão, sacrifício e incentivo. Eu dedico essa conquista de finalização da graduação a eles. Tenho muita sorte de tê-los ao meu lado.

Agradeço aos meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado com incentivo, compreensão, apoio, motivação, amor.

Além disso, também quero agradecer ao meu orientador, professor Dr. Márcio Almeida Bezerra, por ter aceitado me orientar no TCC, além de investir tempo e esforço no auxílio deste trabalho, fornecendo feedbacks que buscaram aprimorar a qualidade deste estudo.

Por último, gostaria de agradecer a todos os participantes envolvidos neste estudo pela cooperação e disponibilidade em contribuir, sem eles este TCC não teria sido possível.

RESUMO

Atualmente, existem alguns aplicativos cientificamente validados para a mensuração da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em praticantes de exercícios físicos e atletas, porém os APPs supracitados foram associados com uma fita polar. Além de que para utilizá-los é necessário pagar um valor já estabelecido, e isso é um fator que pode dificultar o acesso. Dessa forma, é essencial a validação de instrumentos de boa acurácia e fácil acesso que estejam disponíveis de forma gratuita para mensurar a VFC. O objetivo deste estudo é avaliar a validade do aplicativo para *smartphone Pulse HRV* quando comparado a um dispositivo de eletrocardiograma portátil para a avaliação da VFC em praticantes de exercícios físicos. Trata-se de um estudo transversal, realizado de agosto a outubro de 2023, composta por praticantes de exercícios físicos, sem doenças cardiovasculares. Nas avaliações foram utilizados simultaneamente: o aplicativo *Pulse HRV* e um eletrocardiograma portátil. Para a análise estatística foi utilizado o teste de correlação de Spearman. Foram incluídos 22 praticantes de exercícios físicos de 14 diferentes modalidades esportivas. A FC apresentou uma correlação muito forte ($\rho=0,971$; $p<0,001$). No pNN50, SD2, LF e HF a magnitude foi forte. Já a VFC, rMSSD, SD1 resultaram em uma correlação moderada. A relação LF/HF apresentou fraca correlação. Os achados deste estudo sugerem que o aplicativo supracitado pode ser uma opção válida e gratuita para registrar as medições da VFC nos domínios FC, pNN50, SD2, LF e HF, pois neles foram encontrados uma correlação forte ao comparar o APP ao ECG.

Palavras-chave: frequência cardíaca; vestível; eletrocardiograma.

ABSTRACT

Currently, there are some scientifically validated applications for measuring Heart Rate Variability (HRV) in physical exercisers and athletes, but the aforementioned APPs were associated with a polar tape. Furthermore, to use them it is necessary to pay an already established amount, and this is a factor that can make access difficult. Therefore, it is essential to validate instruments with good accuracy and easy access that are freely available to measure HRV. The objective of this study is to evaluate the validity of the Pulse HRV smartphone application when compared to a portable electrocardiogram device for assessing HRV in physical exercisers. This is a cross-sectional study, carried out from August to October 2023, composed of physical exercise practitioners, without cardiovascular diseases. In the evaluations, the Pulse HRV application and a portable electrocardiogram were used simultaneously. For statistical analysis, the Spearman correlation test was used. 22 physical exercisers from 14 different sports were included. HR showed a very strong correlation ($\rho=0.971$; $p<0.001$). In pNN50, SD2, LF and HF the magnitude was strong. HRV, rMSSD, SD1 resulted in a moderate correlation. The LF/HF relationship showed a weak correlation. The findings of this study suggest that the aforementioned application can be a valid and free option for recording HRV measurements in the HR, pNN50, SD2, LF and HF domains, as a strong correlation was found in them when comparing the APP to the ECG.

Keywords: heart rate; wearables; electrocardiogram.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. OBJETIVO.....	10
3. MÉTODOS.....	10
3.1 Delineamento, local e período do estudo.....	10
3.2 População e amostra.....	10
3.3 Aspectos éticos.....	10
3.4 Procedimentos da coleta dos dados.....	11
3.5 Aplicativo Pulse HRV.....	11
3.6 Eletrocardiograma portátil.....	12
3.7 Análise estatística.....	13
4. RESULTADOS.....	13
5. DISCUSSÃO.....	16
6. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	19
ANEXO A TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	21

1. INTRODUÇÃO

No contexto esportivo, os avanços na tecnologia dos *smartphones* têm trazido alternativas ainda mais acessíveis, práticas e de baixo custo, para registro e monitoração dos atletas (PEREIRA et al., 2019). Dessa forma, é essencial que eles também sejam usados com o intuito de monitorar as variações no ritmo cardíaco por meio da frequência cardíaca (FC) e da variabilidade da FC (VFC) (LANDREANI et al., 2016), tendo em vista que através dela também é possível monitorar e controlar a carga interna de treinamento, orientar a periodização, refletir o estado de recuperação, entre outros (BELLENGER et al., 2016; BUCHHEIT, 2014; DOS SANTOS LEITE et al., 2012).

A VFC descreve as oscilações entre os intervalos RR consecutivos e verifica a medição da variação entre os batimentos cardíacos individuais em ciclos cardíacos consecutivos, e essa alteração pode fornecer uma estimativa de uma atividade do sistema nervoso autônomo (SNA) do ser humano (MALIK, M., 1996; LOPES et al., 2013) (7,8). Em indivíduos saudáveis, as reduções nas atividades vagais (menor VFC) indicam uma menor adaptação ao treino, já os níveis vagais elevados (maior VFC) referem-se a um aumento no condicionamento físico e no desempenho do exercício (PLEWS et al., 2017) (9). Ela se correlaciona com o estresse da saúde do coração, treinamento atlético, saúde emocional e condicionamento físico (YOUNG, LEICHT; 2011).

O padrão ouro de registro dos intervalos RR e análise da VFC é o eletrocardiograma (ECG). Porém, este não é um sistema apropriado para a gravação de interações cardíacas durante a prática esportiva realizada em campo, por exemplo, além de apresentar um alto custo, ampla complexidade e a necessidade de um ambiente favorável para a sua realização, dificultando, assim, a mensuração por esse meio (PEREIRA, et al., 2019).

A capacidade de registrar efetivamente a VFC por meio do smartphone do próprio atleta e da tecnologia fotopletismografia (PPG) é um método que de fato simplificaria a aquisição de dados. Atualmente, existem alguns aplicativos cientificamente validados para a mensuração da VFC, como o *Ithlete*TM, *HRV4training*, *HRV Expert by CardioMood* (FLATT, A.; ESCO, 2013; PLEWS et al., 2017; PEREIRA et al., 2019), (2,9,12), os quais foram associados com uma fita polar. Além de que para utilizar os dois primeiros aplicativos apresentados anteriormente é necessário pagar um valor já estabelecido, e isso é um fator que pode dificultar o acesso. Dessa forma, é essencial a validação de instrumentos de boa acurácia e fácil acesso que estejam disponíveis de forma gratuita.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é realizar a validação concorrente do aplicativo *Pulse HRV* by Camera BLE ECG, utilizando a fotopletismografia (PPG), em comparação com um dispositivo de eletrocardiograma portátil, para análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em indivíduos engajados em atividades físicas.

3. MÉTODOS

3.1 Delineamento, local e período do estudo

Trata-se de um estudo transversal. O estudo foi realizado no Ambulatório do Hospital Universitário Walter Cantídio (HUWC) e no Laboratório de Mecanoterapia do Departamento de Fisiologia e Farmacologia (DFF) da Universidade Federal do Ceará (UFC), no período de agosto a outubro de 2023.

3.2 População e amostra

Os participantes foram recrutados de agremiações desportivas ou praticantes de exercícios físicos de forma autônoma. A amostragem do presente estudo sucedeu-se por conveniência, ou seja, não probabilística e não aleatória, na qual foram selecionados indivíduos que atendiam aos critérios de inclusão no perfil populacional do estudo e que apresentavam disponibilidade, aceitando formalmente participar da coleta, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram adotados como critérios de inclusão: praticar exercício físico (mínimo de 120 minutos/semanais), há no mínimo 6 meses; sem histórico de doenças cardiovasculares; com idade entre 18 anos e 40 anos.

Os critérios de exclusão adotados foram: utilizar medicamentos que influenciam no funcionamento autonômico do coração ou suplementos com potencial anti-inflamatório durante a coleta; ser tabagista ou ex-tabagista ou que tivessem feito uso de bebida alcoólica nas últimas 48 horas que antecede a coleta; apresentar qualquer tipo de indisponibilidade relacionada a pesquisa.

3.3 Aspectos éticos

Esta pesquisa obteve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará sob o número de parecer 5.737.629. Todos os participantes foram previamente esclarecidos quanto aos procedimentos que seriam realizados no estudo e solicitados a assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.4 Procedimentos da coleta dos dados

Inicialmente, os participantes foram solicitados a se abster de qualquer exercício físico na manhã antes da realização do teste. Ao chegarem no local de coleta era aplicado um questionário contendo informações referentes aos dados pessoais (nome, sexo, idade, peso, altura) e perguntas relacionadas a prática esportiva (modalidade praticada, tempo de prática, frequência e duração dos treinos). Em seguida, os participantes eram orientados sobre o processo da coleta dos dados e encaminhados a uma maca na qual eles deitavam em decúbito dorsal com os membros superiores e inferiores relaxados em condições de conforto posicional e térmico, mantendo os olhos abertos. Eles descansaram durante 5 minutos antes de iniciar a gravação para melhor estabilidade dos sinais.

Os experimentos foram realizados no turno da tarde. O ambiente no qual foi realizada a coleta era silencioso, com a temperatura variando entre 20 e 24° C, com a luz acesa. Durante esse período, os avaliadores realizavam uma higienização com álcool 70% e gaze estéril no local em que os eletrodos e o celular seriam posicionados. A partir desse momento até o final da coleta dos dados, não foi permitido a movimentação de pessoas dentro da sala.

Posteriormente, as medições eram efetuadas durante 5 minutos. Na análise com o aplicativo *Pulse HRV by Camera BLE ECG*, o dedo indicador do participante era posicionado sobre o sensor de luz da câmera do smartphone Samsung A21s e permanecia por 300 segundos. Ao mesmo tempo, era realizado os registros eletrocardiográficos por meio de um monitor cardíaco Olimex EKG-EMG biossensor de 3 canais. Os registros eletrocardiográficos dos indivíduos foram obtidos pelos dois instrumentos simultaneamente a partir da ativação manual dos dispositivos, no intuito de eliminar possíveis erros de sincronização entre os instrumentos.

3.5 Aplicativo *Pulse HRV*

Para o registro dos dados do aplicativo, foi utilizado um smartphone Android Samsung A21s e o aplicativo *Pulse HRV by Camera BLE ECG* (figura 1). Com ele é possível detectar o fluxo sanguíneo utilizando técnicas de fotopletismografia (PPG). A PPG mede a frequência cardíaca através do reflexo da iluminação da pele quando um diodo emissor de luz é aplicado (por exemplo, o flash da câmera do smartphone). Dessa forma, à medida que o volume sanguíneo local aumenta durante a sístole cardíaca, isso diminui a intensidade da luz e, portanto, detecta os batimentos cardíacos (MOYA-RAMON et al, 2022).

Os atletas foram instruídos a dispor o dedo indicador sobre o sensor de luz da câmera do celular e permaneceram por cinco minutos no referido posicionamento (figura 2).

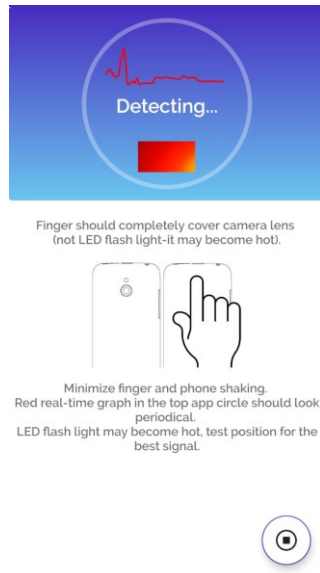


Figura 1. Início da captura dos sinais captados pelo APP

Fonte: Aplicativo Pulse HRV

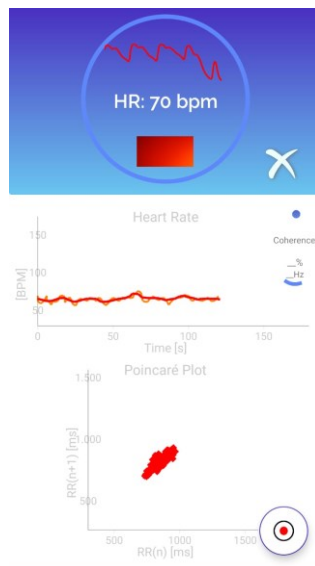


Figura 2. Captura durante os 5 minutos de registros

Fonte: Aplicativo Pulse HRV

3.6 Eletrocardiograma portátil

No que concerne ao eletrocardiograma portátil, foi utilizado um monitor cardíaco Olimex EKG-EMG biosensor de 3 canais (figura 3) conectado por meio de um cabo USB a um notebook. Os eletrodos foram colocados conforme indica a figura 4.

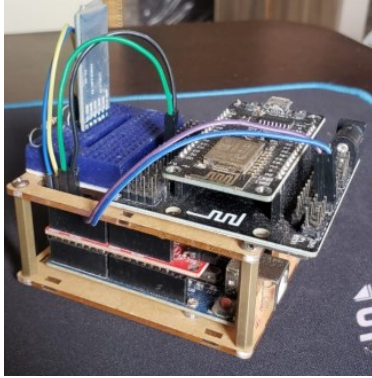


Figura 3. Eletrocardiograma portátil Olimex EKG-EMG biosensor de 3 canais

Fonte: Freitas (2022)

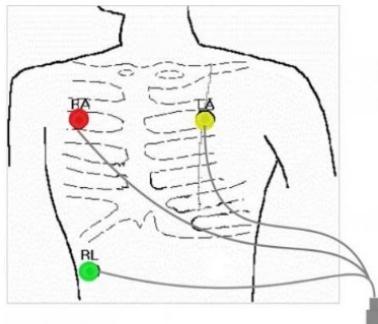


Figura 4. Posicionamento dos eletrodos para realização do eletrocardiograma

Fonte: Google Imagens

3.7 Análise estatística

Os dados estão expostos como média e desvio padrão. Eles foram testados quanto à normalidade e homogeneidade utilizando o teste de Shapiro Wilk e Levene. Para a amostra, foi utilizado o teste de correlação de Spearman. A magnitude da correlação foi avaliada com os seguintes limiares: <0,3 desprezível; >0,3 a 0,5 baixa; >0,5 a 0,7 moderada; >0,7 a 0,9 forte; >0,9 muito forte; 1.0 perfeita (MUKAKA, 2012). Os dados foram analisados utilizando o programa estatístico *Jamovi 2.2.5* e o nível de significância adotado foi de $p < 0.05$.

4. RESULTADOS

No referido estudo foram incluídos 22 praticantes de exercícios físicos, desses, 13 (59%) eram homens e 9 (40%) eram mulheres. Eles tinham idade entre 19 e 29 anos. Foram incluídos indivíduos de 14 diferentes modalidades: musculação, corrida, vôlei de praia, vôlei de quadra, *beach tennis*, *muay thai*, dança, ciclismo, *cross training*, judô, futsal, handebol, *crossfit*, triatlo.

O tempo de prática nas modalidades variou de 6 meses a 10 anos, com um tempo de treino semanal entre 2 e 12 horas, com frequência de treino variando de 2 a 6 dias por semana.

Os valores médios referentes à caracterização da amostra estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Características dos participantes do estudo (n = 22).

	Sexo	N	Média	Lower	Upper	Desvio Padrão
Idade	Masculino	13	22.15	20.96	23.35	2.19
	Feminino	9	22.89	21.09	24.69	2.76
Peso	Masculino	13	76.08	70.24	81.92	10.74
	Feminino	9	71.00	63.87	78.13	10.92
Altura	Masculino	13	1.73	1.69	1.77	0.08
	Feminino	9	1.67	1.62	1.72	0.07
IMC	Masculino	13	25.44	23.54	27.35	3.50
	Feminino	9	25.59	23.27	27.91	3.55

IMC = Índice de Massa Corporal

Na tabela 2 estão inseridos os índices da VFC no domínio do tempo (FC, VFC, rMSSD, pNN50), domínio da frequência (LF, HF, LF/HF), e não lineares (SD1 e SD2) calculados a partir dos intervalos RR registrados pelo eletrocardiograma e o aplicativo supracitado.

A frequência cardíaca apresentou uma correlação muito forte (Figura 5). Já no pNN50, SD2, LF e HF a variação foi de 0.726 a 0.847, ou seja, magnitude foi forte. Além disso, os resultados obtidos na VFC (Figura 6), rMSSD, SD1 variaram entre 0.657 a 0.695, resultado que indica uma correlação moderada. Entretanto, na LF/HF foi obtida uma fraca relação.

Tabela 2- Valores das variáveis de VFC com p-valor e correlação de Spearman.

Variáveis	Pulse HRV	ECG	p-valor	rho
-----------	-----------	-----	---------	-----

FC	66.82 ± 10.06	70.32 ± 10.17	<.001	0.971
VFC	52.32 ± 30.76	15.23 ± 5.78	<.001	0.657
rMSSD	52.27 ± 30.77	78.24 ± 54.84	<.001	0.692
pNN50	33.64 ± 22.85	38.45 ± 22.99	<.001	0.739
SD1	36.91 ± 21.64	55.44 ± 38.86	<.001	0.695
SD2	78.50 ± 70.11	97.01 ± 49.69	<.001	0.847
LF	1105 ± 1868.3	1152.57 ± 2180.95	<.001	0.726
HF	1109.05 ± 1449.90	1081.17 ± 1419.83	<.001	0.754
LF/HF	1.20 ± 1.00	1.21 ± 0.94	0.048	0.427

Os dados estão apresentados como média ± desvio padrão. FC = frequência cardíaca; VFC = variabilidade da frequência cardíaca; rMSSD = raiz quadrada das diferenças sucessivas entre os intervalos RR; pNN50 = porcentagem de intervalos RR sucessivos que diferem em mais de 50 ms; SD1: registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento; SD2: reflete a variabilidade global; LF = potência espectral na banda de baixa frequência; HF = potência espectral na banda de alta frequência; LF/HF: relação entre baixa e alta frequência; rho = correlação de Spearman

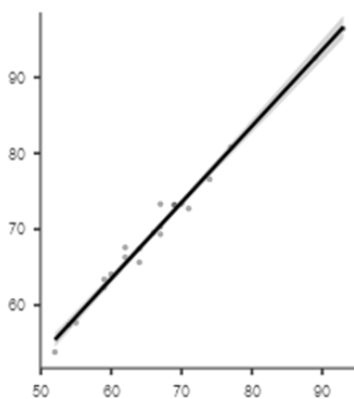


Figura 5. Gráfico de dispersão de pontos da FC entre o eletrocardiograma (ECG) e o aplicativo Pulse HRV (n = 22)

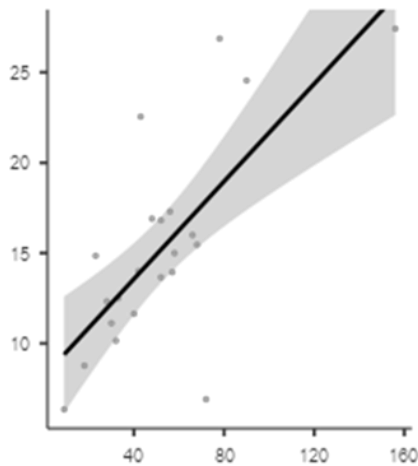


Figura 6. Gráfico de dispersão de pontos da VFC entre o eletrocardiograma (ECG) e o aplicativo Pulse HRV (n = 22)

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a validade do aplicativo Pulse HRV quando comparado a um dispositivo de eletrocardiograma portátil para a avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em praticantes de exercícios físicos.

O presente artigo mostrou que existe uma correlação muito forte e forte nos domínios da FC, pNN50, SD2, LF e HF entre os dados do aplicativo Pulse HRV e do ECG. Isso indica que para esses domínios, o referido APP é uma ferramenta válida para o registro dos intervalos RR em repouso na posição supina (decúbito dorsal) em praticantes de exercícios físicos.

Uma parte dos dados obtidos neste estudo foram semelhantes aos apresentados em artigos anteriores. Neles, o aplicativo Ithlete (FLATT; ESCO, 2013) e o HRV4training (PLEWS et al., 2017) foram validados com o padrão ouro de registro, ECG. Os participantes incluídos eram estudantes universitários praticantes de atividade, e atletas bem treinados e recreacionais, e obtiveram resultados com excelente nível de correlação (valores de correlação variando de 0,99 a 1,0). Entretanto, somente as variáveis do domínio do tempo (Frequência Cardíaca) e a raiz quadrada da média do quadrado da diferença dos intervalos RR normais adjacentes (rMSSD) estão disponíveis nesses aplicativos e foram validados nas pesquisas (PEREIRA et al, 2019).

Já no artigo do Pereira et al, (2019), ocorreu a validação APP HRV Expert by CardioMood, e ele fornece outras variáveis (FC, meanRR, SDNN, rMSSD, pNN50, LF, HF, VLF, SD1 e SD2) que se assemelham aos do presente estudo.

O pNN50 também foi validado no artigo do Pereira e colaboradores (2019). A referida variável caracteriza-se por refletir a atividade parassimpática, sendo o percentual de intervalos NN adjacentes que diferem um do outro em mais de 50 ms. Ademais, pesquisas anteriores mostraram que o pNN50 está fortemente correlacionado com o rMSSD, e eles também têm sido utilizados para monitorar as cargas de treinamento (BUCHHEIT, 2014).

Por exemplo, após uma diminuição substancial no rMSSD em repouso, apesar da manutenção da carga de treino, a distribuição da intensidade de treinamento de algumas sessões poderia ser modificada de intensa para baixa sem reduzir a carga global. Se este marcador reduzisse ainda mais após os primeiros ajustes de treinamento, o atleta poderia então ser forçado a descansar (diagnóstico de fadiga) e/ou a se envolver em um programa específico de recondicionamento (diagnóstico de destreinamento, em conjunto com outros marcadores). Entretanto, ainda são necessárias análises adicionais com um número maior de esportistas mostrando mudanças claras no status de treinamento para determinar a sensibilidade exata e a especificidade dos resultados (BUCHHEIT, 2014).

Além disso, o rMSSD tem sido usado por profissionais da saúde que atuam com esporte para monitorar a carga de trabalho, a recuperação e para modificar o treinamento de atletas, bem como para prescrever exercícios, acompanhar melhorias na saúde e no condicionamento físico (HIMARIOTIS et al, 2022).

No presente estudo, o SD2 apresentou uma correlação forte ($\rho = 0,847$; $p = 0,001$) ao comparar o aplicativo com o ECG. Já no SD1 foi obtida uma correlação moderada ($\rho = 0,695$; $p = 0,001$). Os índices SD1 e SD2 caracterizam-se por serem métodos não lineares. O primeiro parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento. Já o SD2, corresponde a VFC em registros de longa duração (RAJENDRA ACHARYA, U. et al, 2006; GAMELIN, BERTHOIN, BOSQUET, 2006).

Pesquisadores mostraram uma diminuição no SD1 e no SD2 quando foram comparados os valores de pós com o pré exercício, significando uma redução na influência parassimpática e um aumento no controle simpático, respectivamente (ESQUIVEL et al, 2011). Isso demonstra uma diminuição da VFC após a prática esportiva, por exemplo, significando uma ativação do sistema simpático, enquanto simultaneamente o sistema parassimpático é retraído (PICABEA et al, 2021). Esses resultados podem inferir que o praticante de exercício físico esteja com um desgaste fisiológico.

No que concerne aos domínios de frequência, o HF (High Frequency) caracteriza-se por ser um componente de alta frequência, com variação de 0,15 a 0,4Hz, que corresponde à modulação respiratória, sendo um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração. O LF

(Low Frequency) é de baixa frequência, apresentando uma variação entre 0,04 e 0,15Hz, sendo determinada pelo sistema simpático e parassimpático. Já a relação LF/HF representa o equilíbrio entre os sistemas simpático e parassimpático, refletindo a dominância simpática quando esta é elevada (VANDERLEI et al, 2009).

Neste estudo, o LF e o HF apresentaram uma forte correlação entre o APP e o eletrocardiograma. A relação LF/HF manifestou uma baixa correlação ($\rho = 0.427$; $p = 0,048$) referente aos instrumentos supracitados. Esses resultados diferem dos apresentados pelo artigo do Pereira et al, (2019) em que essas variáveis apresentaram maior erro padrão da estimativa.

Para a aplicação clínica, os resultados demonstraram que o aplicativo Pulse HRV apresentou correlações fortes ou moderadas na maioria das variáveis analisadas. Dessa forma, ele pode ser utilizado como forma de acompanhamento da VFC pelo praticante de exercício físico. É preferível usar como um acompanhamento para permitir que as discrepâncias do APP se dissipem ao longo do tempo.

Além disto, no presente estudo, os participantes realizaram o teste em decúbito dorsal, porém a posição sentada também pode ser utilizada, uma vez que o intervalo RR é mais frequentemente coletado nesses dois posicionamentos sob padrões de respiração espontânea, o que pode ser uma limitação. Além de ser essencial que novos estudos com uma amostra maior de participantes sejam produzidos.

6. CONCLUSÃO

Os achados encontrados neste estudo sugerem que o aplicativo Pulse HRV pode ser uma opção válida e gratuita para registrar as medições da VFC nos domínios FC, pNN50, SD2, LF e HF, tendo em vista que nesses aspectos foram encontrados uma correlação forte ao comparar o APP supracitado e o ECG.

REFERÊNCIAS

- BELLENGER, Clint R. et al. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 46, p. 1461-1486, 2016.
- BUCHHEIT, Martin. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. **Frontiers in physiology**, v. 5, p. 73, 2014.
- DOS SANTOS LEITE, Gerson et al. Overtraining, variabilidade da frequência cardíaca e esporte: uma breve revisão. **RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 6, n. 33, 2012.
- ESQUIVEL, Alberto Garrido 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.
- FLATT, Andrew A.; ESCO, Michael R. Validity of the athlete smart phone application for determining ultra-short-term heart rate variability. **Journal of human kinetics**, v. 39, n. 1, p. 85-92, 2013.
- FLATT, Andrew A.; ESCO, Michael R. Evaluating individual training adaptation with smartphone-derived heart rate variability in a collegiate female soccer team. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 378-385, 2016.
- FREITAS, Adriel de Oliveira. **Desenvolvimento de uma Plataforma IOT Móvel de Aquisição e Processamento de Sinais Cardiológicos via Aplicação WEB**. 2022. Tese de Doutorado.
- GAMELIN, Francois-Xavier; BERTHOIN, Serge; BOSQUET, Laurent. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. 2006.
- HIMARIOTIS, Andreas T. et al. Validity of a Smartphone Application in Calculating Measures of Heart Rate Variability. **Sensors**, v. 22, n. 24, p. 9883, 2022.
- LANDREANI, Federica et al. Beat-to-beat heart rate detection by smartphone's accelerometers: validation with ECG. In: **2016 38th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC)**. IEEE, 2016. p. 525-528.
- LOPES, Polyana Figueiredo Fernandes et al. Aplicabilidade clínica da variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Neurociências**, v. 21, n. 4, p. 600-603, 2013.
- MALIK, M. Task force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **Eur Heart J.**, v. 17, p. 354-381, 1996.

MOYA-RAMON, Manuel et al. Validity and reliability of different smartphones applications to measure HRV during short and ultra-short measurements in elite athletes. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 217, p. 106696, 2022.

MUKAKA, MJMMJ. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation in medical research. **Malawi Med J**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

PEREIRA, Reabias de Andrade et al. Validação de um aplicativo de smartphone para registro da variabilidade da frequência cardíaca e teste de sua sensibilidade para desgaste fisiológico provocado por treinamento desgastante. 2019.

PICABEA, Jon Mikel et al. Comparison of heart rate variability before and after a table tennis match. **Journal of Human Kinetics**, v. 77, p. 107, 2021.

PLEWS, D. J. et al. Comparison of heart-rate-variability recording wit.. **ijspp**, v. 2016, p. 0668, 2017.

RAJENDRA ACHARYA, U. et al. Variabilidade da frequência cardíaca: uma revisão. **Engenharia Médica e Biológica e Computação**, v. 44, p. 1031-1051, 2006.

VANDERLEI, Luiz Carlos Marques et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 24, p. 205-217, 2009.

YOUNG, Fiona LS; LEICHT, Anthony S. Short-term stability of resting heart rate variability: influence of position and gender. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 36, n. 2, p. 210-218, 2011.

ANEXO A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado (a) por Márcio Almeida Bezerra para ser participante da pesquisa intitulada “**ESTUDO DE VALIDAÇÃO DO APLICATIVO PULSE HRV PARA A AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM PRATICANTES DE EXERCÍCIOS FÍSICOS**”. Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

1. O trabalho tem por objetivo avaliar a validade do aplicativo Pulse HRV by Camera BLE ECG por meio da fotopletismografia (PPG) quando comparado a um dispositivo de eletrocardiograma portátil para a avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em praticantes de exercícios físicos.

2. A participação nesta pesquisa consistirá no seguinte procedimento: os indivíduos ficarão deitados com os braços relaxados em condições de conforto posicional e térmico, manterão os olhos abertos, com a luz acesa e com movimentação corporal mínima durante 5 minutos antes do início das análises. Em seguida serão realizadas as medições.

3. Os participantes não terão nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderão retirar sua concordância na continuidade da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo.

4. Para a realização do teste, os participantes ficarão deitados (de barriga para cima) com os braços relaxados, em condições de conforto posicional e térmico, manterão os olhos abertos, com a luz acesa e com movimentação corporal mínima durante 5 minutos antes do início das análises. Em seguida, serão realizadas as medições através do Pulse HRV camera. O dedo indicador do participante será posicionado sobre o sensor de luz da câmera do smartphone e permanecerá por cerca de 5 minutos e, ao mesmo tempo, estarão sendo realizados os registros eletrocardiográficos.

5. A pesquisa oferece riscos mínimos aos participantes ou possível constrangimento, tendo em vista que para a realização do ECG as mulheres deverão estar apenas de top e os indivíduos de ambos os sexos deverão ficar sem blusa. Existe a necessidade de realizar a retirada dos pêlos (tricotomia) da região onde serão fixados os eletrodos (a fim de não causar interferências) e não podem haver artefatos na região de captação dos sinais.

6. Não há nenhum valor econômico a receber ou a pagar aos voluntários pela participação.

No entanto, caso haja qualquer despesa decorrente desta participação haverá o seu ressarcimento pelos pesquisadores. O benefício para o participante será a análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (ECG) e a avaliação do estado geral.

7. Os nomes dos participantes serão mantidos em sigilo, assegurando assim a sua privacidade, e se desejarem terão livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queiram saber antes, durante e depois da sua participação.

8. Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados.

Endereço do responsável pela pesquisa:

Nome: Márcio Almeida Bezerra

Instituição: Universidade Federal do Ceará

Endereço: Rua Coronel Nunes de Melo, no 1127, 1o andar, Rodolfo Teófilo, CEP: 60430-

275.

Telefone para contato: (83) 99352-3204

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado _____
 _____ anos, RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante dessa pesquisa.

Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do participante da pesquisa	Data	Assinatura
_____	____/____/____	_____

Nome do pesquisador	Data	Assinatura
_____	____/____/____	_____

Nome do profissional que aplicou a coleta	Data	Assinatura
_____	____/____/____	_____