



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

LUÍSA FREIRE DA SILVEIRA CASTANHEIRA

**MONITORAMENTO DE CARGA INTERNA E RESPOSTAS FÍSICAS E
FISIOLÓGICAS AO TREINAMENTO DE CROSSFIT®.**

BELÉM - PARÁ
2021

**MONITORAMENTO DE CARGA INTERNA E RESPOSTAS FÍSICAS E
FISIOLÓGICAS AO TREINAMENTO DE CROSSFIT®.**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito para defesa do Mestrado do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará.
Área de Concentração: Esporte, Atividade Física e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Victor Silveira Coswig
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna

BELÉM – PARÁ

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C346m Castanheira, Luisa Freire da Silveira.
Monitoramento de Carga Interna e Respostas Físicas e
Fisiológicas ao Treinamento de Crossfit® / Luisa Freire da Silveira
Castanheira. — 2021.
47 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Victor Silveira Coswig
Coorientador(a): Prof. Dr. Eduardo Macedo Penna
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Movimento Humano, Belém, 2021.

1. Exercício. 2. Desempenho Esportivo. 3. Fadiga. I.
Título.

CDD 375.6137

**MONITORAMENTO DE CARGA INTERNA E RESPOSTAS FÍSICAS E
FISIOLÓGICAS AO TREINAMENTO DE CROSSFIT®.**

Dissertação apresentada à banca examinadora como
requisito para defesa do Mestrado do Instituto de
Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 20/12/2021

Banca examinadora:

Prof. Dr. Victor Silveira Coswig (Orientador)
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura (Membro)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Daniel Alvarez Pires (Membro)
Universidade Federal do Pará

BELÉM

2021

CrossFit® é um programa de treinamento reconhecido pelo rápido crescimento de popularidade em formas competitivas e não competitivas, com o objetivo de desenvolver diferentes domínios de condicionamento físico de modo simultâneo. Identificar de forma precisa e eficaz o efeito desse treinamento torna-se indicado para analisar periodicamente as respostas de um sujeito à uma determinada sobrecarga, para prescrever e controlar seguramente o treinamento e para promover adaptações. Contudo, nesse modelo de treinamento isso ainda não está totalmente claro e se espera uma resposta diferente por ser um esporte autorregulado devido ao alto volume. Diante disto, os objetivos desta pesquisa foram descrever a carga interna de treino imposta a atletas de CrossFit® ao longo de três meses, e relacionar com indicadores de desempenho físico. Adicionalmente, investigar o efeito do treinamento em indicadores de aptidão aeróbia. Para tanto, foram avaliados atletas competidores de CrossFit® de forma diária, semanal e pré e pós treinamento. Os instrumentos utilizados foram um caderno de medidas perceptivas a respeito de sensações de dor, recuperação, qualidade de sono e provável desempenho, variabilidade da frequência cardíaca e testes de potência de membros inferiores e potência aeróbia. A análise dos dados se deu, inicialmente, pela normalidade dos dados através do teste de *Shapiro-Wilk*. Em caso de normalidade confirmada, os dados foram apresentados por média e desvio padrão e os dados diários, semanais e pós-competições foram comparados por ANOVA para medidas repetidas e as correlações entre indicadores de carga de treinamento e desempenho físico foram testadas pelo coeficiente de *Pearson*. Caso contrário, os dados foram apresentados por mediana e intervalo interquartil, e os dados diários, semanais e pós-competições foram comparados pelo teste de *Friedman* e as correlações foram testadas pelo coeficiente de *Spearman*. Todas as análises foram feitas no software SPSS 20.0 e o valor alfa foi estabelecido em 5%. Os principais achados sugerem que as cargas de treino impostas não foram suficientes para induzir *overreaching* ou recuperação/compensação detectáveis, ao menos pelas variáveis utilizadas; que o treinamento não promoveu alterações relevantes na potência aeróbica testada e; que correlações positivas não foram identificadas entre as variáveis analisadas. Em suma, a carga de treinamento imposta na preparação de atletas de elite de Crossfit® apresentou-se relativamente estável, apesar da variação constante de estímulos e configurações, e de nível moderado. Nossos achados talvez ajudem a explicar padrões da modalidade, que envolve alto volume e frequência de treinamento mantidos por longos períodos, o que não condiz (ao menos teoricamente) com esforços de alta intensidade.

Palavras-chave: desempenho atlético; fadiga; exercício.

CrossFit® is a training program recognized for its rapid growth in popularity in competitive and non-competitive forms, with the goal of developing different fitness domains simultaneously. Accurately and effectively identifying the effect of this training is indicated to periodically analyze the responses of a subject to a given overload, to safely prescribe and control training, and to promote adaptations. However, in this training model this is still not entirely clear, and a different response is expected because it is a self-regulated sport due to the high volume. Therefore, the objectives of this research was to describe the internal training load imposed on CrossFit® athletes over three months, and relate it to physical performance indicators. Additionally, to investigate the effect of training on aerobic fitness indicators and blood markers. To this end, competitive CrossFit® athletes were evaluated daily, weekly, and pre and post training. The instruments used were a notebook of perceptual measures regarding pain sensations, recovery, sleep quality and likely performance, heart rate variability and lower limb power and aerobic power tests. Data analysis was initially done by checking the normality of the data using the Shapiro-Wilk test. If normality was confirmed, the data were presented by mean and standard deviation and the daily, weekly, and post-competition data were compared by ANOVA for repeated measures, and the correlations between training load indicators and physical performance were tested by Pearson's coefficient. Otherwise, data were presented by median and interquartile range, and daily, weekly, and post-competition data were compared by Friedman's test and correlations were tested by Spearman's coefficient. All analyses were done in SPSS 20.0 software and the alpha value was set at 5%. The main findings suggest that the imposed training loads were not sufficient to induce detectable overreaching or recovery/compensation, at least by the variables used; that training did not promote relevant changes in the aerobic power tested and; that positive correlations were not identified among the variables analyzed. In summary, the training load imposed in the preparation of elite Crossfit® athletes was relatively stable, despite the constant variation of stimuli and settings, and of moderate level. Our findings may help to explain training patterns that involve high volume and frequency of training maintained for long periods, which does not match (at least theoretically) with high intensity efforts.

Keywords: athletic performance; fatigue; exercise.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 CrossFit®	10
2.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca	11
2.3 Potência Aeróbia	12
2.4 Percepção Subjetiva de Esforço e Qualidade Total de Recuperação	12
3 MATERIAIS E MÉTODO	14
3.1 Tipo de estudo e caracterização das variáveis	14
3.2 Amostra	14
3.3 Delineamento	14
3.4 Aspectos éticos	15
3.5 Procedimentos	15
3.5.1 Questionário Diário	15
3.5.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca	16
3.5.3 Salto vertical	16
3.5.4 Potência aeróbia	16
3.5.5 Coletas Sanguíneas	17
3.6 Descrição dos treinos	17
3.7 Análise de dados	17
4 RESULTADOS	19
4.1 Variáveis Perceptivas	19
4.2 Comparações das variáveis perceptivas por dia	24
4.3 Variáveis Físicas e Fisiológicas	26
4.4 Correlações	29
5 DISCUSSÃO	31
6 APLICAÇÕES PRÁTICAS	35
7 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE A - PRÉ- TREINO	43
APÊNDICE B - PÓS- TREINO	44
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	45
ANEXO A – ESCALA DE BORG	48
ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	49

1 INTRODUÇÃO

CrossFit® é um programa de treinamento reconhecido pelo rápido crescimento de popularidade em formas competitivas e não competitivas (SPREY *et al.*, 2016). Caracteriza-se pela realização de sessões organizadas como "treinos do dia" (WOD – *Workout of the day*), com o objetivo de desenvolver diferentes domínios de condicionamento físico de modo simultâneo (CLAUDINO *et al.*, 2018; TIBANA; SOUSA; PRESTES, 2017). De modo geral, as práticas ocorrem com alta frequência ($5,5 \pm 0,6$ dias por semana), volume ($120,7 \pm 36,7$ minutos por sessão) e intensidade ($PSE = 8,4 \pm 0,9$) (PRITCHARD; KEOGH; WINWOOD, 2020;

CLAUDINO *et al.*, 2018), o que contrapõe as sugestões sobre a relação estímulo:recuperação e podem levar à perturbação fisiológica relevante ao longo de sessões consecutivas (TIBANA; SOUSA; PRESTES, 2017). Objetivamente, de modo agudo, WOD's como "Fran" (21-15-9 repetições de *thrusters* e *pull-ups*) e "Cindy" (AMRAP de 20 minutos de 5 *pull-ups*, 10 *push-ups* e 15 agachamentos) podem induzir intensidade correspondente a $95,4 \pm 3,0\%$ e $97,4 \pm 2,4\%$

da FC_{max} , $56,7 \pm 6,2\%$ e $66,2 \pm 4,8\%$ do VO_{2max} , lactato sanguíneo de $14 \pm 3,3$ mmol/L e $14,5 \pm 3,2$ mmol/L e percepção subjetiva de esforço de $8,4 \pm 0,9$ u.a. e $8,0 \pm 0,9$ u.a., respectivamente, o que indica elevada carga interna de treinamento (CLAUDINO *et al.*, 2018; SCHLEGEL, 2020).

Da perspectiva crônica, o que se tem descrito sobre efeitos da prática do Crossfit® envolve potencial para redução do percentual de gordura corporal ($\sim 10\%$) (BAHREMAND; HAKAK DOKHT; MOAZZAMI, 2020), aumento do consumo máximo de oxigênio ($13,6\%$ e $11,8\%$ para homens e mulheres, respectivamente) (SMITH *et al.*, 2017) e aumento da força em testes de 1 repetição máxima ($11,1$ kg e $8,5$ kg para homens e mulheres, respectivamente) (COSGROVE; CRAWFORD; HEINRICH, 2019). Estas respostas foram identificadas em investigações com duração entre 8 semanas e mais de 7 meses com atletas de idade entre 18 e 40 anos, e tempo de prática entre 6 e 27 meses.

A quantificação destas respostas faz parte do processo de avaliação e monitoramento da carga de treinamento, que têm recebido relevante atenção da comunidade científica no contexto do esporte (CLAUDINO *et al.*, 2018; FAELLI *et al.*, 2020; IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2018; WEST *et al.*, 2020). Dessa forma, os dados de avaliação e monitoramento do atleta embasam a tomada de decisões sobre a carga para a qual os atletas precisam estar preparados na competição e a qual precisam ser submetidos durante treinamento (WEST *et al.*,

2020). Em outras palavras, identificar de forma precisa e eficaz o efeito do treinamento torna-

se indicado para analisar periodicamente as respostas de um sujeito à uma determinada sobrecarga, para prescrever e controlar seguramente o treinamento e para promover adaptações (MUJIKÁ, 2017). Em linhas gerais sugere-se que este processo envolve relações entre carga externa, como medidas de potência e função neuromuscular (WALLACE; SLATTERY; COUTTS, 2009), e carga interna, como perceptivas de esforço/sono e de controle autonômico (HALSON, 2014).

No entanto, no treinamento de CrossFit[®], o embasamento sobre avaliação, monitoramento e os mecanismos de controle da carga de treinamento é modesto, o que pode afetar negativamente a previsibilidade das adaptações (FAELLI *et al.*, 2020; SCHLEGEL, 2020; SMITH *et al.*, 2017). Além disso, o sucesso do desempenho esportivo parece ser diferente entre modalidades (WEST *et al.*, 2021) e, apesar de o Crossfit[®] ter desempenho associado a marcadores de potência, força e aptidão aeróbia (MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2020), características específicas da prática limitam a transferência de entendimento oriundo de outras modalidades esportivas. Assim, diferentemente do que já é estabelecido em modalidades cíclicas e coletivas (MCLAREN *et al.*, 2018), é possível que a natureza amplamente variável e multimodal da modalidade, somada à característica de intensidade também variável e autorregulada, dificultem a interpretação das relações entre carga externa e carga interna, bem como seus efeitos subsequentes.

Como possível solução, algumas medidas têm sido utilizadas. Em relação às medidas perceptivas, duas das mais utilizadas são a classificação do esforço percebido (PSE) e a escala de Qualidade Total de Recuperação (TQR) (FALK NETO *et al.*, 2020; OSIECKI *et al.*, 2015). Estudos recentes enfatizam a validade, confiabilidade e praticidade do uso desses métodos subjetivos de monitoramento de treinamento, análise de carga e recuperação (FALK NETO *et al.*, 2020; HORTA *et al.*, 2020). Como citado, o método da PSE consiste em utilizar uma escala de 0 a 10 (Borg CR-10; KURILLA, 2011) que varia desde “repouso” até “máximo” e avalia a intensidade geral do treinamento. Esse método provou ser uma ferramenta simples e útil por permitir alcançar monitorar ciclos de treinamento, podendo ser uma alternativa adequada para medir carga interna (HORTA *et al.*, 2020; VANRENTERGHEM *et al.*, 2017; HADDAD *et al.*, 2017).

A validade da PSE da sessão (multiplicada pela duração da atividade) já foi investigada no contexto do Crossfit[®] e foi indicada como ferramenta fácil e válida para avaliar a carga interna de treinamento (TIBANA *et al.*, 2018a). Tal validação ocorreu utilizando a escala de Borg CR-

10 modificada por Foster (2001) e um monitor Polar H10 HR para medir a intensidade do exercício durante as sessões através do método da zona de frequência cardíaca somada de Edwards (TRIMP). Os resultados mostraram forte correlação ($r=0,86$; $p < 0,05$) entre o índice TRIMP e a carga de treinamento calculada pela sessão em todos os intervalos de tempo. No entanto, há limitações no estudo como o número reduzido de sessões, o tempo limitado de recuperação da sessão e o fato de que os resultados devem ser considerados apenas para homens treinados.

Quanto à perspectiva neuromuscular, um dos métodos mais utilizados para membros inferiores é o teste de salto de contra movimento (CMJ), o qual mostrou-se válido, confiável, e que pode fornecer informações sobre a força, fadiga muscular e potência máxima (MATÉ-MUÑOZ *et al.*, 2017; PETRIGNA *et al.*, 2019; GAJEWSKI *et al.*, 2018). Tendo isso em vista, Maté-Muñoz *et al.* (2017) analisaram o salto de praticantes de treinamento de força em 3 WOD's no Crossfit® e observaram reduções significativas na altura do salto do pré-exercício ao pós-exercício e reduções durante e após os exercícios em outras variáveis usadas para medir a capacidade do salto, como a potência. Diante disso, Claudino *et al.* (2017) concluíram que utilizar a média de todas as repetições realizadas no salto contra movimento parece ser a variável mais sensível e adequada para monitorar o estado neuromuscular e rastrear fadiga durante o processo de treinamento, se comparado à maior altura. Porém, além da altura outras variáveis tais como pico de potência e potência média também foram consideradas adequadas neste estudo para avaliar efeitos de supercompensação após uma intervenção de treinamento.

Além dessas, respostas cardiovasculares têm sido utilizadas e analisadas para inferir balanço autonômico, principalmente por meio da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC). Esta é a variação do tempo entre os batimentos cardíacos consecutivos, os intervalos R-R, que pode ser usada para monitorar a atividade do sistema nervoso autônomo e medir a resposta de um atleta à carga de treinamento, sem interromper o processo de treinamento (PERROTA *et al.*, 2017; BELLENGER *et al.*, 2016; WILLIAMS *et al.*, 2018). Acredita-se que altos valores de parâmetros da VFC são associados a um sistema nervoso autônomo bem adaptado (GRANERO-GALLEGOS *et al.*, 2020). Dentre parâmetros, a VFC pode ser analisada por índices no domínio do tempo e da frequência. O RMSSD, considerado um índice de domínio do tempo, é também uma medida estável das modulações parassimpáticas da frequência cardíaca apropriado para descrever o status de recuperação (RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2017; WILLIAMS *et al.*, 2018).

Dessa forma, controlar o treino a partir da VFC pode contribuir para obter respostas melhores, então observá-la pode ser interessante para os profissionais avaliarem e otimizarem com mais precisão o processo de treinamento, avaliando individualmente as respostas às cargas impostas e podendo indicar se um atleta está em um estado de reparo e recuperação contínuos ou se está se adaptando positivamente à carga de treinamento (GRANERO-GALLEGOS *et al.*, 2020; WILLIAMS *et al.*, 2018; WILLIAMS *et al.*, 2017).

No mais, todas essas medidas interagem entre si para ceder respostas de aptidão física. Apesar da natureza subjetiva da PSE, foi demonstrado que esta se correlaciona bem com uma série de carga interna baseada em indicadores de frequência cardíaca quando multiplicados pela duração da sessão, o que poderia justificar seu uso como estimativa de carga fisiológica interna (VANRENTERGHEM *et al.*, 2017). No entanto, relações negativas foram encontradas entre PSE da carga de treino e volume de treinamento, com mudanças em pico de potência medido durante o salto contra movimento, visto que alcançar uma alta classificação de sessão de cargas de treinamento de esforço percebidas pode afetar parcial e negativamente a capacidade de produzir força e potência (FERIOLI *et al.*, 2018).

Em suma, o monitoramento da carga de treinamento pode proporcionar uma explicação científica para mudanças no desempenho de atletas. Porém, no treinamento baseado no CrossFit® isso ainda não está totalmente claro e se espera uma resposta diferente por ser um esporte autorregulado devido ao alto volume. Diante disto, os objetivos desta pesquisa são descrever a carga interna de treino imposta a atletas de CrossFit® ao longo de três meses, e relacionar com indicadores de desempenho físico. Adicionalmente, investigar o efeito do treinamento em indicadores de aptidão aeróbia e marcadores sanguíneos. Nossas hipóteses sugerem que 12 semanas de treinamento irão gerar i) valores elevados na PSE devido às características intensas da modalidade; ii) adaptações positivas na potência aeróbia e iii) aumento de CMJ.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CrossFit®

O CrossFit® é reconhecido como uma das modalidades de treinamento funcional de alta intensidade que mais crescem no mundo inteiro, com centros credenciados localizados em 142 países em sete continentes com mais de 10.000 afiliados, de acordo com o site oficial da modalidade (map.crossfit.com). Esse programa de força e condicionamento geralmente é realizado com alta intensidade e com movimentos funcionais nos chamados “treino do dia” (WOD), e é usado para otimizar competência física em dez domínios de condicionamento físico: (1) resistência cardiovascular/respiratória, (2) vigor, (3) força, (4) flexibilidade, (5) potência, (6) velocidade, (7) coordenação, (8) agilidade, (9) equilíbrio e (10) precisão [2] (CLAUDINO *et al.*, 2018). Com o foco em movimentos funcionais constantemente variados, o treino de CrossFit® utiliza os principais elementos da ginástica (exercícios de parada de mão e argolas), exercícios de levantamento de peso (agachamento com barra) e atividades cardiovasculares (corrida ou remo) como tarefas de exercício (FISKER *et al.*, 2017).

Coerente com o primário objetivo de treinamento do CrossFit® que visa adaptações em vários domínios de aptidão (MANGINE *et al.*, 2021), várias características fisiológicas, incluindo força máxima (COSGROVE; CRAWFORD; HEINRICH, 2019; MARTÍNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019), limiar anaeróbio e potência (BELLAR *et al.*, 2015) foram todos demonstrados influenciar o desempenho na modalidade ou refletir um sucesso competitivo. Em comparação com as tradicionais medidas fisiológicas, Bellar *et al* (2015) descobriram que anos de treinamento de CrossFit® foram melhores e mais consistentes preditores de desempenho em novos treinos. De acordo com Greg Glassman, o fundador do CrossFit®, a metodologia que impulsiona o treinamento do CrossFit® é inteiramente empírica. Além disso, Glassman descreveu que “declarações significativas sobre segurança, eficácia e eficiência, as três mais importantes e interdependentes facetas de qualquer programa de condicionamento físico, podem ser suportadas apenas por fatos mensuráveis, observáveis e repetíveis”, ou seja, por dados (GLASSMAN, 2007).

Revisões acerca da modalidade acreditam que a literatura científica atual do CrossFit® tem sido com base em estudos que investigaram os efeitos sobre a composição corporal, parâmetros psicofisiológicos, risco de lesão musculoesquelética, aspectos de vida e saúde, e comportamento psicossocial. A metanálise de Claudino *et al* (2018) não encontrou efeito significativo das mudanças do treinamento CrossFit® no índice de massa corporal, gordura corporal relativa, massa corporal gorda e magra, e circunferência da cintura, apenas a existência de níveis mais altos de senso de comunidade, satisfação e motivação entre os participantes.

Diferentemente de outra revisão que observou um aumento no VO₂ máx, força e resistência, e diminuição na massa magra corporal (MEYER; MORRISON; ZUNIGA, 2017). Autores acreditam que com treinamento adequado e aumento de intensidade, o CrossFit® pode ser um exercício eficaz para adultos saudáveis que procuram uma rotina de exercícios diversificada. Portanto, identificar o efeito desse exercício através de medidas de controle autonômico, potência aeróbia e perceptivas de esforço, recuperação e sono pode ser eficaz para promover melhores respostas (MUJIKÁ, 2017; HALSON, 2014).

2.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca

Uma das medidas de controle autonômico é a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), que descreve a variação nos intervalos batimento a batimento em diferentes situações e reflete as mudanças que estão relacionadas à interação entre os dois braços do sistema nervoso, e uma variedade de estímulos internos e externos que alteram o equilíbrio entre os tónus simpático e vagal e influenciam na frequência cardíaca básica final (CYGANKIEWICZ; ZAREBA, 2013; SOLANA-TRAMUNT *et al.*, 2018). A VFC tornou-se uma importante ferramenta para monitorar a recuperação individual e adaptações de treinamento em atletas de elite (SOLANA-TRAMUNT *et al.*, 2018), sendo dividida em parâmetros de domínio do tempo e da frequência. Um dos índices de domínio do tempo mais utilizados é o logaritmo natural da raiz quadrada das médias quadráticas das diferenças dos intervalos R-R sucessivos em milissegundos (LnRMSSD), que tem sido recomendado devido ao menor coeficiente de variação comparado com outros índices (PLEWS *et al.*, 2013). A medição dessa VFC pode ser baseada atualmente em aplicativos de *Smartphone* que já foram validados e mostraram-se úteis e práticos (PERROTTA *et al.*, 2017).

Em relação ao treinamento esportivo, a VFC em repouso ou pós-exercício tem sido sugerido para indicar tanto adaptações positivas quanto negativas (HALSON, 2014), sendo que aumentos no RMSSD em atletas de elite exibidas nas semanas anteriores às competições provavelmente estão associados a uma adaptação positiva (SOLANA-TRAMUNT *et al.*, 2018). No âmbito do Crossfit® o risco de lesão por uso excessivo em atletas competitivos foi substancialmente aumentado quando foram observados valores “baixos” de LnRMSSD concomitante a aumentos na carga de trabalho (WILLIAMS *et al.*, 2017). No mais, para superar inconsistências nos resultados, tem sido sugerido que 7 dias de monitoramento da VFC têm maior validade do que medições de um único dia (PLEWS *et al.*, 2012). No mais, esta é considerada uma medida viável para monitorar o status de treinamento e por apresentar boa validade e reprodutibilidade no contexto esportivo (ESCO *et al.*, 2018).

2.3 Potência Aeróbia

A aptidão aeróbica, também chamada de aptidão cardiorrespiratória, é uma medida da capacidade do corpo de retirar oxigênio da atmosfera e usá-lo para a produção de energia nas células, podendo ser influenciada por diversos fatores como sexo, idade, fatores genéticos, composição corporal, doenças, antecedentes de treinamento físico, funções pulmonares e cardíacas, fatores e propriedades do músculo esquelético (KUJALA *et al.*, 2019).

O padrão-ouro para a avaliação da aptidão cardiorrespiratória é a medição direta do nível de consumo de oxigênio mais alto (VO₂ máx) alcançado durante um teste de esforço (MEHTA *et al.*, 2020). Esses testes ou protocolos podem ser realizados em aparelhos específicos ou não, assim como em ambientes abertos, como em campos e quadras, e em locais fechados como ginásios e laboratórios (SCHMITZ *et al.*, 2020; JEFFRIES *et al.*, 2019; PADULO *et al.*, 2019). Buscando melhor controle das variáveis durante a execução de protocolos, os ergômetros são amplamente usados nas mais variadas condições para avaliação e monitoramento de aptidão física (PATON; HOPKINS, 2001; LILLO-BEVIA; PALLARÉS, 2017), como exemplo a *AirBike*.

No contexto do Crossfit®, a modalidade já mostrou melhorias significativas na capacidade aeróbica máxima dos praticantes (SMITH *et al.*, 2013). Além disso, o VO₂máx foi o único preditor significativo do desempenho em um *benchmark* (Nancy) analisado, indicando que atletas com maior potência aeróbica podem ter um melhor desempenho neste treino (DEXHEIMER *et al.*, 2019). Portanto, esta variável pode ser utilizada para monitorar a aptidão de sujeitos inclusive de competidores de Crossfit®.

2.4 Percepção Subjetiva de Esforço e Qualidade Total de Recuperação

Diversas medidas perceptivas têm sido utilizadas no contexto esportivo, dentre elas a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e a escala de Qualidade Total de Recuperação (TQR) (FALK NETO *et al.*, 2020; OSIECKI *et al.*, 2015).

A PSE é uma ferramenta que tem por objetivo avaliar e regular a intensidade de um exercício (STUCKENSCHNEIDER *et al.*, 2019), podendo ser medida, dentre outras escalas, pela Escala de Borg (CR-10) (KURILLA, 2011) que varia de 0 a 10, de “repouso” ao “máximo”. Dentre algumas variáveis derivadas da PSE, a PSE da sessão (multiplicada pela duração da atividade) já foi indicada como ferramenta fácil e válida para avaliar a carga interna de treinamento (TIBANA *et al.*, 2018a).

Em face do treinamento, evidências recentes também apoiam o conceito que o essa PSE da sessão é uma ferramenta sensível que pode detectar fadiga em vários dias de

treinamento,

além de ser um marcador substituto da intensidade do exercício (FALK NETO *et al.*, 2020). Para além, investigações em *benchmarks* do CrossFit® mostraram que essa ferramenta pode determinar a carga interna de treinamento durante a sessão e deve ser usada por treinadores para melhorar a prescrição de treinamento individual e evitar cargas excessivas de treinamento, que podem levar ao overtraining (TIBANA *et al.*, 2018a). Ademais, pesquisas mostram que a PSE no Crossfit® aumentou imediatamente após as sessões em comparação ao pré-exercício, sem diferenças na duração (TIBANA *et al.*, 2018b).

Outra ferramenta muito utilizada é a escala de Qualidade Total de Recuperação (TQR) proposta por Kenttä e Hassmén (1998) que varia de 6 a 20 entre “quase nada recuperado” e “extremamente recuperado” e visa avaliar a recuperação autorreferida pelos avaliados. Em jogadores de futebol, a TQR mostrou-se como uma boa preditora do estado de recuperação e obteve uma boa correlação com o nível de biomarcadores dos atletas para dano muscular (OSIECKI *et al.*, 2015).

Assim sendo, as duas medidas perceptivas citadas podem ser usadas para identificar a intensidade e a recuperação de um indivíduo perante um exercício por serem fáceis e válidas.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Tipo de estudo e caracterização das variáveis

O estudo é do tipo longitudinal, descritivo e observacional. Para tal foram consideradas variáveis independentes os tipos de WOD, frequência de treino semanal e consumo máximo de oxigênio. E foram consideradas variáveis dependentes as variáveis de carga interna como questionários, teste de potência aeróbia, variabilidade da frequência cardíaca e coletas sanguíneas.

3.2 Amostra

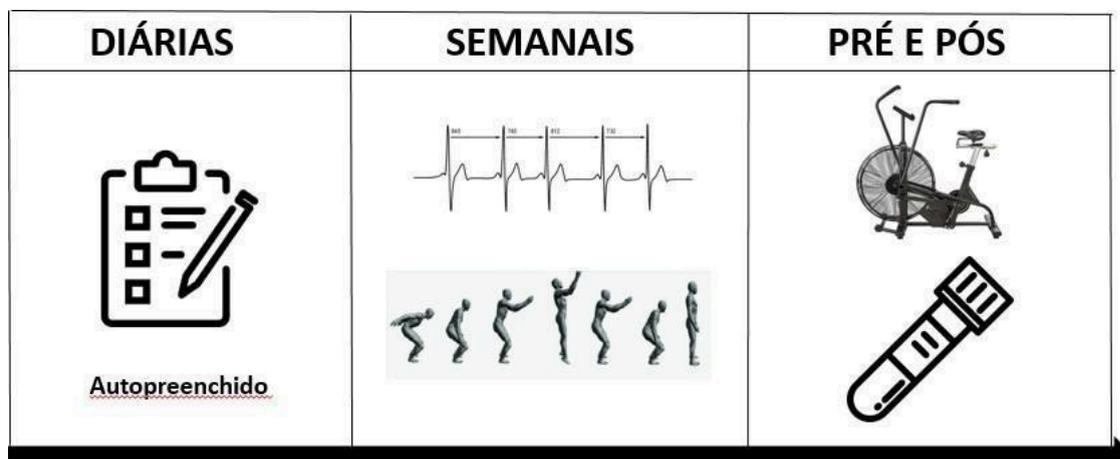
De acordo com o cálculo amostral, para obter poder estatístico bom (0,8), com tamanho de efeito de 0.25 e considerando valor alfa de 5%, para um desenho com 12 medidas repetidas e um grupo, seriam necessários 13 indivíduos (G*Power software versão 3.1.9.7). Os participantes foram recrutados após o contato dos pesquisadores no local credenciado, sendo previamente explicados todos os procedimentos e objetivos do estudo. Foram incluídos na amostra participantes de ambos os sexos que treinavam diariamente (com exceção do descanso ativo no domingo) em um centro credenciado da modalidade e que a praticavam por, pelo menos, 2 anos sem interrupções, com idades entre 18 e 30 anos e com ausência de lesões musculares ou articulares durante as coletas, ou recentes que possam interferir nos resultados do estudo, ou uso de substâncias ilícitas como esteroides anabolizantes, apenas uso declarado de cafeína e outros tipos de estimulantes pré-treino. Além disso, de todas as categorias da modalidade (RX e Scale), foram incluídos aqueles que competiam na categoria RX. Foram excluídos da amostra aqueles que apresentaram doenças ou lesões ao longo das coletas e que apresentaram algum outro aspecto que pudesse interferir no resultado da pesquisa como ausência nos testes e frequência menor que 75% nas sessões prescritas.

3.3 Delineamento

Após o contato com os praticantes e o responsável pelo local (Apêndice B), as coletas ocorreram de forma diária, semanal e pré e pós treinamento. Diariamente (segunda à sexta), os praticantes foram orientados a preencher questionários antes e 10 minutos após os treinos (UCHIDA *et al.*, 2014). Semanalmente, às segundas-feiras, após o descanso ativo dos praticantes (domingo), foram realizadas coletas de variabilidade da frequência cardíaca e salto vertical. Antes e após os 3 meses de treinamento monitorado, foram realizadas coletas

sanguíneas e de potência aeróbia. A linha do tempo do delineamento é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Linha do tempo do delineamento experimental



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

3.4 Aspectos éticos

A pesquisa foi realizada em um centro credenciado de CrossFit® mediante a autorização concedida pelo profissional responsável. O projeto em questão se baseou nas diretrizes e normas regulamentadoras, contidas na resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde, que trata de pesquisas envolvendo seres humanos. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará, parecer 4.136.386 (Anexo B), e possui um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi assinado pelos participantes (Apêndice B).

3.5 Procedimentos

3.5.1 Questionário Diário

O Questionário Diário proposto foi composto por escalas como a TQR (TQR SCALE ADAPTADO DE KENTTÄ E HASSMÉN, 1998), a PSE tanto da sessão inteira (PSEs) quanto do WOD (PSEw) através da Escala de Borg CR-10 (KURILLA, 2011), e de percepções de dor por meio da Escala Visual Análoga de Dor (LEE, K; HICKS, G.; NINO-MURCIA, G, 1991) e qualidade de sono. Os questionários foram impressos em forma de cadernos e a aplicação era de responsabilidade do próprio praticante, sendo autopreenchida diariamente (Apêndice A). As variáveis perceptivas presentes no questionário também foram analisadas para os mesmos dias ao longo das doze semanas.

Para quantificar a PSE da sessão foram consideradas a duração completa (PSEs) e a duração do WOD (PSEw), e as variáveis de carga interna, derivadas da PSE, foram calculadas de acordo com as seguintes equações 1, 2 e 3.

$$\text{Monotonia} = \frac{\text{média da carga da sessão}}{\text{desvio padrão}} \quad (1)$$

$$\text{Strain} = \text{soma das cargas de treinamento} \times \text{monotonia} \quad (2)$$

$$\text{PSE da sessão} = \text{PSE da sessão} \times \text{duração da atividade} \quad (3)$$

3.5.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca

Para a mensuração da VFC, utilizou-se o aplicativo ELITEHRV que foi validado em estudo prévio (PERROTA *et al.*, 2017). Os participantes realizaram o teste posicionados em uma cadeira e após a normalização da frequência cardíaca, os dois primeiros minutos foram registrados sendo o primeiro excluído (NAKAMURA *et al.*, 2017). Os dados referentes à VFC (intervalos R-R) foram coletados por meio dos cardiófrequencímetros (Polar H10 e H7 - Polar®, fabricante local) conectados a um Smartphone. Posteriormente, os intervalos R-R foram exportados e analisados em software específico (Kubios HRV analysis software versão 3.3.1 - Kubios Oy, Finlândia). Todos os dados passaram por inspeção visual para remoção de batimentos ectópicos. Foi escolhido para análise o parâmetro do domínio do tempo LnRMSSD (raiz quadrada das médias quadráticas das diferenças dos intervalos R-R sucessivos em milissegundos), por apresentar boa validade e reprodutibilidade no contexto esportivo (ESCO *et al.*, 2018).

3.5.3 Salto vertical

Os participantes iniciaram o teste de salto vertical (MATSUDO, 1995) na posição em pé, com calcanhares no solo e pés paralelos, em uma distância de 1,5m dos avaliadores. O participante realizou dois saltos com contramovimento (CMJ) com intervalo de dez segundos entre eles. Cada salto foi realizado com as mãos para trás ao pegar impulso, levantando-as ao executar o salto. Os saltos foram filmados através de um smartphone e analisados no aplicativo MyJump2, previamente validado (GALLARDO-FUENTES *et al.*, 2016).

3.5.4 Potência aeróbia

Com o objetivo de inferir a potência aeróbia dos sujeitos, foi aplicado teste incremental até exaustão. Os avaliados iniciaram o teste com ciclos a 40 rpm e incrementos de 5 rpm a cada

minuto. Durante o teste a PSE foi avaliada através da Escala de Borg CR-10 (KURILLA, 2011). O teste ocorreu até a exaustão autorreferida pelos sujeitos ou falha na manutenção da cadência sem conseguir atingir o rpm esperado devido à fadiga. Ao final do último estágio os valores correspondentes de rotações por minuto (RPM) e carga (W) foram coletados.

A *Airbike* (Assault - Fortify®, Taiwan) foi escolhida por ser um ergômetro acessível que mobiliza membros inferiores e superiores e tem se tornado comum em diversas modalidades de treinamento, especialmente no CrossFit®, além de que os dados não publicados do nosso laboratório mostram que o teste é reprodutível (ICC = 0,94).

3.5.5 Coletas Sanguíneas

As coletas sanguíneas foram realizadas no período pós-competição, por uma pesquisadora treinada e capacitada. O volume sanguíneo retirado foi de 10ml para análises bioquímicas e testes imunoenzimáticos, e as amostras foram analisadas no dia seguinte a realização da coleta. Os procedimentos para as análises foram realizados para as seguintes variáveis: creatinina, proteína C-reativa (PCR), Creatina Kinase (CK), Creatina Kinase-MB (CK-MB) e lactato desidrogenase (LDH) por meio do equipamento COBAS INTEGRA 400 Plus (Roche®) através de método colorimétrico. Todas as análises seguiram os padrões estabelecidos pela Seção de Patologia do Instituto Evandro Chagas (IEC).

3.6 Descrição dos treinos

Os treinos foram descritos a partir da programação do *headcoach* do local e da estrutura dos treinos, podendo seguir os modelos de AMRAP (maior número de rounds/repetições possíveis), EMOM (executar uma sequência de exercícios dentro do minuto e descansar no restante do tempo), RFT (executar X números de rounds no menor tempo possível) e RNFT (executar X números de rounds sem se preocupar com o tempo, geralmente priorizando técnica e/ou consistência). Todas as sessões foram divididas em aquecimento/mobilidade, técnica e WOD (Apêndice C).

3.7 Análise de dados

Inicialmente a normalidade dos dados foi testada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. Em caso de normalidade confirmada, os dados foram apresentados por média e desvio padrão. As correlações entre carga interna e variáveis físicas e fisiológicas foram testadas pelo coeficiente de *Pearson*, enquanto as adaptações pré e pós treinamento foram comparadas por teste t e os dados de monitoramento semanal por ANOVA para medidas repetidas. Em caso de

normalidade não confirmada, os dados foram apresentados por mediana e intervalo interquartil. As correlações foram testadas pelo coeficiente de *Spearman*, enquanto as adaptações fisiológicas foram comparadas pelo teste de *Wilcoxon* e os dados de monitoramento semanal foram comparados pelo teste de *Friedman*, seguido pelo teste post hoc de *Wilcoxon* com correção de *Bonferroni*. Todas as análises foram feitas no software SPSS 20.0 e o valor alfa foi estabelecido em 5%.

4 RESULTADOS

Inicialmente foram recrutados 22 praticantes de CrossFit®. Após considerados os critérios de exclusão e a consequente perda amostral por frequência insuficiente (n=5) e viagens (n=1), fizeram parte da análise 16 sujeitos, homens (12) e mulheres (4), com média de idade de $31,0 \pm 6,8$ anos, $77,5 \pm 9,0$ quilos de massa corporal e tempo de treino de $2,8 \pm 0,8$ anos.

Em relação aos treinamentos, todos foram compostos por períodos de mobilidade/aquecimento, técnica e o WOD. Em geral, de todos os treinos, 18 WOD's seguiram a estrutura AMRAP (27,27%), 17 RFT (25,75%), 8 EMOM (12,12%) e 6 RNFT (9,09%). Há ainda, treinos de simulação de competição denominados *OPEN* (9,09%) e outros que não seguiram as estruturas já descritas, como os treinos aeróbicos em remoergômetro (3,03%) e os aeróbicos de baixa intensidade (13,63%) (Apêndice C). A média da duração da sessão de treinamento foi de $95,6 \pm 16,8$ min, e o tempo dedicado ao WOD foi de $25,5 \pm 12,7$ min. Isso significa que, no geral, o WOD gastou $27,1 \pm 13,6\%$ do tempo total da sessão de treinamento.

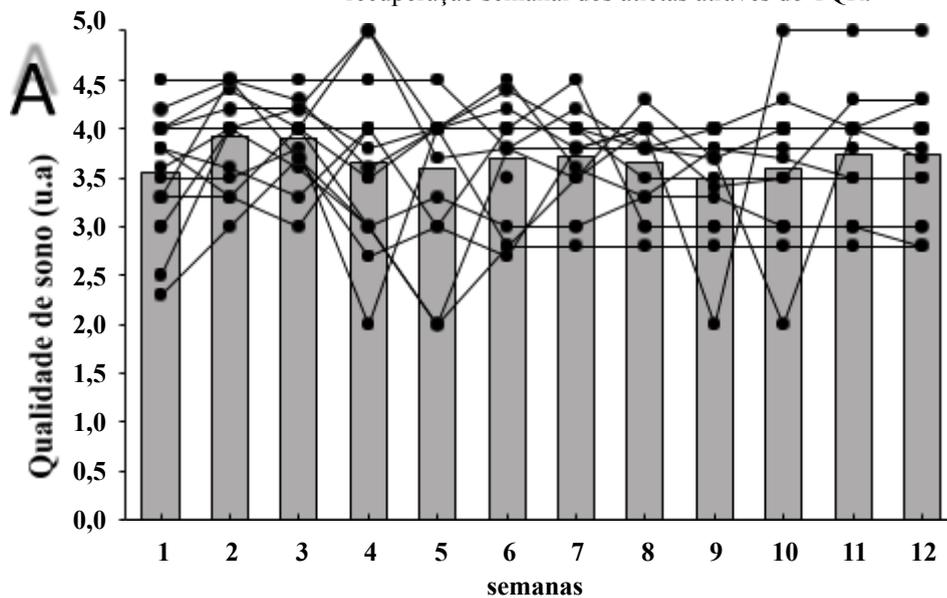
4.1 Variáveis Perceptivas

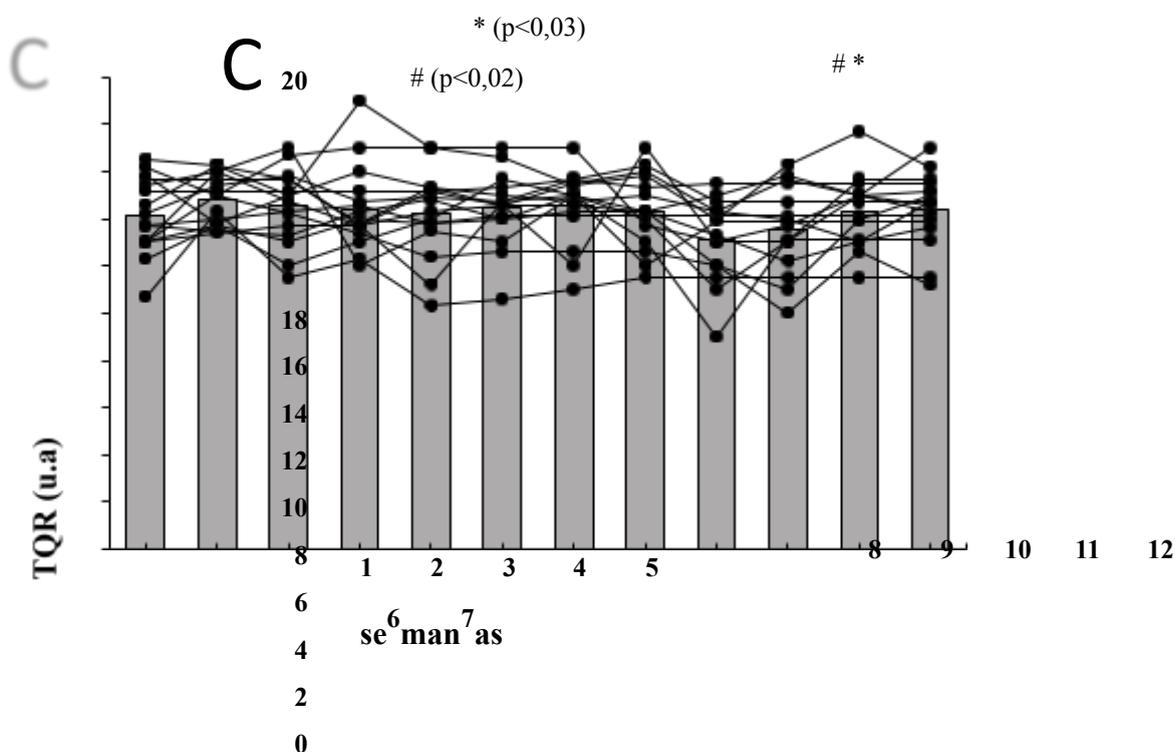
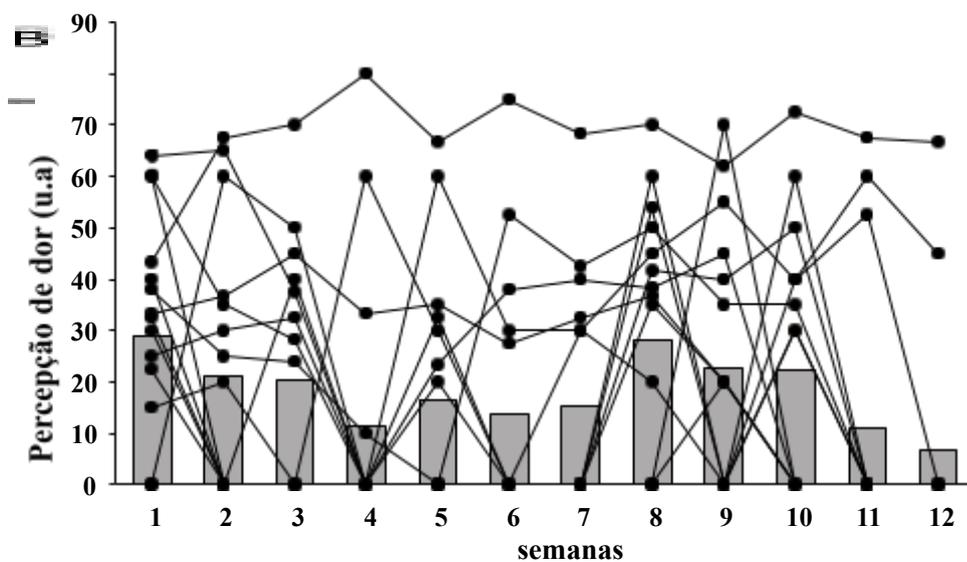
A respeito das variáveis perceptivas, a média semanal de qualidade do sono variou de $3,5 \pm 0,3$ a $3,9 \pm 0,8$ u.a, o que representa classificação entre regular e boa (Painel A). A ANOVA de medidas repetidas não indicou diferenças estatísticas entre os momentos ($F=1,01$; $p=0,43$).

Para aqueles atletas que sinalizaram alguma percepção de dor durante as 12 semanas, a percepção média semanal variou de $24 \pm 8,5$ a $54 \pm 29,8$ u.a. na escala análoga, que representa dor moderada (Painel B). Os locais de dor de maior prevalência foram na região lombar (19,4%), ombros (13,2%) e costas (11,7%).

A variação das respostas semanais à escala TQR foram de $13,1 \pm 1,0$ a $14,8 \pm 1,8$ u.a, o que sugere que os atletas treinaram com percepção entre razoavelmente recuperado ou bem recuperado (Painel C). Quando comparados os momentos, a ANOVA de medidas repetidas apresentou significância estatística ($F=2,74$; $p=0,003$). De acordo com o *post hoc*, nas comparações semanais do TQR há diferenças entre a 9ª semana quando comparada à 2ª e 3ª semanas. Os valores semanais para todas as medidas perceptivas são apresentados na figura 1, sendo que as linhas nos painéis mostram a variação individual por atleta em cada medida.

Figura 1 - Variáveis perceptivas de qualidade de sono, dor e recuperação. **Painel A.** Percepção da qualidade de sono semanal dos atletas. **Painel B.** Percepção da intensidade da dor semanal dos atletas. **Painel C.** Percepção de recuperação semanal dos atletas através do TQR.





Diferenças estatisticamente significativas entre a 2ª e 9ª semanas; * Diferenças estatisticamente significativas entre a 3ª e 9ª semanas.

Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

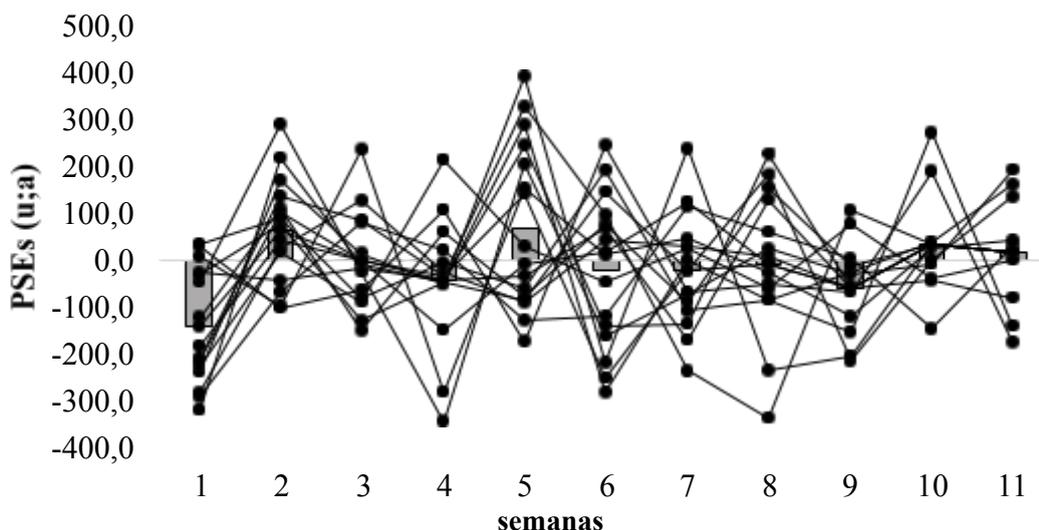
Em relação à carga de treinamento, a PSE média ao longo de todo o período foi de $4,8 \pm 0,5$ u.a. (Mínimo= 2; Máximo= 10). O gráfico da PSE da sessão com a variação individual por atleta está apresentada na Figura 2 e a PSEs e PSEw da média do grupo são apresentadas na Figura 3. Para além, a análise de medidas repetidas mostrou que os valores de soma ($F=2,62$; $p<0,01$) e média ($F=2,51$; $p<0,01$) da PSEs possuem diferenças significativas entre os momentos, assim como os valores da soma ($F=9,79$; $p<0,01$) e a média ($F=9,79$; $p<0,01$)

de PSEw. Percebe-se que em todas as semanas a PSEs mostrou valores maiores que a PSEw, além

de diferenças entre a 1ª semana com a 2ª, 5ª e 10ª semanas da PSEs e 2ª semana com 3ª, 4ª a 9ª semanas da PSEw. As diferenças semanais também são mostradas na Figura 3.

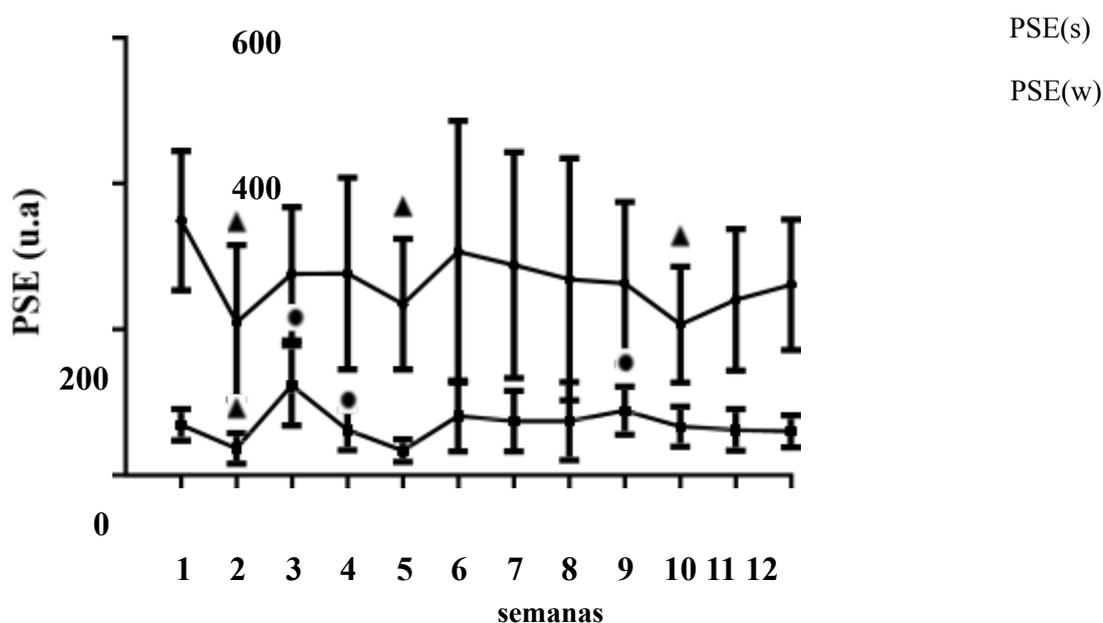
Para Monotonia da PSEs ($\chi^2=34,75$; $p=0,00$), da PSEw ($\chi^2=35,34$; $p=0,00$), *Strain* da PSEs ($\chi^2= 19,81$; $p=0,04$) e da PSEw ($\chi^2=36,89$; $p<0,01$) não foram identificadas diferenças estatísticas (Figuras 4 e 5 respectivamente).

Figura 2 - Percepção Subjetiva de Esforço da sessão e variação individual com base no delta.



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

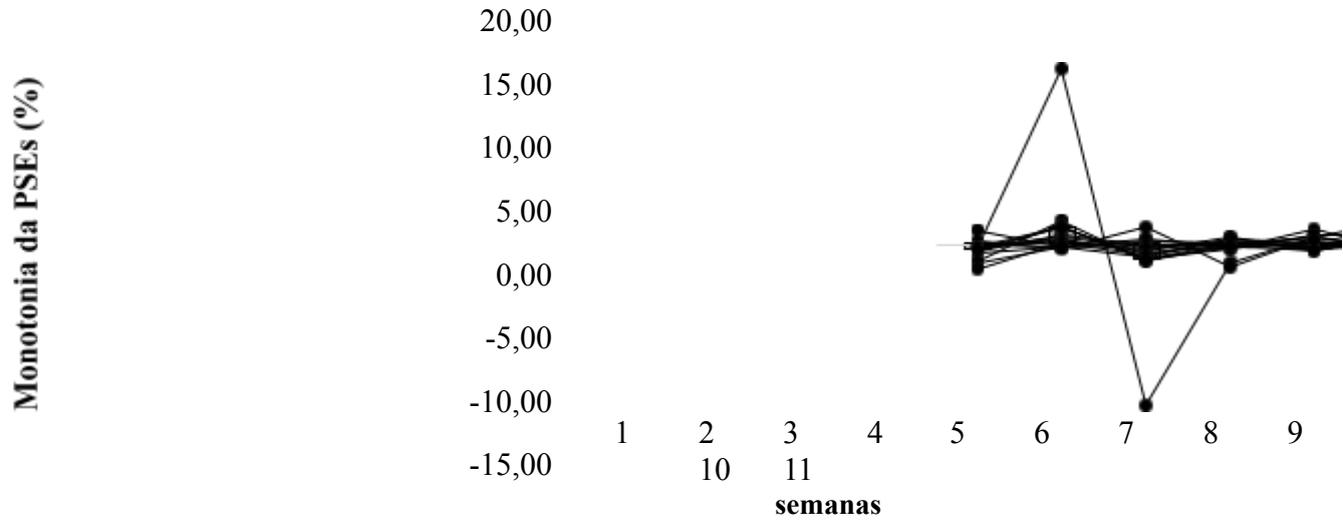
Figura 3 - Percepção Subjetiva de Esforço da sessão e do WOD.



▲ Diferenças da 1ª semana com as demais (2ª semana ($p=0,02$); 5ª semana ($p=0,003$); 10ª semana ($p<0,001$); 2ª semana ($p=0,03$)). ● Diferenças com a 2ª semana (3ª semana ($p=0,02$); 4ª semana ($p=0,04$); 9ª semana ($p=0,04$)).

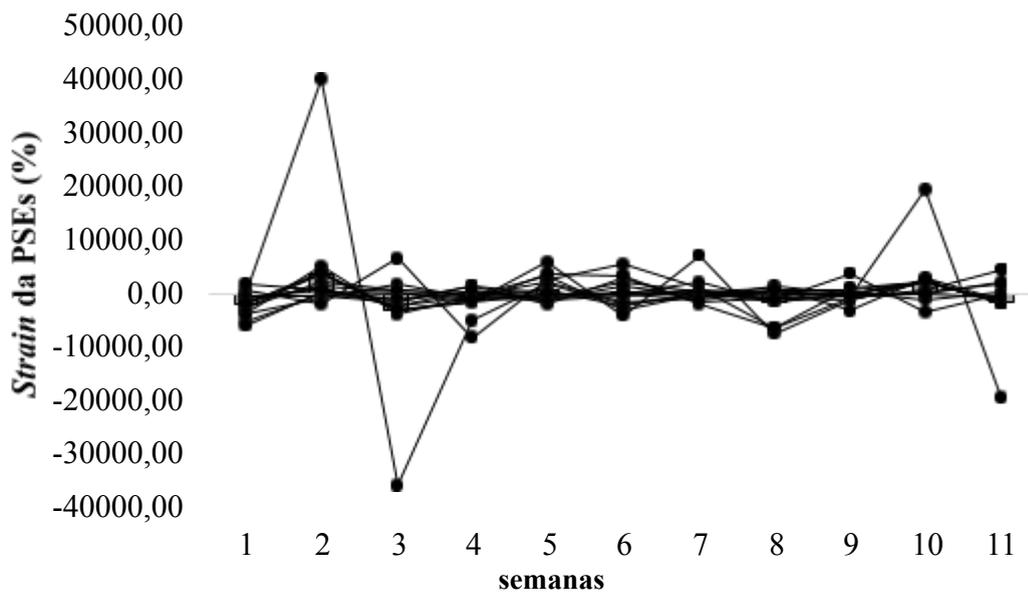
Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

Figura 4 - Monotonia da PSE da sessão e variação individual com base no delta.



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

Figura 5 - *Strain* da PSE da sessão e variação individual com base no delta.

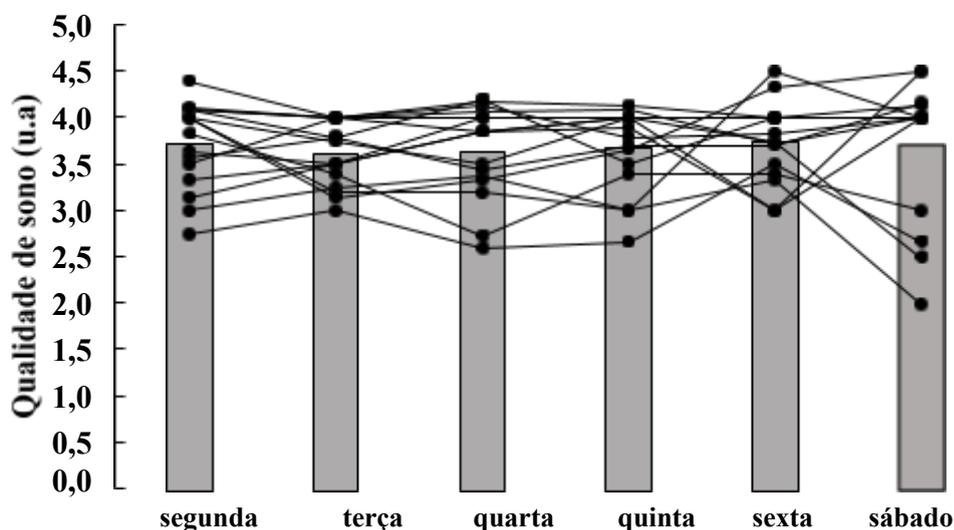


Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

4.2 Comparações das variáveis perceptivas por dia

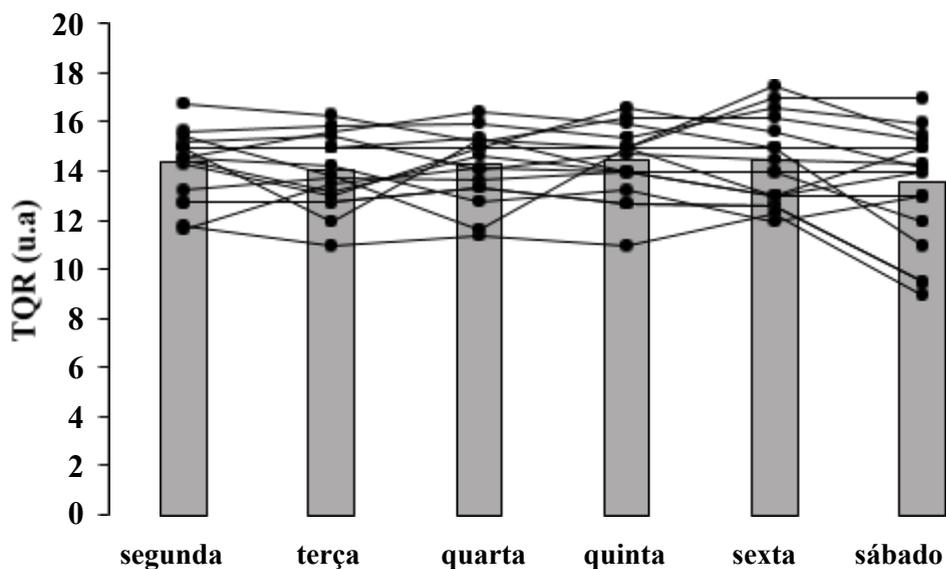
A respeito das comparações entre variáveis perceptivas medidas nos mesmos dias ao longo das doze semanas, observou-se que tanto a qualidade sono ($F=0,24$; $p=0,94$) como a recuperação semanal dos atletas ($F=1,24$; $p=0,29$) não mostraram diferenças (Figuras 6 e 7). Já para PSE geral ($F=7,10$; $p<0,001$) foi observada diferença entre as segundas e terças-feiras ($p=0,001$) e terças e quartas-feiras ($p=0,002$), sendo as de segundas e terças-feiras maiores que estas (Figura 8), o que sugere um padrão de carga de treinamento de acordo com os dias da semana. Nas figuras abaixo, as linhas indicam a variação individual por atleta em cada medida.

Figura 6 - Comparação da qualidade de sono dos atletas durante os mesmos dias da semana



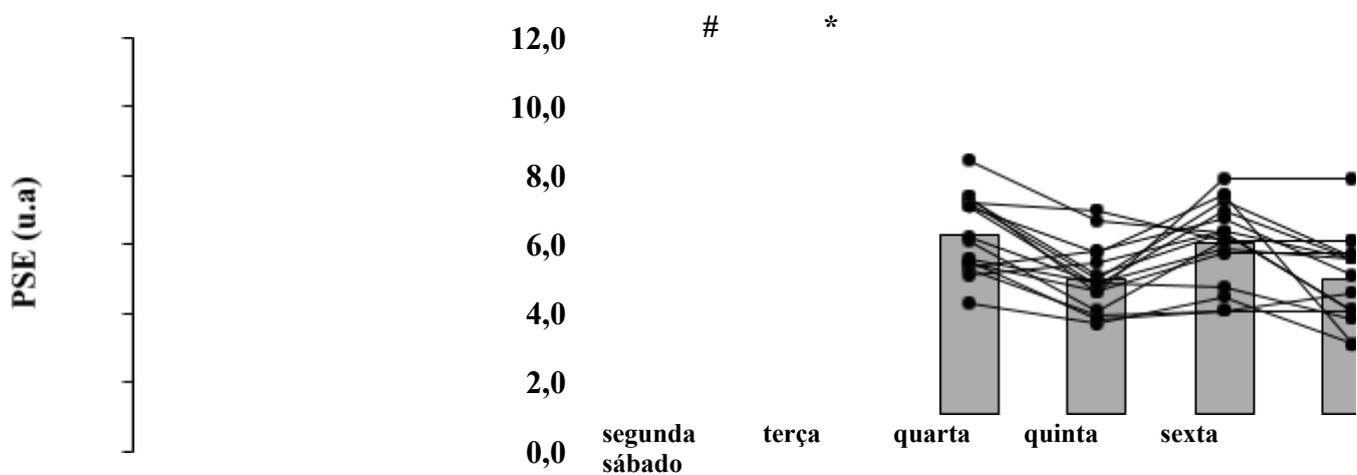
Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

Figura 7 - Comparação da recuperação semanal dos atletas durante os mesmos dias da semana



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

Figura 8 - Comparação da PSE dos atletas durante os mesmos dias da semana



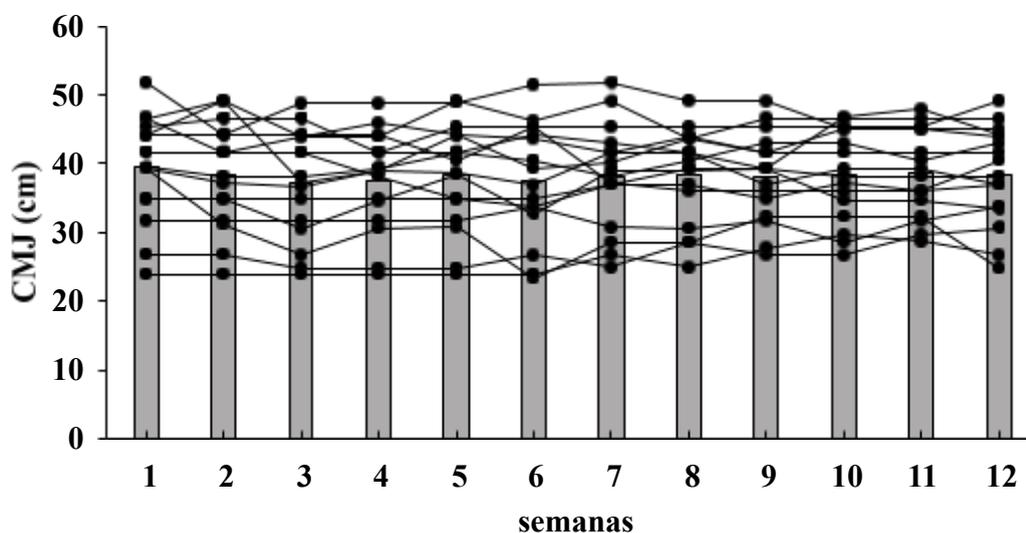
Diferenças entre segundas e terças-feiras ($p=0,001$); * Diferenças entre terças e quartas-feiras ($p=0,02$).

Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

4.3 Variáveis Físicas e Fisiológicas

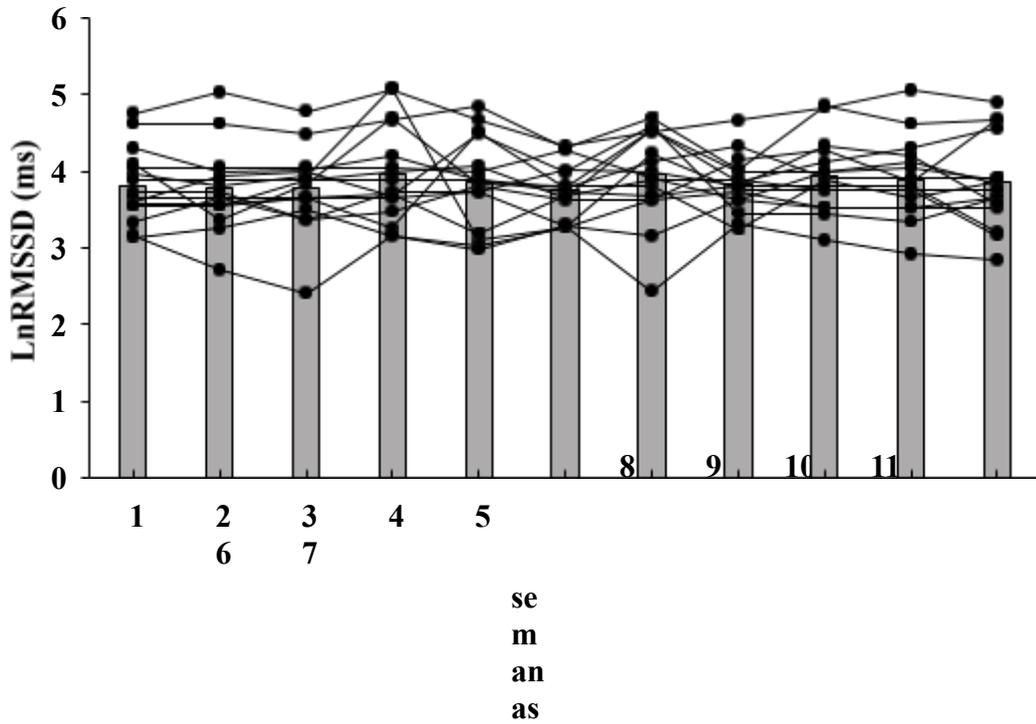
Com relação à VFC e ao CMJ, os dados descritivos ao longo das semanas são apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente, sendo que as linhas indicam variação individual por atleta em cada medida. A análise de medidas repetidas não mostrou diferenças entre momentos, nem para VFC ($F= 0,96$; $p=0,47$) ou CMJ ($F= 0,88$; $p=0,55$), o que indica que as cargas impostas não foram suficientes para induzir mudanças ou as variáveis não foram sensíveis para detectá-las. No entanto, apesar da aparente estabilidade, a nível individual, em média 11,3% e 3,4% dos sujeitos apresentam modificações maiores que a Mínima Mudança Detectável (MMD) para VFC e CMJ, respectivamente.

Figura 9 - Média semanal da altura do salto vertical dos atletas



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

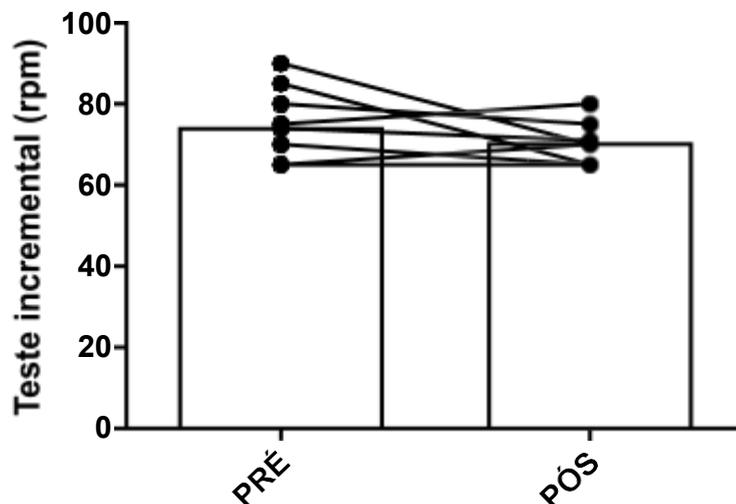
Figura 10 - Média semanal de Variabilidade da Frequência Cardíaca dos atletas.



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

Com relação ao teste incremental na AirBike, os dados são apresentados na Figura 11. O teste de Wilcoxon sugeriu que não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os valores pré e pós considerando o estágio final de RPM alcançado ($Z = -0,87$; $p = 0,38$), o que sugere nenhum efeito relevante na potência aeróbica dos sujeitos.

Figura 11 - Valores de RPM pré e pós 12 semanas de treinamento.



Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

As variáveis sanguíneas são apresentadas na Tabela 1. De modo geral, não se

encontrou diferenças entre os valores pré e pós treinamento para nenhuma das variáveis analisadas, o que

sugere que o treinamento não indicou mudanças fisiológicas ao ponto de apresentarem significância nos dados sanguíneos.

Tabela 1 - Dados sanguíneos pré e pós treinamento.

	PRÉ	PÓS	DP	Δ(%)	p
Glóbulos Brancos (μL)	6,6	7,3	0,5	0,1	0,44
Glóbulos Vermelhos (μL)	5,2	5,0	0,1	0,0	0,23
Hemoglobina (g/dL)	15,2	14,6	0,5	0,0	0,17
Hematócitos (%)	45,5	43,7	1,3	0,0	0,23
Volume Corpuscular Médio (fL)	87,8	87,5	0,2	0,0	0,91
Hemoglobina Corpuscular Média (pg)	29,3	29,1	0,1	0,0	0,24
Concentração de Hemoglobina Corpuscular (g/dL)	33,4	33,3	0,1	0,0	0,58
Plaquetas (μL)	234,0	233,0	0,7	0,0	0,95
Eritrócitos/ dp (μL)	43,5	43,8	0,2	0,0	0,78
Eritrócitos/ coeficiente (μL)	13,8	14,0	0,2	0,0	0,41
Volume Médio de Plaquetas (μL)	9,5	10,8	0,9	0,1	0,89
Neutrófilos (μL)	4,2	4,7	0,3	0,1	0,64
Linfócitos (μL)	1,7	1,8	0,1	0,1	0,47
Monócitos (μL)	0,5	0,6	0,1	0,2	0,15
Eosinófilos (μL)	0,1	0,1	0,0	0,0	0,96
Basófilos (μL)	0,0	0,0	0,0	N/A	0,27
Creatina Quinase (μL)	562,2	313,4	176,9	-0,4	0,61
Creatina Quinase mb (μL)	28,4	24,7	2,6	-0,1	0,31
Creatinina (mg/dL)	1,2	1,1	0,1	-0,1	0,12
Lactato Desidrogenase (mg/dL)	229,7	251,6	15,5	0,1	0,49
PCR (mg/dL)	1,0	3,7	1,9	2,7	0,10
Ureia (mg/dL)	39,9	39,7	0,1	0,0	0,95
TGO (μL)	37,1	32,1	3,5	-0,1	0,55
TGP (μL)	49,4	37,9	8,2	-0,2	0,17

Microlitros (μ L); Miligramas por decilitro (mg/dL); Grama por decilitro (g/dL); Fentolitro (fL); Pictogramas (pg); Transaminase oxalacética (TGO); Transaminase pirúvica (TGP); Proteína C-reativa (PCR).

Fonte: Elaborada pela autora do trabalho.

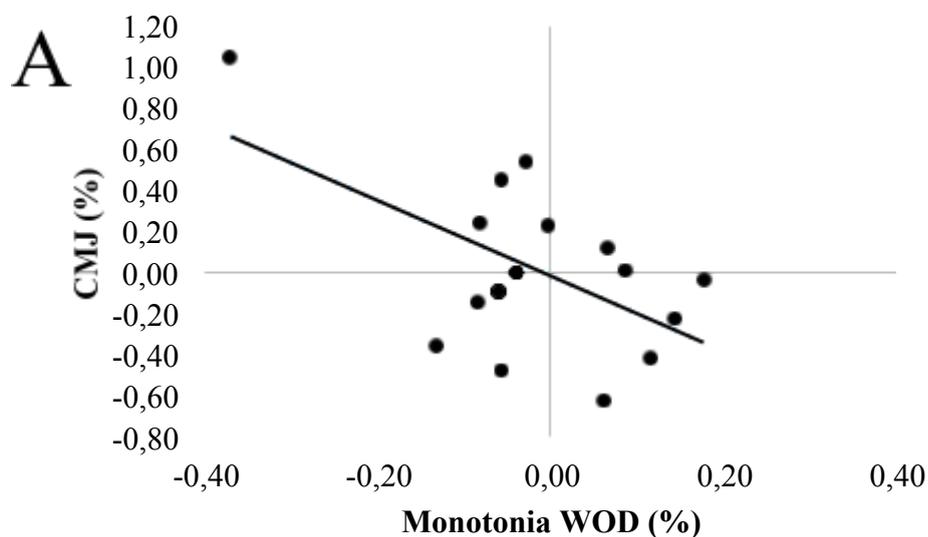
4.4 Correlações

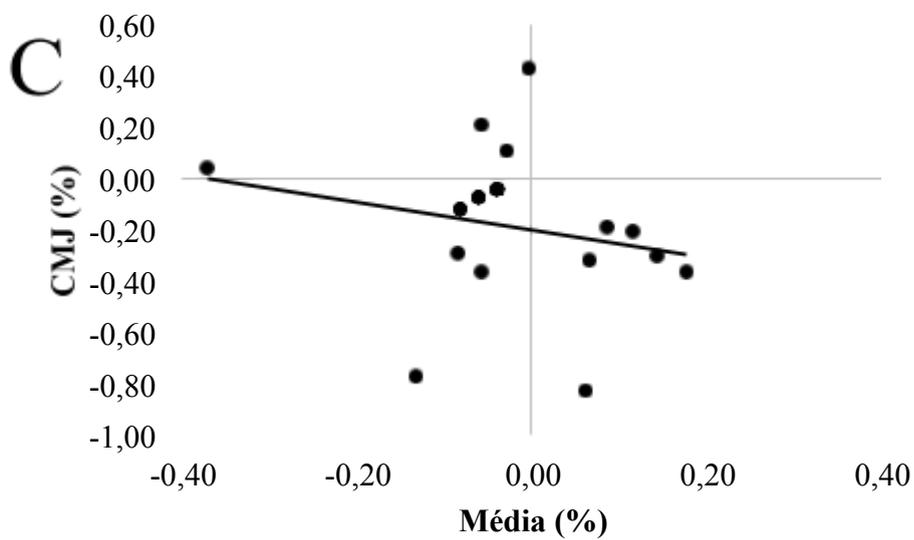
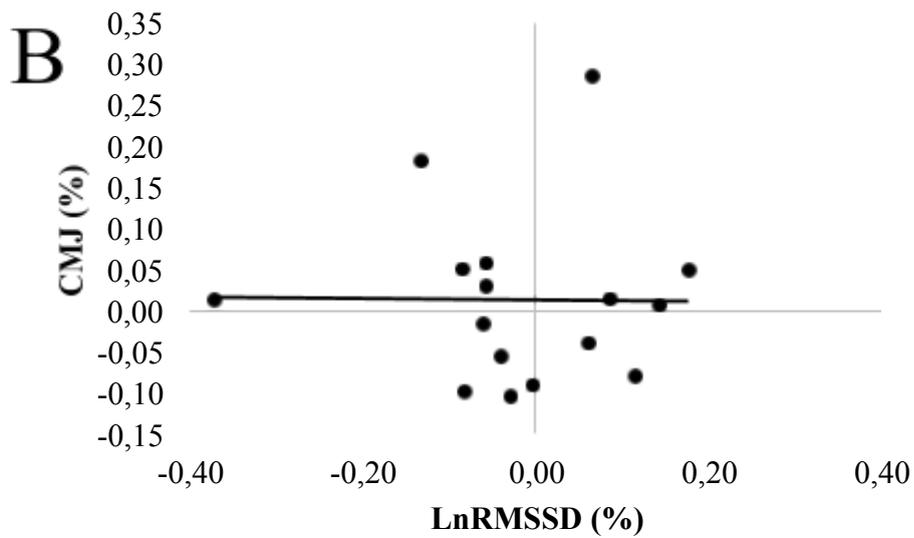
Em relação às correlações entre as variáveis do estudo, não foram encontradas correlações significantes e positivas, não identificando efeitos considerando a variação total do período com base no delta (%).

Apenas a correlação negativa e moderada ($r=-0,56$; $p=0,02$) entre Monotonia do WOD e CMJ foi identificada (Figura 12, Painel A), o que indica que uma maior estabilidade nas cargas de treino pode interferir em uma menor potência aeróbia dos sujeitos.

Correlações entre CMJ e LnRMSSD (Figura 12, Painel B) e CMJ e a Média da sessão (Figura 12, Painel C) eram esperadas, no entanto não foram observadas.

Figura 12 - Correlações entre as variáveis do estudo considerando a variação total do período com base no delta. **Painel A.** Correlação entre Monotonia do WOD e CMJ. **Painel B.** Correlação de CMJ e LnRMSSD. **Painel C.** Correlação de CMJ e Média da sessão.





Fonte: Elaborado pela autora do trabalho.

5 DISCUSSÃO

O objetivo da presente investigação foi descrever a carga interna de treino imposta a atletas de CrossFit® ao longo de três meses, e relacionar com indicadores de desempenho físico. Adicionalmente, investigar o efeito do treinamento em indicadores de aptidão aeróbia. Os principais achados sugerem que as cargas de treino impostas não foram suficientes para induzir *overreaching* ou recuperação/compensação detectáveis, ao menos pelas variáveis utilizadas; que o treinamento não promoveu alterações relevantes na potência aeróbica testada e; que correlações positivas não foram identificadas entre as variáveis analisadas.

Tratando-se das variáveis perceptivas, as derivadas de carga interna, sono e recuperação, de modo geral, não mostraram diferenças entre as semanas. Esta estabilidade percebida pode ter ocorrido, entre outros fatores, pela característica de esforços autorregulados da modalidade. Quando comparadas situações autorreguladas com esforços quantificados e constantes, a primeira induziu menor resposta fisiológica e perceptiva em tarefas de 5000m de remo (LANDER; BUTTERLY; EDWARDS, 2009). Os autores sugerem que variações na produção de potência durante os exercícios podem ser características de processos regulatórios para impedir a fadiga catastrófica. Adicionalmente, em ciclistas que realizaram um treinamento intervalado de três sessões máximas de dez minutos, essa autorregulação parece ser capaz de controlar os esforços de maneira “ideal”, em ritmo próprio e com respostas fisiológicas e neuromusculares idênticas (VILLERIUS; DUC; GRAPPE, 2008). Nesse contexto, o Crossfit® apresenta características semelhantes como exercícios prescritos por tarefas, o que caracteriza a autorregulação.

Esta estabilidade entre microciclos também foi observada entre microciclos de treinamento para Mixed Martial Arts (MMA) no período de oito semanas (KIRK *et al.*, 2021), o que pode ter decorrido de similaridades entre as práticas de treinamento das modalidades, nas quais os atletas frequentemente são engajados em treinamentos com caráter multimodal, contemplando modelos cíclicos, específicos e de treinamento resistido (AMTMANN, 2004).

Quanto à magnitude de carga interna, Tibana, Sousa e Prestes (2017) observaram valores relativamente baixos ($182,1 \pm 12,1$ u.a.) quando comparado àqueles derivados de diferentes modalidades esportivas ($430,3 \pm 110,5$ u.a.), no entanto, a justificativa para tais resultados não é clara. Assim, em conjunto com nossos achados ($265,1 \pm 40,0$ u.a.), sugere-se que a hipótese inicial de que valores elevados de PSEs seriam esperados devido à alta demanda metabólica (TIBANA *et al.*, 2018b) e o alto volume ($120,7 \pm 36,7$ min/sessão) (PRITCHARD; KEOGH; WINWOOD, 2020) parece ter sido rejeitada e talvez, uma parametrização específica

seja necessária. Além da autorregulação já mencionada, talvez valha a reflexão acerca das variáveis que usualmente servem de suporte para a hipótese da alta intensidade, ou seja, valores elevados de lactato e frequência cardíaca ($17,2 \pm 2,2$ mmol; 186 ± 5 bpm) (TIBANA *et al.*, 2018b) podem decorrer do efeito cumulativo que apresentam, e não necessariamente da característica dos esforços específicos.

Considerando as respostas perceptivas analisadas por dias da semana, foram observadas diferenças de PSE entre três dias diferentes (segundas, terças e quartas-feiras), o que indica certo padrão na distribuição das cargas de treino impostas. Ao analisar a estrutura das sessões, nos primeiros dias da semana os treinos tinham caráter predominantemente neuromuscular, e eram seguidos de treinos de maior caráter aeróbio e de intensidade moderada. Portanto, com essa configuração, seria esperado que a carga interna de fato aumentasse em dias de treinos de força e levantamento de peso olímpico, o que tende a ocorrer em treinos dessa natureza (TIBANA *et al.*, 2016).

Os escores de dor apresentaram valores moderados para a média do grupo, diferentemente dos achados de Drum *et al* (2016) que concluíram que o CrossFit® causa efeitos prejudiciais pós exercício no sistema muscular, como sensações de dor e inchaço, por ter uma PSE “muito forte”. Contudo, a PSE aqui demonstrada foi “baixa”, o que poderia justificar dores não intensas. Ao observar essas dores relacionadas à modalidade, foi encontrada uma proporção maior de dor nos joelhos em atletas que já haviam ou praticavam outro esporte simultaneamente, além de que o fato de dominar certos exercícios durante o treino parece ocasionar mais dor nos praticantes (BERNSTORFF *et al.*, 2021). No mais, além de dores, estudos indicam que há uma alta prevalência de lesões (73,5%) em praticantes de Crossfit® principalmente nos ombros e região lombar, sendo explicadas por alta intensidade, alta velocidade, altas repetições e cargas elevadas, que intensificam conforme o nível e tempo de prática dos atletas (HAK; HODZOVIC; HICKEY, 2013; COSTA *et al.*, 2019).

A respeito das respostas de altura do CMJ e LnRMSSD, poderia se esperar que ocorressem i) reduções, devido à fadiga acumulada decorrente da alta intensidade e intervalos curtos de descanso (MATÉ-MUÑOZ *et al.*, 2017; WILLIAMS *et al.*, 2017); ii) aumentos, decorrentes de processos adaptativos e/ou indicando recuperação adequada (POSNAKIDS *et al.*, 2020; DÜKING *et al*, 2020) ou; iii) estabilidade, que se relacionaria com alta monotonia (MILOSKI; DE FREITAS; FILHO, 2012). Nesse contexto, a ausência de variações perceptíveis, ao menos do ponto de vista estatístico e da média do grupo investigado, poderia ser então explicada pela característica de distribuição das cargas impostas ou pelo momento de

coleta, logo após dia de treino recuperativo, o que indicaria que o espaço de 48h pode ser suficiente para regenerar estes índices (TIMÓN *et al.*, 2019).

Quanto ao CMJ, tem sido sugerido como importante marcador da função neuromuscular e ferramenta importante de monitoramento de cargas de treino (CLAUDINO *et al.*, 2017). Além disso, a capacidade de salto foi relacionada ao desempenho em competição de Crossfit® (MART *et al.*, 2020). Fisiologicamente, mecanismos de alongamento-encurtamento, expressos durante o CMJ, podem ser afetados pela fadiga e possível associação a aumentos nos níveis de creatina quinase (CLAUDINO *et al.*, 2012).

Já quanto à LnRMSSD, esta é considerada uma ferramenta de medida estável das modulações parassimpáticas da frequência cardíaca e importante para monitorar a recuperação individual de atletas (RAMÍREZ-VELEZ *et al.*, 2017; SOLANA-TRAMUNT *et al.*, 2018). O marca-passo do coração apresenta sua própria atividade intrínseca, no entanto, variedades de estímulos que desequilibram os tónus simpático e vagal influenciam na frequência cardíaca final, e essa alta variabilidade na frequência cardíaca está associada a um sistema nervoso autônomo bem adaptado (CYGANKIEWICZ; ZAREBA, 2013; GRANERO-GALLEGOS *et al.*, 2020). À vista disso, em um estudo com atletas de Crossfit® observou-se uma redução nos índices de RMSSD concomitante com aumentos nas cargas de trabalho, sendo associado à alta probabilidade de relatar lesões por uso excessivo na semana subsequente (WILLIAMS *et al.*, 2017), o que a torna uma variável interessante para avaliar as possíveis alterações da modulação central que podem refletir nas escolhas da periodização do treinamento (PIRES; COSWIG, 2019).

Correlações positivas não foram identificadas entre as variáveis estudadas considerando a variação total do período. Apenas a correlação negativa e moderada entre a Monotonia do WOD e CMJ foi identificada, sugerindo que uma maior estabilidade pode interferir negativamente na potência aeróbia dos sujeitos. Esperava-se correlações significativas entre CMJ e LnRMSSD, sugerindo que maior LnRMSSD pudesse acompanhar maior potência de membros inferiores. Contudo, os resultados não indicaram essa correlação, o que significa que, ao longo das 12 semanas de treinamento de Crossfit®, o desempenho neuromuscular não está necessariamente associado ao controle autonômico (GRANERO-GALLEGOS *et al.*, 2020) talvez devido a tempos de respostas diferentes entre as variáveis. Nuutila *et al.* (2021) perceberam que, em um treinamento de corrida, o CMJ e a VFC também permaneceram inalterados independentemente de volume e intensidade, apesar de uma ligeira diminuição na recuperação percebida, que não foi suficiente para ser significativa. Isto possivelmente ocorreu

devido à sensibilidade das variáveis relacionadas à recuperação que podem variar entre os indivíduos e estímulos, sendo necessária uma abordagem mais individualizada.

Esperava-se ainda, que com o aumento da carga interna, a potência neuromuscular dos atletas também aumentasse, no entanto, essa correlação entre CMJ e as variáveis de carga interna não ocorreu. De modo específico, nossos achados concordam com o estudo que não encontrou correlações positivas entre as variáveis de carga de treino, VFC e variáveis subjetivas de recuperação como fadiga, dor e sono, em resposta a treinos de aptidão funcional (AMRAP) e que envolviam competições de CrossFit® (TIBANA *et al.*, 2019), contudo, este é um estudo de caso, podendo ter diferentes resultados quando aplicados com uma amostra maior.

Da perspectiva crônica, a modalidade já mostrou potencial para aprimoramento da potência aeróbia (MURAWSKA-CIALOWICZ; WOJNA; ZUWALA-JAGIELLO, 2015), o que suporta a hipótese apresentada de que, após as 12 semanas, seriam identificadas adaptações positivas neste indicador. Porém, nossos resultados não indicaram essas adaptações, diferentemente do já exposto na literatura sobre aumento do consumo máximo de oxigênio (13,6% e 11,8% para homens e mulheres, respectivamente) (SMITH *et al.*, 2017), o que não sugere efeito relevante na potência aeróbica dos sujeitos. Além do mais, a carga de treino aparentemente estável e o alto nível de aptidão dos competidores podem sugerir que, para aumentar os índices de potência aeróbia, ao invés de desenvolver diferentes domínios de condicionamento físico de modo simultâneo (CLAUDINO *et al.*, 2018; TIBANA; SOUSA; PRESTES, 2017), seja sugerido um treinamento específico para este fim.

E em relação às respostas sanguíneas esperava-se que, assim como em outras modalidades tais como vôlei e luta (BERRIEL *et al.*, 2020; ROTH *et al.*, 2017), um aumento pelo menos da Creatina Quinase correlacionada à fadiga, causadas talvez pela prática esperada de alta intensidade durante as sessões de treinamento. Nossos resultados, por outro lado, não mostraram diferenças, talvez pela alta intensidade não ter sido atingida, o que não gerou mudanças nos marcadores sanguíneos. Dados parecidos são mostrados por Posnakids *et al* (2020), que investigaram os efeitos do treinamento funcional de alta intensidade (HIIFT), como o esperado do Crossfit®, e observou que o treinamento não causou inflamação significativa ou dano muscular nos indivíduos testados.

Mediante o exposto, este estudo possui limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, o fato de ter realizado apenas uma coleta semanal de CMJ e VFC, e apenas dois momentos para medidas de aptidão aeróbia, pois realizar essas coletas mais frequentemente

seria mais interessante para resultados mais precisos. No entanto, dessa forma foi logisticamente mais viável, e apesar de mais coletas serem interessantes e sugeridas, acredita-se que a sequência de coletas pode ter possibilitado a identificação de padrões em resposta a cargas semanais. Outra limitação importante a se destacar é a falta de controle ou descrição nutricional dos praticantes que pode interferir no desempenho e conseqüentemente nos resultados dos atletas, contudo, é de conhecimento dos competidores a importância de uma boa alimentação para um bom rendimento, o que pode minimizar tal limitação. Além desses, a baixa aderência dos respondentes devido ao caderno diário ser autopreenchido reduziu a quantidade de informações, porém ainda assim os participantes que restaram após os critérios de inclusão possuem boa média de respostas, o que, apesar da diminuição não impactou negativamente nos resultados do estudo. E por fim, a ausência da realização de uma medida de desempenho de um treino padrão específico da modalidade, como um *benchmark*. Todavia, realizamos outras medidas como de potência aeróbica que podem servir para estimar o desempenho dos atletas.

6 APLICAÇÕES PRÁTICAS

O treinamento em atletas do CrossFit® mostrou que a modalidade, apesar de sua esperada alta intensidade, não provocou adaptações positivas e nem negativas nos atletas participantes do estudo, no período de três meses e através das variáveis aqui investigadas, devido à provável estabilização de carga interna de treinamento. Acredita-se que uma menor monotonia nesses treinamentos poderia impactar em um maior desempenho em atletas. Portanto, indica-se que realizar um monitoramento individual de cada competidor possa proporcionar explicações científicas para mudanças no desempenho de atletas, podendo ser a base para uma periodização voltada especificamente para promover melhores adaptações.

7 CONCLUSÃO

De modo geral, o programa de treinamento de CrossFit® executado pelos atletas estudados neste período e nesta investigação, não gerou adaptações detectáveis na maior parte das variáveis investigadas, o que pode estar associado à relativa estabilidade de carga de treino que foi identificada. Além disso, o esforço percebido pela amostra não dá suporte ao título de modalidade de alta intensidade, o que se especula que pode estar associado à característica de esforços autorregulados.

Em suma, neste estudo, a carga de treinamento imposta na preparação de atletas de elite de Crossfit® apresentou-se relativamente estável, apesar da variação constante de estímulos e configurações, e de nível moderado. Por fim, apesar de contrários à hipótese

inicial, nossos achados talvez ajudem a explicar padrões da modalidade, que envolve alto volume e frequência

de treinamento mantidos por longos períodos, o que não condiz (ao menos teoricamente) com esforços de alta intensidade.

REFERÊNCIAS

- AMTMANN, John. Self-reported training methods of Mixed Martial artists at a regional reality fighting event. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 1, p. 194–196, 2004.
- BAHREMAND, M.; HAKAK DOKHT, E.; MOAZZAMI, M. A comparison of CrossFit and concurrent training on myonectin, insulin resistance and physical performance in healthy young women. **Archives of Physiology and Biochemistry**, v. 0, n. 0, p. 1–7, 2020.
- BELLAR, D. *et al.* The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 315–320, 2015.
- BELLENGER, C. *et al.* Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**. p. 1461-86, 2016.
- BERNSTORFF, M. *et al.* An analysis of sport-specific pain symptoms through inter-individual training differences in crossfit. **Sports**, v. 9, n. 5, p. 1–12, 2021.
- BERRIEL, Guilherme *et al.* Stress and recovery perception , creatine kinase levels , and performance parameters of male volleyball athletes in a preseason for a championship. **Sports Medicine Open**, 2020.
- CLAUDINO, João. *et al.* Pre vertical jump performance to regulate the training volume. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 101–107, 2012.
- CLAUDINO, João *et al.* The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 4, p. 397–402, 2017.
- CLAUDINO, J. *et al.* CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. **Sports medicine - open**, 2018.
- COSGROVE, S.; CRAWFORD, D.; HEINRICH, K. Multiple fitness improvements noted after 6-months of high intensity functional training. **Sports**, v. In Review., p. 1–13, 2019.
- COSTA, T. *et al.* Crossfit®: Injury prevalence and main risk factors. **Clinics**, v. 74, p. 1–5, 2019.
- CRAWFORD, Derek *et al.* Validity, Reliability, and Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads during High Intensity Functional Training. **Sports**, 2018.
- CYGANKIEWICZ, Iwona.; ZAREBA, Wojciech. Heart rate variability. **Elsevier B.V.** 1. ed. [s.l.], v. 117, 2013.
- DEXHEIMER, D. *et al.* Physiological performance measures as indicators of crossfit® performance. **Sports**, v. 7, n. 4, 2019.
- DRUM, S. N. *et al.* Perceived demands and post-exercise physical dysfunction in crossfit® compared to an acsm based training session. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 57, n. August, p. 1–6, 2016.
- DÜKING, P. *et al.* Predefined vs data-guided training prescription based on autonomic nervous system variation: A systematic review. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 30, n. 12, p. 2291–2304, 2020.

ESCO, M. *et al.* Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance. **European Journal Applied Physiology**, 2017.

FAELLI, E. *et al.* Acute and chronic catabolic responses to crossfit® and resistance training in young males. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, p. 1–15, 2020.

FALK NETO, J. *et al.* Session Rating of Perceived Exertion Is a Superior Method to Monitor Internal Training Loads of Functional Fitness Training Sessions Performed at Different Intensities When Compared to Training Impulse. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. August, 2020.

FERIOLI, D. *et al.* The Preparation Period in Basketball: Training Load and Neuromuscular Adaptations. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2018.

FISKER, Y. *et al.* Acute tendon changes in intense CrossFit workout: an observational cohort study. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 27, n. 11, p. 1258–1262, 2017.

FOSTER, C. *et al.* A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 15, p. 109–115, 2001.

GAJEWSKI, J. *et al.* Countermovement depth - a variable which clarifies the relationship between the maximum power output and height of a vertical jump. **Acta of bioengineering and biomechanics**. v. 20, n. 1, p -127-134, 2018.

GALLARDO-FUENTES, F. *et al.* Intersession and intrasession reliability and validity of the My Jump App for measuring different jump actions in trained male and female athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2015.

GRANERO-GALLEGOS, A. *et al.* Hrv-based training for improving vo2max in endurance athletes. A systematic review with meta-analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2020.

HADDAD, M. *et al.* Session-RPE method for training load monitoring: Validity, ecological usefulness, and influencing factors. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, n. NOV, 2017.

HAK, P. T.; HODZOVIC, E.; HICKEY, B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2013.

HALSON, Shona. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, p. 139–147, 2014.

HORTA, T. *et al.* Training load impact on recovery status in professional volleyball athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 2, p. 158–161, 2020.

IMPELLIZZERI, F.; MARCOR, S.; COUTTS, A. J. Internal and External Training Load : 15 Years On Training Load : Internal and External Load Theoretical Framework : The Training Process. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 270–273, 2018.

JEFFRIES, O. *et al.* An Analysis of Variability in Power Output During Indoor and Outdoor Cycling Time Trials. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 9, p. 1273-1279, 2019.

KIRK, C. *et al.* Quantification of training load distribution in mixed martial arts athletes: A lack of periodisation and load management. **PLoS ONE**, v. 16, n. 5 May 2021, 2021.

KUJALA, M. *et al.* Associations of Aerobic Fitness and Maximal Muscular Strength With Metabolites in Young Men. v. 2, n. 8, 2019.

KURILLA, Erin. Validation of the Adapted Borg-CR-10 Effort Scale as it Relates to Swallowing and Patients with Dysphagia. **Northern Illinois University**, 2011.

LANDER, P.; BUTTERLY, R.; EDWARDS, A. Self-paced exercise is less physically challenging than enforced constant pace exercise of the same intensity: Influence of complex central metabolic control. **British Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 789–795, 2009.

LEE, K.; HICKS, G.; NINO-MURCIA, G. Validity and reliability of a scale to measure fatigue. **Psychiatry Research**, v. 36, n. 3, p. 291–298, 1991.

LILLO-BEVIA, J.; PALLARÉS, J. Validity and reliability of the cycle hammer cycle ergometer. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 7, p. 853–859, 2017.

MANGINE, T. *et al.* Workout Pacing Predictors of Crossfit® Open Performance: A Pilot Study. **Journal of Human Kinetics**, v. 78, n. 1, p. 89–100, 2021.

MART, R. *et al.* Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, p. 1–12, 2020.

MARTÍNEZ-GÓMEZ, R. *et al.* Full-Squat as a Determinant of Performance in CrossFit. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 9, p. 592–596, 2019.

MARTÍNEZ-GÓMEZ, R. *et al.* Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, p. 1–12, 2020.

MATÉ-MUÑOZ, J. *et al.* Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. **PLOS ONE**, v. 12, n. 7, p. e0181855, 28 jul. 2017.

MATSUDO, Victor. Testes em ciências do esporte. 5. ed. São Paulo: Gráficos Burti, 1995.

MCLAREN, S. *et al.* The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 641–658, 2018.

MEHTA, A. *et al.* Running away from cardiovascular disease at the right speed: The impact of aerobic physical activity and cardiorespiratory fitness on cardiovascular disease risk and associated subclinical phenotypes. **Progress in Cardiovascular Diseases**, 2020.

MEYER, J.; MORRISON, J.; ZUNIGA, J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. **Workplace Health and Safety**, v. 65, n. 12, p. 612–618, 2017.

MILOSKI, B.; DE FREITAS, V.; FILHO, M.. Monitoramento da carga interna de treinamento em jogadores de futsal ao longo de uma temporada. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n. 6, p. 671–679, 2012.

MUJKA, Iñigo. Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. s2, p. S2-9-S2-17, abr. 2017.

MURAWSKA-CIALOWICZ, E.; WOJNA, J.; ZUWALA-JAGIELLO, J. Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 66, n. 6, p. 811–821, 2015.

NAKAMURA, F. *et al.* Adequacy of the Ultra-Short-Term HRV to Assess Adaptive Processes in Youth Female Basketball Players. **Journal of Human Kinetics**, v. 56, n. 1, p. 73–80, 2017.

NUUTTILA, O. *et al.* Monitoring Training and Recovery during a Period of Increased Intensity or Volume in Recreational Endurance Athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2021.

OSIECKI, R. *et al.* The Total Quality Recovery Scale (TQR) as a Proxy for Determining Athletes? Recovery State after a Professional Soccer Match. **Journal of Exercise Physiology Online**, 2015.

PADULO, J *et al.* Validity and reliability of a new specific parkour test: Physiological and performance responses. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1–10, 2019.

PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Tests of cycling performance. **Sports medicine**, v. 31, n. 7, p. 489-496, 2001.

PERROTTA, A. *et al.* Validity of the Elite HRV Smartphone Application for Examining Heart Rate Variability in a Field-Based Setting. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 8, p. 2296–2302, 2017.

PETRIGNA, L. *et al.* A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. **Frontiers in Physiology**. 2019.

PIRES, D. A.; COSWIG, V. Efeitos de um microciclo de Crossfit® em variáveis da carga interna de treinamento. **Pensar a Prática**, 2019.

PLEWS, J. *et al.* Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training A case comparison. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 11, p. 3729–3741, 2012.

PLEWS, J. *et al.* Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. **Sports Medicine**, v. 43, n. 9, p. 773–781, 2013.

POSNAKIDS, G. *et al.* High-Intensity Functional Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Neuromuscular Performance Without Inflammation or Muscle Damage. **Journal of Strength & Conditioning Research**, 2020.

PRITCHARD, H.; KEOGH, J.; WINWOOD, P. Tapering practices of elite CrossFit athletes. **International Journal of Sports Science and Coaching**, v. 15, n. 5–6, p. 753–761, 2020.

RAMÍREZ-VÉLEZ, R. *et al.* Effect of Moderate- Versus High-Intensity Interval Exercise Training on Heart Rate Variability Parameters in Inactive Latin-American Adults: A Randomized Clinical Trial. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2017.

ROTH, J. *et al.* Profiling inflammatory markers during the competitive season and post season in collegiate wrestlers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2017.

SCHLEGEL, Pter. CrossFit ® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training : A Systematic Review. **Journal of Sports Science and Medicine**, p. 670–680, 2020.

SCHMITZ, B. *et al.* Yo-Yo Intermittent Recovery Level 1 Test for Estimation of Peak Oxygen Uptake: Use Without Restriction? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1–10, 2020.

SMITH, M. *et al.* CrossFit-based high intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition: retraction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 7, p. 76, 2017.

SOLANA-TRAMUNT, M. *et al.* Heart Rate Variability in Elite Synchronized Swimmers. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 2018.

SPREY, J. *et al.* An Epidemiological Profile of CrossFit Athletes in Brazil. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 8, p. 1–8, 2016.

STUCKENSCHNEIDER, T. *et al.* Rating of perceived exertion – a valid method for monitoring light to vigorous exercise intensity in individuals with subjective and mild cognitive impairment ? v. 1391, 2019.

TIBANA, R. *et al.* Relação da força muscular com o desempenho no levantamento olímpico em praticantes de CrossFit®. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 11, n. 2, p. 84–88, 2016.

TIBANA, R.; SOUSA, N.; PRESTES, J. Quantificação da carga da sessão de treino do crossfit por meio da percepção subjetiva do esforço: Um estudo de caso e revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 25, n. 3, p. 5–13, 2017.

TIBANA, R. *et al.* Validity of Session Rating Perceived Exertion Method for Quantifying Internal Training Load during High-Intensity Functional Training. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 68, 2018a.

TIBANA, R. *et al.* Lactate, heart rate and rating of perceived exertion responses to shorter and longer duration crossfit® training sessions. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 3, n. 4, 2018b.

TIBANA, R. *et al.* Monitoring Training Load, Well-Being, Heart Rate Variability, and Competitive Performance of a Functional-Fitness Female Athlete: A Case Study. **Sports**, v. 7, n. 2, p.35, 2019.

TIMÓN, R. *et al.* 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts. **Biology of Sport**, v. 36, n. 3, p. 283–289, 2019.

UCHIDA, M. *et al.* Does the timing of measurement alter session-RPE in boxers? **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 13, n. 1, p. 59–65, 2014.

VANRENTERGHEM, J. *et al.* Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. **Sports Medicine**, v. 47, n. 11, p. 2135–2142, 2017.

VILLERIUS, V.; DUC, S.; GRAPPE, F. Physiological and neuromuscular responses of competitive cyclists during a simulated self-paced interval training session. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 9, p. 770–777, 2008.

WALLACE, L.; SLATTERY, K.; COUTTS, A. The ecological validity and application of the session-rpe method for quantifying training loads in swimming. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 33–38, 2009.

WEST, S. *et al.* More than a Metric : How Training Load is Used in Elite Sport for Athlete Management. **Journal of Sports Medicine**, 2021.

WILLIAMS, S. *et al.* Heart rate variability is a moderating factor in the workload-injury relationship of competitive crossfit™ athletes. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 16, n. 4, p. 443–449, 2017.

WILLIAMS, S. *et al.* Modelling the HRV response to training loads in elite rugby sevens players. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 17, n. 3, p. 402–408, 2018.

APÊNDICE A - PRÉ- TREINO

Atleta: _____ Data: _____

1.a) A que horas você adormeceu essa noite?

1.b) A que horas você acordou essa manhã?

2. Como você avalia a qualidade do seu sono?

Muito ruim	1
Ruim	2
Razoável	3
Bom	4
Muito bom	5

3. Como você está se sentindo agora?

6	
7	Quase nada recuperado
8	
9	Muito pouco recuperado
10	
11	Pouco recuperado
12	
13	Razoavelmente recuperado
14	
15	Bem recuperado
16	
17	Muito bem recuperado
18	
19	Extremamente bem recuperado
20	

4. Você está sentindo alguma dor?

_____ | _____ | Sim | _____ | Não

5. Se você marcou "sim", circule abaixo o(s) local(is) da(s) dor(es):

6. Se você marcou "sim", indique abaixo a intensidade da(s) dor(es) que está sentindo:

Sem dor

Pior Dor

7. Quantos por cento do seu potencial você acredita que pode desempenhar hoje? (dê uma nota

entre 0% e

100%) a)

APÊNDICE B - PÓS- TREINO

Data: _____ Hora: _____

1. Como foi o seu treino hoje?

0	Repouso
	Muito, muito
1	fácil
2	Fácil
3	Moderado
	Um
4	pouco difícil
5	Difícil
6	
7	Muito difícil
8	
9	
10	Máximo

2. Avalie o seu desempenho no treino

Muito ruim	1
Ruim	2
Razoável	3
Bom	4
Muito bom	5

3. Utilize o espaço abaixo para descrever / ponderar / comentar aspectos que acha relevante sobre esse treino.

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Prezado (a) participante,

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário (a) da pesquisa **“Monitoramento de carga interna e respostas físicas e fisiológicas ao treinamento de Crossfit®”** desenvolvida pela aluna de mestrado Luísa Freire da Silveira Castanheira, pós-graduanda em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Pará (UFPA), sob orientação do Profº. Drº. Victor Silveira Coswig. Asseguramos total sigilo nos dados coletados, que serão utilizados somente para fins de pesquisas e analisados de uma forma geral e não individual. Em caso de vazamento de informações pessoais, os pesquisadores se responsabilizam a indenizar todos os sujeitos que se sentirem lesados. Este documento tem a finalidade de firmar acordo escrito, para que você possa autorizar sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, podendo sair da pesquisa a qualquer momento, sem prejuízo algum.

Eu, _____
RG _____, CPF _____, Endereço _____, telefone(____) _____, email _____
Assino o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para participar como voluntário (a) do projeto de pesquisa, sob a responsabilidade da Universidade Federal do Pará.
Assinatura: ____ .

Ao assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que:

- 1) Estou ciente de que o objetivo da pesquisa é: descrever a carga interna de treino imposta a atletas de CrossFit® ao longo de três meses, e relacionar com indicadores de desempenho físico. Além de investigar o efeito do treinamento em indicadores de aptidão aeróbia.
- 2) Estou ciente de que os (as) participantes deverão responder um questionário diário, realizar coletas semanais de Salto Vertical, Variabilidade da Frequência Cardíaca, amostras sanguíneas e Teste Progressivo Máximo na AirBike.
- 3) Estou ciente de que existe um desconforto e risco mínimo quanto à divulgação de informações pessoais e desconfortos específicos dos procedimentos de avaliação, especialmente da coleta sanguínea. Os riscos deverão ser minimizados por ação dos pesquisadores.

- 4) Estou ciente de que a participação nesta pesquisa é voluntária e todos (as) terão os seus nomes e respostas resguardados sob rigoroso sigilo sendo identificados apenas por meio de siglas e os resultados obtidos serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho.
- 5) Obtive todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre a minha participação na referida pesquisa.
- 6) Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é feito em duas vias, sendo que uma permanecerá em meu poder e a outra com o pesquisador responsável.

Belém – PA, _____ de _____ de 2021.

Assinatura do Participante.

APÊNDICE D – TABELA DE DESCRIÇÃO DOS TREINOS

SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA	SÁBADO
RFT	AMRAP	RFT	N/A	AMRAP	AMRAP
EMOM	RTF	AMRAP	N/A	EMOM	RFT
AMRAP	N/A	RNFT	N/A	RNFT	N/A
RNFT	AERÓBICO / REMO	AMRAP	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	AMRAP	RFT
AMRAP	AERÓBICO / REMO	RFT	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	<i>OPEN</i>	RFT
<i>OPEN</i>	EMOM	RFT	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	AMRAP	RFT
AMRAP	EMOM	RFT	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	AMRAP	RFT
AMRAP	EMOM	EMOM	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	<i>OPEN</i>	RTF
<i>OPEN</i>	EMOM	RFT	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	<i>OPEN</i>	N/A
<i>OPEN</i>	EMOM	RFT	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	AMRAP	AMRAP
RFT	RNFT	RNFT	AERÓBICO BAIXA INTENSIDADE	AMRAP	AMRAP

AMRAP

RNFT

AMRAP

AERÓBICO
BAIXA
INTENSIDADE

RFT

RFT

ANEXO A – ESCALA DE BORG

Classificação	Descritor
0	Repouso
1	Muito, Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Monitoramento de carga externa e interna de treinamento para entender fadiga e desempenho de atletas: O caso do CrossFit®

Pesquisador: Luísa Castanheira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 26392419.9.0000.0018

Instituição Proponente: Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará - ICS/ UFPA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.136.386

Apresentação do Projeto:

O CrossFit® é um programa de treinamento que vem ganhando visibilidade e reconhecimento pela população fisicamente ativa em formas competitivas e não competitivas, sendo caracterizado pela realização de exercícios funcionais e esportivos, otimizando o condicionamento físico com limitado tempo de recuperação. O monitoramento da carga de treinamento pode proporcionar uma explicação científica para mudanças no desempenho de atletas dessa modalidade. Dito isto, o objetivo desta pesquisa é monitorar a carga interna e externa imposta a atletas de CrossFit® e relacionar indicadores de fadiga acumulada com indicadores de desempenho físico e esportivo em período competitivo. Para tanto, serão avaliados atletas competidores de CrossFit® de forma diária, semanal e pós competição. Os instrumentos utilizados serão um caderno de medidas subjetivas e perceptivas a respeito de sensações de dor, recuperação, qualidade de sono e provável desempenho, salto vertical, variabilidade da frequência cardíaca, teste progressivo máximo na AirBike e medidas sanguíneas. Em relação à comunidade e ao meio científico, este trabalho será

benéfico, pois irá avaliar melhor o desempenho de atletas de CrossFit®, logo, permitirá ao treinador aperfeiçoar o monitoramento e prescrição dos treinos, resultando em uma potencial melhoria de desempenho dos atletas participantes.

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá ,UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ**



Continuação do Parecer: 4.136.385

Recomendações:

1 - A pesquisadora responsável deve inserir no TCLE o endereço e contatos deste CEPICS/UFPA.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Devendo a pesquisadora responsável atender as recomendações constantes neste parecer.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB INFORMações BÁSICAS DO PROJETO 1471561.pdf	18/06/2020 17:01:25		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AceiteVINCIT.pdf	18/06/2020 17:01:10	Luisa Castanheira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AceiteIEC.pdf	18/06/2020 16:54:32	Luisa Castanheira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermodecompromissodoPesquisador.pdf	18/06/2020 16:44:59	Luisa Castanheira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	18/06/2020 16:43:42	Luisa Castanheira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	modelocep.docx	22/11/2019 22:31:52	Luisa Castanheira	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	22/11/2019 22:28:15	Luisa Castanheira	Aceito
Outros	TermodeAceitedoOrientador.pdf	13/11/2019 15:31:02	Luisa Castanheira	Aceito
Outros	CartadeEncaminhamento.pdf	13/11/2019 15:30:38	Luisa Castanheira	Aceito
Orçamento	Declaracaodeisencaodeonus.pdf	13/11/2019 15:29:04	Luisa Castanheira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepics@ufpa.br