



**UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU**

**RENATO GOUVEIA BORGONOVE**

**EFEITOS AGUDOS DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO E DOS  
EXERCÍCIOS DE PLIOMETRIA NO DESEMPENHO DE CORREDORES DE 5 KM**

**São Paulo**

**2023**

**RENATO GOUVEIA BORGONOVE**

**EFEITOS AGUDOS DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO E DOS  
EXERCÍCIOS DE PLIOMETRIA NO DESEMPENHO DE CORREDORES DE 5 KM**

**Dissertação apresentada ao Curso de pós-graduação stricto sensu em Educação Física da Universidade São Judas Tadeu como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação Física.**

**Área de concentração: Escola, Esporte, Atividade Física e Saúde**

**Linha de pesquisa: Fenômeno esportivo**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ÉRICO CHAGAS CAPERUTO**

**COORIENTADOR: PROF. DR. GILBERTO CANDIDO LAURENTINO**

**São Paulo**

**2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca  
da Universidade São Judas Tadeu**

Bibliotecária: MARIETA RODRIGUES BRECHT - CRB  
8/10354

R394e                   Borgonove, Renato Gouveia.  
Efeitos Agudos do Pré-condicionamento Isquêmico e dos Exercícios  
de Pliometria no desempenho de corredores de 5km/ Renato Gouveia  
Borgonove. - São Paulo, 2023.  
f. 53: il.; 30 cm.

Orientador: Érico Chagas Caperuto.  
Dissertação (mestrado) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo,  
2023.

1. Corrida. 2. Atividade Física. 3. Condicionamento. I. Caperuto,  
Érico Chagas. II. Universidade São Judas Tadeu, Programa de Pós-Graduação  
Stricto Sensu em Educação Física. III. Título.

CDD 22 – 796

**RENATO GOUVEIA BORGONOVE**

**EFEITOS AGUDOS DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO E DOS  
EXERCÍCIOS DE PLIOMETRIA NO DESEMPENHO DE CORREDORES DE 5 KM**

Esta Dissertação foi julgada adequada à obtenção do título de Mestre em Educação Física e aprovada em sua forma final pelo Curso de pós-graduação stricto sensu em Educação Física da Universidade São Judas Tadeu.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.  
Local                      dia                      mês                      ano

---

**Prof. e orientador Érico Chagas Caperuto, Dr.**

**Universidade São Judas Tadeu**

---

**Prof. e coorientador Gilberto Candido Laurentino, Dr.**

**Universidade São Judas Tadeu**

---

**Prof. Aylton Figueira Junior, Dr.**

**Universidade São Judas Tadeu**

---

**Prof. Éverton Crivói do Carmo, Dr.**

**Centro Universitário SENAC**

A minha família que dedica parte de suas vidas  
na minha trajetória.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a minha avó (*in memoriam*), minha mãe, meus irmãos Wilson e Thays e aos meus cunhados Carla e Hans que, cada um ao seu modo, estiveram presente em todos este processo, entendendo cada uma das minhas dificuldades, momentos de angústia e que contibuiram diretamente para que eu conseguisse concluir mais esta etapa da minha vida.

Agradeço ao Professor Emerson Soave, que foi uma das pessoas que me mostrou o prazer pela corrida e pela atividade física. De forma extremamente humilde e motivadora me fez acreditar que poderia ser capaz de cada vez ~~ir mais e~~ mais longe e aqui estar.

A Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU), que durante 4 anos me ensinou o que é ensinar. Agradeço a cada um dos professores maravilhos que tive o prazer e a honra de ser aluno e, em especial, ao Professor Dr. Lucas Tavares, que além de um eterno mestre, passou a ser um grande amigo o qual jamais serei capaz de retribuir a cada ensinamento. Obrigado é pouco para você, eu sou seu fã!!!

Aos amigos do Grupo de Estudo e Pesquisa em Restrição do Fluxo Sanguíneo e Exercício (GEPRFSE), os quais estiveram de perto acompanhando cada momento dos últimos 3 anos de luta e correria, meu muito obrigado.

Agradeço também a cada um dos voluntários da minha pesquisa, pois, sem a dedicação de cada um deles, jamais teria conseguido chegar até aqui.

Por fim, e não menos importante, ao meu orientado Professor Dr. Gilberto Candido Laurentino que esteve presente até o ultimo segundo. Durante todo o meu processo de mestrado, como muitos, passei por momentos difícieis, vontade de largar tudo e pensei em desistir de tudo por varias vezes, mas ele esteve sempre presente me fazendo acreditar que o momento de cada um chega, fazendo o que precisa ser feito, Então, este é o resultado de todo este processo de aprendizado imenso a seu lado. Muito obrigado por cada conversa, por ter se tornado mais que um professor, um grande amigo que seguirá inesquecivelmente para a vida.

No mais, agradeço a todos que de alguma forma, estiveram ou se fizeram presentes em toda esta jornada.

Muito obrigado a todos.

## RESUMO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) consiste em breves períodos de isquemia intercalados com períodos de reperfusão que tem sido utilizado para melhora das capacidades aeróbia e anaeróbia. A melhora do desempenho no teste contrarrelógio de 5 km em resposta ao PCI pode estar associada ao aumento da vasodilatação, menor depleção de ATP, glicogênio muscular e maior tolerância a acidose metabólica. Em adição, o treinamento pliométrico (PLIO) tem sido proposto como uma estratégia efetiva na melhora do desempenho em atletas de resistência, sendo que os mecanismos envolvidos podem estar associados a maior ativação neuromuscular, o uso de energia elástica favorecida pelo ciclo alongamento encurtamento e a rigidez músculo-tendão. Desta forma, as técnicas de PCI e da PLIO de forma isolada seriam efetivas para induzir respostas positivas na melhoria do desempenho de corredores de 5 km. Entretanto, nenhum estudo até o presente momento testou a combinação dos métodos de PCI e PLIO sobre o desempenho agudo em corredores de 5 km. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos agudos do PCI associado a PLIO sobre o desempenho na corrida de 5 km. Dezesete corredores de 5 km com experiência de pelo menos 1 ano participaram do estudo e foram submetidos à um desenho experimental cruzado randomizado, realizado nas seguintes condições: 1) placebo + corrida de 5 km contrarrelógio (PLA); 2) pré-condicionamento isquêmico + corrida de 5 km contrarrelógio (PCI); 3) exercícios de pliométria + corrida de 5 km contrarrelógio (PLIO); e 4) PCI associado à PLIO + corrida de 5 km contrarrelógio (PCI + PLIO). Nas condições PLA e PCI foram realizados 4 ciclos de 5 min de isquemia por 3 min de reperfusão, com 20 mmHg e 20 mmHg acima da pressão de oclusão, respectivamente. Na condição PLIO os participantes realizaram 2 séries de 8 repetições de agachamento com salto, afundo com salto e afundo alternado com um minuto de intervalo entre as séries. Na condição PCI + PLIO foi associado na sequencia ambos os protocolos anteriormente citados. O teste contrarrelógio de 5 km (CR5) foi realizado imediatamente após a aplicação dos protocolos de intervenção. O tempo contrarrelógio de 5 km, a frequência cardíaca (FC) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) foram coletados após os protocolos experimentais. A Anova de dois caminhos foi usada para a análise estatística das variáveis dependentes, com nível de significância estabelecido em  $p < 0,05$ . Os resultados do estudo mostraram que não houve diferença significativa no tempo do CR5, bem como, a cada km percorrido e na FC entre os protocolos comparado à condição controle ( $p > 0,05$ ). A PSE foi ligeiramente superior nas condições PLIO e PCI, respectivamente, embora não tenha sido observado diferença significativa entre os protocolos ( $P > 0,05$ ).

Palavras-Chave: Aeróbio, Ciclo alongamento-encurtamento, Isquemia-reperfusão.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 : Fases do ciclo alongamento encurtamento (CAE) .....	21
FIGURA 2: Desenho experimental.....	25
FIGURA 3: Determinação da pressão de oclusão. ....	26
FIGURA 4: Relógio Garmin Forerunner 745.....	27
FIGURA 5: Monitor cardíaco peitoral Garmin HPM-PRO.....	28
FIGURA 6: Aplicação do PCI na condição Placebo.....	29
FIGURA 7: Aplicação do PCI com 20 mmHg acima da pressão de oclusão.....	30
FIGURA 8 : Exercícios de Pliometria – Agachamento com salto.....	31
FIGURA 9 : Exercícios de Pliometria – Afundo com salto.....	32
FIGURA 10: Delta variação entre a condição pré e intervenções.....	35
FIGURA 11: Delta variação entre a condição Km a Km.....	37
FIGURA 12: Delta variação da frequência cardíaca da condição pré e intervenções.....	38

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Ciclos de PCI na condição PLACEBO.....	29
TABELA 2: Ciclo de PCI – 20 mmHg acima da pressão de oclusão.....	30
TABELA 3 : Exercícios de pliometria.....	31
TABELA 4 : Aplicação de PCI com 20 mmHg acima da pressão de oclusão e exercícios de pliometria.....	32
TABELA 5: Resultados da ANOVA de 2 caminhos - Valores apresentados em média e desvio padrão (DPmin/s).....	34
TABELA 6: Resultados da ANOVA de 2 caminhos para voluntários responsivos - Valores apresentados em média e desvio padrão (min/s).....	35
TABELA 7: Escore Z – participante x intervenção.....	36
TABELA 8: Delta Variação entre as intervenções Km a Km.....	37
TABELA 9: PSE – Média e desvio padrão.....	39
TABELA 10: Avaliação de percepção de esforço dos participantes por intervenção.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS

CAE	Ciclo alongamento encurtamento
CR5	Contrarrelógio de 5 Km
FC	Frequência cardíaca
GPS	Global position system
H <sub>0</sub>	Hipótese nula
IA	Imediatamente após
PPA	Potencialização pós ativação
PAR-Q	Physical Activity Readiness Questionnaire
PCI	Pré-condicionamento isquêmico
PCI+PLIO	Pré-condicionamento isquêmico + pliometria
PLA	Placebo
PLIO	Pliometria
POCL	Pressão de oclusão do fluxo sanguíneo
PSE	Percepção subjetiva de esforço
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
VO <sub>2max</sub>	Consumo máximo de oxigênio

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	OBJETIVOS .....	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	JUSTIFICATIVA.....	16
4	HIPÓTESE.....	17
5	REVISÃO DE LITERATURA. ....	17
5.1	PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO NO DESEMPENHO DE CORREDORES.....	17
5.2	EXERCÍCIO PLIOMÉTRICO E DESEMPENHO NO DESEMPENHO DE CORREDORES.....	19
5.3	ASPECTOS PSICOFISIOLÓGICOS – ESFORÇO.....	22
6	MATERIAIS E MÉTODOS .....	23
6.1	AMOSTRA DO ESTUDO.....	23
6.2	DESENHO EXPERIMENTAL DO ESTUDO.....	24
6.3	DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO.....	26
6.4	TESTE DE CORRIDA CONTRRRELÓGIO 5KM.....	26
6.5	FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	27
6.6	PROTOCOLOS DE INTERVENÇÃO.....	28
6.7	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO.....	33
7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
8	RESULTADOS.....	33
8.1	DESEMPENHO DA CORRIDA – 5 km.....	34
8.2	SCORE Z.....	36
8.3	DESEMPENHO DE CORRIDA – KM A KM.....	37
8.4	FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	38
8.5	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE).....	38
9	DISCUSSÃO.....	40

10	LIMITAÇÕES.....	45
11	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXOS.....	52

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento do desempenho de corredores de endurance requer a sinergia de vários fatores, dentre eles, a elevada capacidade de captar e fornecer oxigênio para a execução do trabalho muscular e a capacidade de manter o alto percentual do consumo máximo de oxigênio ( $VO_2max$ ) por longos períodos de tempo (FOSTER; LUCIA, 2007). Destaca-se também nas provas de endurance a importância da função neuromuscular, seja ela, da ativação muscular voluntária e reflexa, da força e da elasticidade muscular como meios para a manutenção de força e velocidade durante a prova (DAVIES; RIEMANN; MANSKE, 2015; PAAVOLAINEN et al., 1999). Outrossim, o desempenho de corredores de endurance requer o alto fornecimento de oxigênio nas células musculares para suportar o aumento da acidose metabólica (ex., lactato), que pode reduzir a fadiga durante as provas (SAUNDERS et al., 2004, FUJITA et al., 2007, GIBSON et al., 2013).

Em geral, o  $VO_2max$  é considerado um importante preditor de desempenho em atletas de longas distâncias e, seu aumento, é dependente de fatores como a capilarização muscular, a quantidade de hemoglobina no sangue e enzimas aeróbias, o volume sistólico, os tipos de fibras que compõem o tecido muscular e a força muscular (TAYLOR; INGHAM; FERGUSON, 2016). Além disso, atletas de endurance necessitam manter velocidade alta durante todo o percurso, as quais são dependentes não somente do sistema de fornecimento de energia, mas também das adaptações neuromusculares relacionadas a ativação muscular, decorrente do aumento do padrão de recrutamento de unidades motoras, bem como dos componentes elásticos musculares e da resposta das estruturas músculo-tendão. Estes fatores podem favorecer a transmissão de força muscular como forma de controle da intensidade durante a prova e controle da fadiga muscular (DO CARMO, et al., 2022).

Ainda que o  $VO_2max$  seja considerado um importante preditor para avaliar o desempenho de corredores de endurance dado por adaptações crônicas derivadas de longos períodos de treino, as respostas fisiológicas agudas de marcadores de desempenho podem potencializar importantes mecanismos metabólicos e neuromusculares que favorecem a condição do corredor na melhora desempenho e redução da fadiga (BARRETO et al., 2023; BOULLOSA, 2021). A potencialização pós

ativação (PPA) definida por Tilin e Bishop (2009) como uma potencialização aguda no desempenho muscular voluntário através de uma atividade condicionante voluntária anterior que acontece pela fosforilação de cadeias leves reguladoras da miosina (SEITZ; HAFF, 2016), transferência de fluidos para o músculo durante a atividade (BARRETO et al., 2023) e aumento da ativação muscular (WILSON et al., 2013). O PPA sendo considerado um protocolo de aquecimento pode gerar respostas fisiológicas positivas com o aumento da temperatura corporal, respostas neuromusculares e cárdiometabólicas (BOULLOSA, 2021), influenciadas por variáveis como a experiência na atividade física condicionante, períodos de descanso e volume/intensidade da atividade (WILSON et al., 2013). As respostas agudas perseguidas podem sofrer efeitos potencializadores diferentes dependendo da modulação das variáveis das atividades condicionantes anteriores (CHAOUACHI et al., 2011).

Com isso, a melhora agudamente do desempenho requer explorar estratégias através de protocolos que possam aumentar a potencialização muscular e mitigar ou atenuar os efeitos da fadiga. Neste contexto, o pré-condicionamento isquêmico (PCI)(DOMA et al., 2020; PAULL; VAN GUILDER, 2019) e os exercícios de pliometria são estratégias de intervenção que vem sendo usadas como estratégia de PPA sendo que seus efeitos advêm de respostas agudas metabólicas e neuromusculares de corredores(WEI et al., 2020; BARRETO et al., 2023). Primeiramente, o PCI consiste na aplicação de ciclos repetidos de isquemia local seguidos por períodos de reperfusão e foi inicialmente desenvolvido como estratégia para proteger órgãos e tecidos contra lesões por isquemia (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986). Murry et al. (1986) mostraram que área induzida por infarto em animais foi reduzida em 25% após a exposição ao PCI.

Um dos possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos na melhora do desempenho com a aplicação do PCI pode estar relacionado ao aumento do fluxo sanguíneo muscular e a vasodilatação causados pela hiperemia reativa pós oclusão (BAILEY et al., 2012). Ainda nesta direção, o PCI pode favorecer a magnitude de redução da depleção de ATP e do glicogênio muscular (LINTZ, 2013). Os benefícios do PCI no desempenho de provas de resistência já foram relatados (BAILEY et al., 2012; FOSTER; LUCIA, 2007), inclusive quanto aos efeitos hemodinâmicos sobre a

pressão arterial (PANZA et al., 2020) que pôde ser medido pela fosforização da enzima óxido nítrico sintase liberada na corrente sanguínea, causando a vasodilatação (LI et al., 2012), aumento no fluxo sanguíneo (BAILEY et al., 2012) e aumento da atividade parassimpática (ENKO et al., 2011).

O treinamento pliométrico (PLIO) tem se apresentado como uma proposta interessante para a melhoria do desempenho em atletas de resistência aeróbia (SAUNDERS et al., 2004). O PLIO envolve a aplicação de movimentos excêntricos rápidos seguido por um movimento explosivo na fase concêntrica do movimento, sendo evidenciado o aproveitamento da energia elástica do músculo através do ciclo alongamento-encurtamento (LUM et al., 2019). Além disso, tem sido sugerido que o aumento no padrão de recrutamento de unidades motoras durante o PLIO favorece o aumento da ativação muscular que, somado ao componente elástico muscular, pode contribuir para a transmissão de força para a estrutura musculo-tendão e resultar na melhora no desempenho (SPURRS et. al 2003). A rigidez do tendão induzida pelo PLIO foi apontada como um dos fatores para o aumento de 20% no desempenho de corredores quando comparado ao grupo controle (WEI et. al 2020). Este estudo mostrou que as respostas neurais agudas induzidas pelo PLIO podem favorecer a pré-ativação muscular que leva ao incremento de unidade motoras, favorecendo a produção de energia elástica na fase concêntrica e melhora do desempenho em provas de resistência aeróbia. Corroborando com os resultados dos estudos anteriores, Blagoreve et al. (2018) reportaram o aumento de 3,7% na economia de corrida em resposta à única uma sessão aguda de PLIO.

Os estudos anteriores destacaram que as estratégias de PCI e do PLIO proporcionaram diferentes respostas fisiológicas agudas isoladas que podem impactar positivamente o desempenho de atividades de resistência aeróbia. Por exemplo, o PCI pode proporcionar alterações metabólicas no aporte de oxigênio, na vasodilatação, atenuação do aumento do lactato sanguíneo e na redução na depleção de substratos energéticos durante a realização dos exercícios (PAULL; VAN GUILDER, 2019) . Por outro lado, o PLIO pode alterar a resposta reflexa da estrutura musculo tendão, pela ativação muscular somada com os componentes elásticos do músculo, as quais podem servir como atividade pós condicionante ao desempenho de corridas de resistência. No entanto, até o presente momento, não é de nosso

conhecimento se a soma de estímulos agudos destas duas estratégias de treinamento se sobrepõe ao uso das estratégias de forma isolada em atletas de corridas de resistência aeróbia.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Verificar os efeitos agudos do pré-condicionamento isquêmico associado ou não aos exercícios pliométricos sobre o desempenho da corrida de 5 km.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Investigar os efeitos agudos do pré-condicionamento isquêmico e dos exercícios pliométricos de forma isolada ou combinada sobre:

- 1) O desempenho no teste contrarrelógio de 5 km;
- 2) A frequência cardíaca durante o teste de contrarrelógio de 5 km;
- 3) A percepção subjetiva de esforço durante o teste de contrarrelógio de 5 km.

## **3. JUSTIFICATIVA**

A literatura apresenta resultados positivos sobre os efeitos dos métodos de pré-condicionamento isquêmico e pliometria sobre o desempenho aeróbio agudo quando aplicados de forma isolada. No entanto, não sabemos se as respostas agudas induzidas por ambos os modelos combinados serão aditivas sobre o desempenho aeróbio de corredores de 5 km.

#### **4. HIPOTÉSES**

A primeira hipótese do presente estudo é que o pré-condicionamento isquêmico associado aos exercícios pliométricos induzirá maior aumento do desempenho na corrida de 5 km comparada às técnicas de forma isolada, rejeitando assim, a hipótese nula ( $H_0$ ) do estudo. A segunda hipótese do estudo é que o desempenho na corrida de 5 km será semelhante entre os protocolos de intervenção, dessa forma, considerando a hipótese nula ( $H_0$ ).

#### **5. REVISÃO DE LITERATURA**

Nesta revisão de literatura serão abordados os tópicos referentes aos determinantes do desempenho aeróbio, as características e aplicações do pré-condicionamento isquêmico e do treinamento pliométrico, bem como os resultados de estudos de ambos os métodos de treinamento sobre o desempenho aeróbio.

##### **5.1 PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO NO DESEMPENHO DE CORREDORES**

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) consiste em ciclos repetidos de oclusão do fluxo sanguíneo seguido por períodos de reperfusão nos membros superiores e/ou inferiores. O PCI surgiu como uma estratégia para proteger órgãos e tecidos contra lesões por isquemia promovendo efeitos cardioprotetores e neuroprotetores contra infartos (Murry et al., 1986). No estudo conduzido por Murry e colaboradores foi observado que área do miocárdio de animais após indução do infarto pela isquemia foi reduzida em 25% após a exposição ao PCI. Quando reportamos os efeitos do PCI no desempenho aeróbio, destacamos o estudo por Bailey et al. (2012) mostrou efeitos agudos positivos do PCI sobre o desempenho do teste de corrida contrarrelógio de 5 km, com a redução de 34s no tempo de corrida e

menor acúmulo de lactato comparado com à condição controle. Desta forma, é possível que após a realização dos ciclos de PCI um aporte favorável de oxigênio pode contribuir positivamente na redução no acúmulo de lactato sanguíneo viabilizando a melhora do desempenho na corrida. Embora os efeitos positivos do PCI sobre o desempenho aeróbio tenham sido destacados na literatura, há controvérsia de resultado sobre sua eficácia. Por exemplo, Gibson et. al (2015) mostraram a ausência de efeito do PCI sobre o desempenho em “sprints” repetidos e na potência pico. Ainda na mesma esteira, o Estudo de Gibson et al., (2013) que analisou sprints de curta duração em corredores não fadigados e percebeu que, ainda que não tenha identificado diferenças significativas entre PCI e a condição placebo, relatou diferenças nas respostas individuais que podem ser estudadas mais profundamente. No entanto, como destacado no estudo anterior, o PCI induziu níveis mais baixos de lactato sanguíneo após o PCI comparado a condição controle. Alguns estudos sugerem que a divergência de resultados a favor ou contra os efeitos do PCI pode residir sobre o estado de treinamento dos avaliados (CARU et al., 2019), sugerindo-se que os efeitos são maiores em indivíduos não treinados.

Os possíveis mecanismos do PCI sobre o aumento no desempenho aeróbio agudo podem ser atribuído ao aumento da vasodilatação, a maior oferta de  $O_2$  e cinética de desoxigenação nos capilares do músculo (O'BRIEN; JACOBS, 2021), isso porque, a hiperemia reativa instalada em resposta a isquemia induzida pelo PCI aumenta o calibre nos vasos sanguíneos permitindo a reperfusão no tecido carente de  $O_2$ , corrigindo a sinalização da isquemia e a redução da resistência na microvasculatura (TONG et al., 2019). Outros mecanismos atrelados ao PCI no desempenho aeróbio podem ser atribuídos, às respostas metabólicas, pela redução no acúmulo de lactato na corrente sanguínea, menor depleção de glicogênio muscular induzindo alteração da eficiência oxidativa e utilização de substrato no músculo ativo (O'BRIEN; JACOBS, 2022).

O pré-condicionamento isquêmico pode atuar também na modulação autonômica cardíaca, a qual foi observado a redução da frequência cardíaca após os ciclos de PCI e aumento da atividade parassimpática, com consequente redução das concentrações de adrenalina e noradrenalina 30 min após sua aplicação (ENKO et al., 2012). Desta forma, somados os efeitos do PCI sobre diferentes sistemas

fisiológicos, é plausível aceitar que o desempenho aeróbio possa ser afetado diretamente por esta estratégia de intervenção.

Não há um consenso na literatura quanto os efeitos ergogênicos do pré-condicionamento isquêmico devido as variações na sua aplicação quanto aos tipos e medidas de manguitos utilizados, pressões de oclusão e variações distintas de tempo e quantidade de ciclos de isquemia e reperfusão. O'Brien e Jacobs (2021) identificaram em uma revisão sistemática com mais de 60 estudos, que os ciclos de isquemia variaram entre 1 a 8, com tempo de oclusão entre 2 a 10 minutos, sendo que, a maioria dos estudos encontrados utilizam de 3 (42%) a 4 (47%) ciclos de isquemia, sem dados definidos para o tempo de reperfusão. Outro ponto que permeia a divergência na aplicabilidade do PCI trata-se da pressão aplicada para a restrição (MAROCOLO et. al, 2015) ou seja, se valendo da restrição do fluxo sanguíneo através de uma pressão fixa, independente das características do indivíduo afim de minimizar possíveis riscos, com valores de pressão considerada acima do necessário (O'BRIEN; JACOBS, 2021). Além disso, a divergência na variabilidade de tempo que os efeitos do PCI pode gerar sobre o desempenho, com o maior efeito ocorrendo logo após a aplicação da oclusão.

## **5.2 EXERCÍCIO PLIOMÉTRICO NO DESEMPENHO DE CORREDORES**

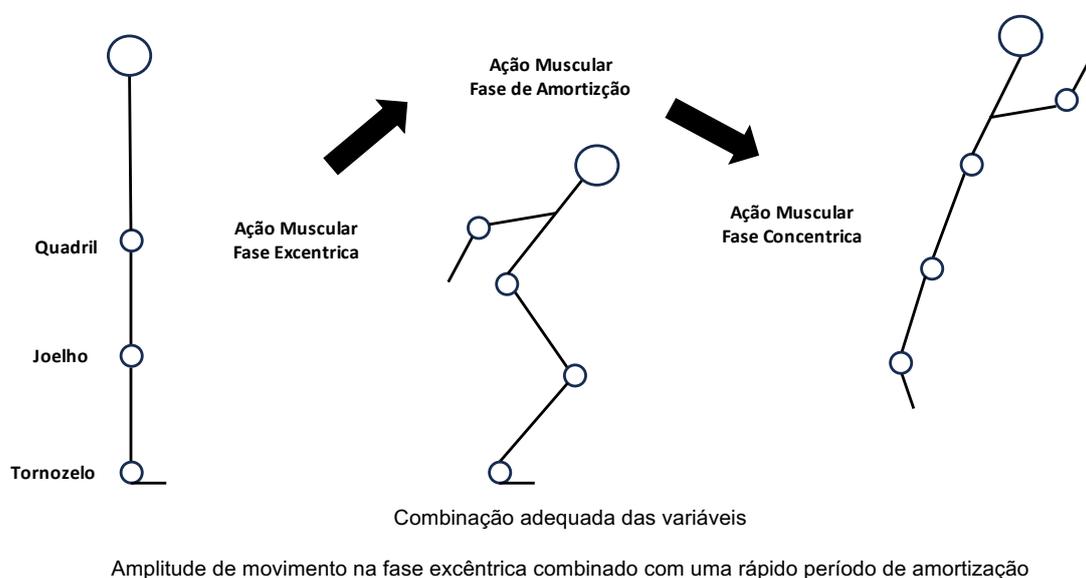
A pliometria (PLIO) é uma estratégia de treino que vem sendo utilizada para melhora do desempenho em diversas modalidades esportivas (GIOVANELLI et al., 2017). A PLIO é utilizada com movimentos balísticos objetivando ativar e desenvolver a força rápida muscular (LUM et al., 2019), por meio do efeito de potencialização pós ativação (PPA) (WEI et al., 2020).. O PPA pode aumentar de forma aguda a potência muscular e, conseqüentemente, o desempenho de uma tarefa posterior (BOULLOSA; TUIMIL, 2009).

A PLIO consiste em ciclos rápidos de alongamento (fase excêntrica) seguido pelo encurtamento muscular (fase concêntrica) (LUM et al., 2019; VILARREAL et al. 2009) também descrito na literatura como ciclo alongamento-encurtamento

(CAE)(LUM et al., 2019; WEI et al., 2020). Dentre os movimentos usados na PLIO, incluem os saltos contra movimento, saltos com quedas e agachamento com salto, que basicamente fazem parte da maioria dos movimentos naturais de inúmeras modalidades esportivas (VILARREAL et al. 2009), que podem ser combinados com demais programas de treinamento, variando os níveis de intensidade e a formas de execução [ex. unilateral e bilateral] (VILARREAL et al. 2009). A estratégia de PLIO pode contribuir para a melhora da capacidade aeróbia e da velocidade máxima (LI et al., 2019), bem como retardar os efeitos da fadiga sobre o sistema muscular (STOREN et al., 2008)

O CAE é composto por três fases: a fase excêntrica, em que ocorre o alongamento muscular e ativação dos fusos musculares, elementos não contráteis do músculo e os componentes elásticos, seguido pela fase de amortização do movimento (fase intermediária) e por fim ocorre a resposta neuromuscular e que impulsiona o aumento da contração concêntrica tendo neste tempo o fim do trabalho negativo muscular para acelerar a produção de força contrátil na fase seguinte do movimento final. Cumpre destacar que quanto mais rápida for esta fase mais poderoso será o movimento seguinte potencializando a utilização da energia elástica armazenada (DAVIES; RIEMANN; MANSKE, 2015). Desta forma, a resposta reflexa do CAE inclui a pré ativação neuromuscular, o alongamento muscular reflexo e o aumento da energia elástica estocada no conjunto músculo-tendão, sugerindo que a força produzida após a fase de alongamento (excêntrica) seja maior que durante a fase de encurtamento (concêntrica)(WEI et al., 2020), conforme observado na figura 1.(WEI et al., 2020):

FIGURA 1 : Fases do ciclo alongamento encurtamento (CAE)



Fonte: elaboração do autor, 2023.

A exposição do músculo esquelético ao CAE proposto na estratégia da PLIO, ativa os componentes elásticos no sarcômero, em especial a proteína titina (SEIBERL et al., 2021) e a curva comprimento-tensão da unidade músculo esquelética para gerar maior tensão e produção de força das fibras musculares. Com isso, as fases iniciais são cruciais para o desenvolvimento de força, uma vez que a fase concêntrica é que de fato gera menor produção de força (WEI et al., 2020).

Estudos têm demonstrado o aumento no desempenho em modalidades aeróbicas com a utilização da pliometria como estratégia de treinamento, entretanto, a magnitude de resposta pode diferir de acordo com as características individuais, idade, sexo, nível de treinabilidade, familiaridade com o treino pliométrico (SAÉ et al., 2009), bem como, pela modulação das variáveis de intensidade, volume e pausa, a fim de se evitar a dor muscular tardia e fadiga excessiva.

Indubitavelmente, o controle da potência e da velocidade é regulado pelo corredor durante o percurso da prova (MOORE et al., 2019). Com isso, a maior efetividade muscular com a redução de consumo de energia podem aumentar o tempo

que o corredor se mantém em alta velocidade (DO CARMO, et al., 2022). Desta forma, estratégias de treinamento que proporcionam adaptações fisiológicas musculares e nas estruturas músculo tendínea podem contribuir para a melhoria do desempenho da corrida em indivíduos treinados e não-treinados.

A PPA aguda induzida pelo treinamento pliometrico resultou no menor aumento no acúmulo de lactato, aumento de 9,1% na economia de corrida e 20% na rigidez do tendão que foram relacionados a melhora do desempenho da corrida, em estudantes universitários sem experiência em corrida (WEI et al., 2020).

Por outro lado, a revisão sistemática realizada por Eihara et al., (2022) que utilizou 22 estudos para analisar economia de corrida e desempenho no teste contrarreloógio, concluiu que os treinos com cargas quase máximas quando utilizadas em conjunto com o treinamento de corrida são mais eficazes do que os treinos de pliometria.

Com isso, a capacidade de armazenar e liberar energia elástica, o aumento na rigidez do tendão induzidos pelo treinamento pliométrico, podem favorecer o aumento na eficiência mecânica com um menor gasto energético (SAUNDERS et al., 2004).

### **5.3 ASPECTOS PSICOFISIOLÓGICOS – PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO**

O desempenho na corrida depende também de fatores psicofisiológicos, os quais envolve a tomada de decisão que o corredor precisa fazer durante a prova, posto que, as condições fisiológicas sinalizam o sistema nervoso central quanto a disponibilidade física que o sujeito se encontra possibilitando a regulação e o comportamento da corrida (DO CARMO et al., 2021).

A percepção subjetiva do esforço (PSE), que denota o nível estresse fisiológico percebido pelo corredor é influenciada por fatores psicológicos durante o atividade de intensidade moderada e intensa (ROBERTSON et al., 1997). O sinais de esforço decorrentes dos sistemas cardiorrespiratório, metabólico e musculoesquelético atuam

na regulação da intensidade do trabalho e com a aderência a atividade física exercida (FAULKNER et. al, 2008).

A PSE é uma ferramenta válida para monitorar a intensidade do exercício e carga interna. No estudo conduzido por Wei et al., (2020) que avaliou a PSE dos corredores submetidos a exercícios de pliometria, não se identificou diferenças significativas quanto a percepção de esforço, e, ainda na mesma esteira, o Estudo de Bailey et al., (2012), que avaliou a PSE no teste incremental de corredores que utilizaram o PCI, identificou um aumento ao longo dos estágios incrementais, porém, o aumento se deu de forma semelhante a condição controle.

A percepção de esforço é uma variável psicofisiológicas que pode influenciar o desempenho do atleta e um *feedback*, que pode resultar em uma melhora na intensidade da atividade e controle no treinamento (DO CARMO et al., 2021).

## **6. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **6.1 AMOSTRA DO ESTUDO**

Inicialmente a amostra do estudo foi composta por vinte e três corredores de 5 km que se mostraram elegíveis para o estudo após cumprirem todos os critérios de inclusão e exclusão, que seguem: ter experiência com corrida de fundo, porém, que não fossem atletas de alta performance ou profissionais da área, , idade entre 18 a 45 anos, praticante da modalidade a pelo menos um ano, com frequência de treinamento de pelo menos 3 vezes por semana e distância percorrida superior a 15 km/semana, sem experiência com treinos de pliometria e o tempo de contrarrelógio para 5 km  $\leq$ 30 minutos. Como critérios de exclusão ficou determinado que o participante não apresentasse algum tipo de lesão de membros inferiores que tenha gerado o afastamento dos treinos por pelo menos 15 dias nos últimos 6 meses, possuir alguma doença cardíaca, metabólica ou osteoarticular, fazer uso de substâncias ergogênicas ou medicamentos de uso contínuo e ser fumante.

O tamanho da amostra para os protocolos experimentais foi estimado em 18 voluntários, calculados pelo programa G\* power - versão 3.1.9.6, assumindo um tamanho de efeito = 0,5, erro  $\alpha$  = 0,05, poder de 95% ( $1-\beta$  err = 0,95). Dezesete corredores com  $30,9 \pm 9,5$  anos,  $70,5 \pm 8,4$  kg,  $173,5 \pm 8,5$  cm e que percorreram a distância de 5 km entre  $22:21 \pm 2,0$  min completaram o estudo. Um deles não tinha a idade minha requerida, e outros cinco corredores não completaram todos os protocolos de intervenção por motivos alheios a pesquisa.

Todos os participantes foram informados detalhadamente sobre a forma de condução da pesquisa, protocolos de intervenção, objetivos, riscos e benefícios da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) que foi elaborado de forma clara e objetiva, com linguagem de fácil entendimento e com as informações necessárias para compreensão da pesquisa a que se propuseram a participar. O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade São Judas Tadeu, e aprovado sob número 5.685.164.

## **6.2 DESENHO EXPERIMENTAL DO ESTUDO**

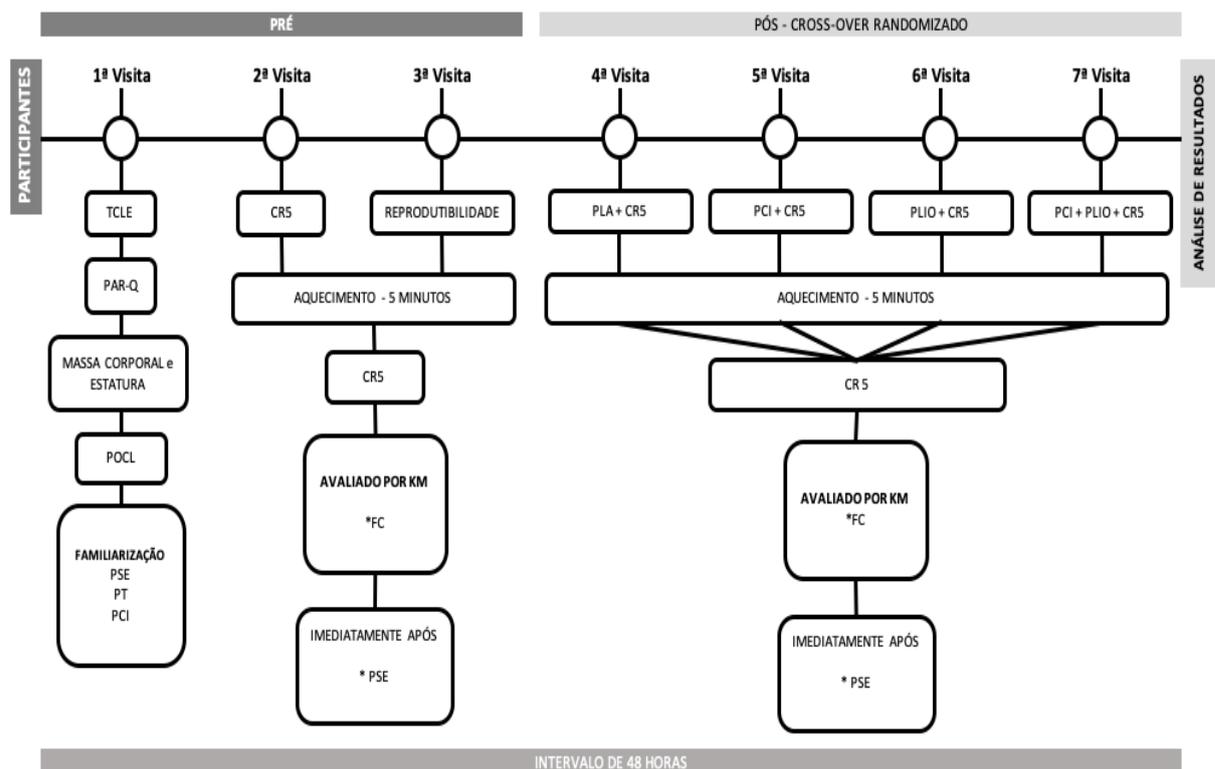
Os participantes do estudo compareceram ao laboratório da Universidade São Judas Tadeu em sete visitas distintas com pelo menos 48 horas de diferença entre elas. Na primeira visita foram esclarecidos os termos e conteúdos do estudo, potenciais riscos e benefícios dos protocolos de intervenção, a assinatura do TCLE, o preenchimento do questionário de prontidão de atividade física (PAR-Q), bem como, foram realizadas as medidas de massa corporal e estatura, a determinação da pressão de oclusão (POCL) de cada uma das pernas, a familiarização com a escala de percepção subjetiva de esforço (PSE), esclarecimentos sobre os protocolos de exercícios pliométricos (PLIO) e o protocolo de pré-condicionamento isquêmico (PCI). Na segunda e terceira visitas, os voluntários foram submetidos ao teste contrarrelógio de 5 km (CR5), para medidas de reprodutibilidade.

Nas visitas 4, 5, 6 e 7 foram aplicados os protocolos de intervenção por meio de um desenho experimental cruzado randomizado, com intervalo mínimo de 48 horas entre eles, conforme destacado na Figura 2. Os participantes foram instruídos a não

ingerirem bebida alcólica e cafeína 24h antes das visitas, bem como, não executarem atividades físicas extenuantes 24h antes da realização dos protocolos. Os protocolos de intervenção foram executados em pista de corrida em ambiente aberto. . A aplicação do PCI e da PLIO que sucederam o CR5 ocorreram no entorno da pista de corrida para que não houvesse intervalo entre a intervenção e o CR5. Outrossim, procurou-se manter a realização dos testes sempre no mesmo horário e dia da semana em que aconteceram as visitas 1 e 2. Durante os testes a temperatura média foi de  $\sim 25,7^{\circ}\text{C}$ .

Face ao desenho experimental elaborado, a permanência de cada participante por visita teve duração média de aproximadamente 100 minutos.

FIGURA 2. Desenho experimental



**TCLE:** Termo de consentimento livre e esclarecido, **POCL:** pressão de oclusão, **PAR-Q:** questionário de prontidão de atividade física, **PSE:** Percepção subjetiva de esforço, **CR5:** Contrarrelógio de 5 KM, **FC:** Frequência cardíaca, **PCI:** Pré-condicionamento isquêmico, **PLA:** Placebo; **PLIO:** Pliometria, **PCI+PLIO:** Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

### 6.3 DETERMINAÇÃO DA PRESSÃO DE OCLUSÃO

A pressão de oclusão (POCL) foi determinada para uso em cada um dos protocolos que envolveu o pré-condicionamento isquêmico. Para a medida da POCL, o voluntário permaneceu deitado em decúbito dorsal por um período de dez minutos. Uma sonda do aparelho Doppler vascular portátil (DV-600, Marted, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) foi posicionada na artéria tibial posterior do voluntário para captura do pulso arterial auscultatório, após a colocação de um manguito de pressão de coxa (17,5 cm de largura e 92 cm de comprimento, JPJ Materiais Hospitalares, São Paulo-SP, Brasil) que foi posicionado na parte proximal de cada uma das coxas e inflado até o ponto em que o pulso auscultatório fosse interrompido (Figura 3). Esse ponto foi considerado como o ponto de oclusão arterial (100%) identificado em cada um dos membros. (LAURENTINO et al. 2012).

FIGURA 3: Determinação da pressão de oclusão.



Fonte: elaboração do autor, 2023.

### 6.4 Teste de corrida contrarrelógio de 5 km (CR5)

Os voluntários realizaram uma corrida de 5km contrarrelógio na pista do Centro Educacional da Mooca – SP. Antes o início de cada teste os voluntários foram

instruídos a realizar um aquecimento de 5 minutos de forma habitual, sem que houvesse alguma intervenção proposta através do estudo, bem como, receberam instruções para que realizassem a distância proposta no menor tempo possível. Não houve o fornecimento de água durante os testes, bem como, os voluntários não tiveram acesso a tempo para execução do trajeto, apenas tinham como acompanhar a quilometragem percorrida. O tempo para execução do CR5 foi coletado através de um relógio com GPS (modelo forerruner 745, © 2020 Garmin Ltd, USA – Figura 4) colocado no braço do participante (GILGEN-AMMANN et al., 2020).

FIGURA 4: Relógio Garmin Forerrunner 745 colocado no braço do voluntário com adesivo para ocultar o tempo do teste.



Fonte: <https://www.garminstore.com.br>.

Durante todos os testes os voluntários foram encorajados verbalmente para a realização da corrida no menor tempo possível.

## 6.5 FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência cardíaca (FC), foi coletada, dos dados obtidos com o monitor cardíaco Garmin HRM-Pro, em cada um dos protocolos experimentais. Iniciado cada um dos protocolos de CR5 a frequência cardíaca, que refere-se ao quantidade média de batimentos por minuto, mensurada em batimentos por minuto (bpm), foi coletada através do relógio de pulso GARMIN, colocado no braço do voluntário (GILGEN-AMMANN et al., 2020). Os dados foram coletados da base de dados coletados no site oficial do equipamento (<https://connect.garmin.com/modern>).

FIGURA 5: Cinta de peitoral do monitor cardíaco marca Garmin HRM-Pro.



Fonte: <https://www.garminstore.com.br>.

## 6.6 PROTOCOLOS DE INTERVENÇÃO

Os participantes do estudo foram submetidos a quatro protocolos de intervenção através de um desenho experimental cruzado randomizado, com intervalo de no mínimo 48 horas entre eles. Foram eles: Protocolo 1: Placebo + 5 km (PLA) (SEEGER et al., 2017); Protocolo 2: pré-condicionamento isquêmico + 5 km (PCI) (SEEGER et al., 2017); Protocolo 3: exercícios pliométricos + 5 km (PLIO) (WEI et al., 2020a); Protocolo 4: pré-condicionamento isquêmico + exercícios pliométricos + 5 km (PCI+PLIO). No protocolo PLA, os participantes foram submetidos a quatro ciclos de 5 minutos de restrição do fluxo sanguíneo com o manguito sendo inflado a 20 mmHg, seguido da liberação por 3 min para a reperfusão (Tabela 1 e Figura 6). No protocolo PCI, os participantes foram submetidos a quatro ciclos de 5 min de isquemia (oclusão arterial) + 20 mmHg acima da pressão de oclusão da coxa por 3 min de reperfusão (Tabela 2 e Figura 7). No protocolo PLIO, os participantes foram submetidos 2 séries de 8 repetições nos exercícios de agachamento com salto, afundo com salto, afundo alternado, com 60 segundos de pausa, onde foram encorajados a realizarem o movimento o mais rápido e alto possível (Tabela 3 e Figura 8). No protocolo PCI + PLIO, os participantes foram submetidos primeiramente ao protocolo de PCI seguido ao protocolo PLIO (Tabela 4 e Figura 9). Logo após os participantes terem sido submetidos aos protocolos de PCI e PLIO, eles foram instruídos a realizarem um

aquecimento individual de 5 min e em seguida realizar o teste de contrarrelógio de 5 km de corrida no menor tempo possível.

TABELA 1: Ciclos de PCI na condição placebo

	POCL	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	
<b>Isquemia</b>	<b>20 mmHg acima da POCL</b>	5 minutos	5 minutos	5 minutos	5 minutos	
<b>Reperusão</b>	<b>00 mmHg</b>	3 minutos	3 minutos	3 minutos	3 minutos	
<b>Total:</b>		8 minutos	8 minutos	8 minutos	8 minutos	32 minutos

POCL: Pressão de Oclusão.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

FIGURA 6: Aplicação do PCI na condição placebo



Manguito de pressão arterial, posicionado na porção proximal da coxa - inflado a 20 mmHg.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

TABELA 2: Ciclo de PCI – 20 mmHg acima da pressão de oclusão

	POCL	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	
<b>Isquemia</b>	<b>20 mmHg</b>	5 minutos	5 minutos	5 minutos	5 minutos	
<b>Reperusão</b>	<b>00 mmHg</b>	3 minutos	3 minutos	3 minutos	3 minutos	
<b>Total:</b>		8 minutos	8 minutos	8 minutos	8 minutos	32 minutos

**POCL:** Pressão de Oclusão.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

FIGURA 7: Aplicação do PCI com 20 mmHg acima da pressão de oclusão



Manguito de pressão arterial, posicionado na porção proximal da coxa - inflado com 20 mmHg acima da pressão de oclusão.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

TABELA 3 : Exercícios pliométricos

Exercício	Séries	Repetições	Pausa	Contato com Solo
Agachamento com salto	2	8	60 segundos	16
Afundo com salto	2	8	60 segundos	16
Afundo alternado	2	8	60 segundos	16
			Total:	48 $\cong$ 15 minutos

Fonte: elaboração do autor, 2023.

FIGURA 8 : Exercício de Pliometria – Agachamento com Salto



Fonte: elaboração do autor, 2023.

FIGURA 9 : Exercício de Pliometria – Afundo com Salto



Fonte: elaboração do autor, 2023.

TABELA 4 : Aplicação de PCI com 20 mmHg acima da pressão de oclusão e exercícios de Pliometria – Protocolo PCI+PLIO.

	POCL	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	
<b>Isquemia</b>	<b>20 mmHg acima da POCL</b>	5 minutos	5 minutos	5 minutos	5 minutos	
<b>Reperusão</b>	<b>00 mmHg</b>	3 minutos	3 minutos	3 minutos	3 minutos	
<b>Total:</b>		8 minutos	8 minutos	8 minutos	8 minutos	32 minutos

Exercício	Séries	Repetições	Pausa	Contato com Solo
Agachamento com salto	2	8	60 segundos	16
Afundo com salto	2	8	60 segundos	16
Afundo alternado	2	8	60 segundos	16
<b>Total:</b>				48
				≅ 15 minutos

<b>Tempo Total</b>		≅ 47 minutos
--------------------	--	--------------

Fonte: elaboração do autor, 2023.

## **6.7 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)**

A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi coletada imediatamente após a realização de todos os protocolos de intervenção seguindo a escala de Borg [6 a 20] (BAILEY et al., 2012), a qual 6 significa nenhum esforço e 20 significa esforço máximo (Anexo 1).

## **7. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Todos os dados são apresentados como média e  $\pm$  desvio padrão. A distribuição dos dados foi verificada utilizando o teste de Shapiro-Wilk e Levene para a homogeneidade e normalidade dos dados. A ANOVA de dois caminhos foi usada para análise das variáveis dependentes, tendo o teste de 5 km pré e pós protocolos como fator fixo e os participantes como fator randômico. Um teste post-hoc ajustado de Tukey foi usado quando o valor de F foi significativo. Foi realizado também a análise baseada no efeito do tamanho [Effect size – ES, Cohen's] das diferenças entre os momentos pré e pós intervenção, onde o efeito foi considerado trivial (0,20 – 0,30); médio (0,40- 0,70); grande ( $\geq 0,80$ ) (NAKAGAWA E CUTHILL, 2007), bem como, foi utilizado o escore Z para identificar a quantidade de desvios padrão em relação a média de cada um dos participantes. A significância adotada foi de  $p < 0,05$ . Os dados foram analisados usando o pacote estatístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

## **8. RESULTADOS**

Nesta seção serão apresentados os resultados da aplicação dos protocolos agudos de pré-condicionamento isquêmico associado ou não aos exercícios

pliométricos sobre o desempenho no teste de contrarrelógio de 5 km e km a km, da frequência cardíaca durante o teste de 5 km e das respostas perceptuais.

De acordo com a reprodutibilidade teste e reteste do desempenho no contrarrelógio de 5 km realizado em dois dias diferentes foi observado um erro de medida de 00:31s, o coeficiente de variação em 9,6% e o coeficiente de correlação intraclasse  $r = 0,499$ .

## 8.1 DESEMPENHO DE CORRIDA – CONTRARRELÓGIO DE 5 KM

Não foram observadas diferenças significantes no desempenho da corrida no teste de 5 km ( $p > 0,05$ ), bem como na interação da condição\*tempo entre os protocolos ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5). Foi observado uma variação percentual (%) no teste contrarrelógio de 5 km de -0,6% na condição Placado ( $ES = 0,06$ ) e na condição pré-condicionamento isquêmico de -0,5% ( $ES = 0,05$ ). Já nas condições pliometria e pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria foi observado uma variação percentual positiva de +0,9% ( $ES = 0,04$ ) e +2,0% ( $ES = 0,22$ ) respectivamente.

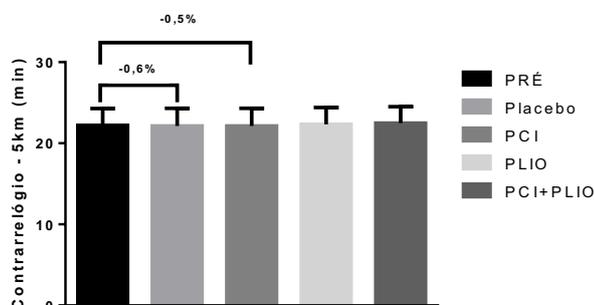
TABELA 5: Resultados da ANOVA de 2 caminhos - Valores apresentados em média e desvio padrão (min $\pm$ s).

Condição	Tempo	Desempenho (min $\pm$ s)	p Tempo	p - Condição			
				PLA	PCI	PLIO	PCI+PLIO
Placebo	Pré	22:21 $\pm$ 2:08	0,861	1,000	0,989	0,945	
	Pós	22:13 $\pm$ 2:18					
PCI	Pré	22:21 $\pm$ 2:08	0,886	1,000	0,991	0,945	
	Pós	22:14 $\pm$ 2:18					
PLIO	Pré	22:21 $\pm$ 2:08	0,784	0,989	0,991	0,995	
	Pós	22:33 $\pm$ 2:08					
PCI+PLIO	Pré	22:21 $\pm$ 2:08	0,540	0,945	0,950	0,995	
	Pós	22:48 $\pm$ 2:04					

PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

FIGURA 10: Delta variação entre a condição pré (média de 2 dias do 5 km) e intervenções



Fonte: elaboração do autor, 2023.

Considerando apenas os voluntários responsivos, ainda que não tenha sido observado diferenças significantes no desempenho de corrida no teste de 5 km entre os protocolos, foi observado no protocolo PCI+PLIO uma redução 4,1% no tempo contrarrelógio de 5 km quando comparado a condição pré, da mesma forma, as demais condições seguiram em queda de 1,5% no PLA, 2,3% no PCI e 2,5% na PLIO, respectivamente(Tabela 6).

TABELA 6: Resultados da ANOVA de 2 caminhos para voluntários responsivos - Valores apresentados em média e desvio padrão (min±s).

Condição	DELTA % (PRÉ X PÓS)	Tempo	Desempenho (mins±s)	p Tempo	p - Condição			
					PLA	PCI	PLIO	PCI+PLIO
PLA	-1,50%	Pré	23:34 ± 2:07	0,808				
		Pós	23:15 ± 2:18					
PCI	-2,30%	Pré	23:34 ± 2:07	0,723	1,000		1,000	0,994
		Pós	23:06 ± 2:58					
PLIO	-2,50%	Pré	23:34 ± 2:07	0,636	0,998	1,000		0,998
		Pós	22:56 ± 2:04					
PCI+PLIO	-4,10%	Pré	23:34 ± 2:07	0,480	0,987	0,994	0,998	
		Pós	22:37 ± 2:17					

PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

Já em relação ao tamanho do efeito foi observado um tamanho de efeito pequeno na condição PLIO (ES = 0,33; IC =  $\pm 01:00$ ), um efeito médio na condição PCI+PLIO (ES = 0,47; IC =  $\pm 00:59$ ), PLA (ES = 0,16; IC =  $\pm 01:00$ ) e PCI (ES = 0,2; IC =  $\pm 01:00$ ).

## 8.2 ESCORE Z

Na tabela 7 são apresentados os dados referente a análise da média do escore Z, indicando se o melhor desempenho dos participantes em cada condição se situava ao redor de 2 desvios padrão (DP – IC 95%) para mais ( $\geq$ ) ou para menos ( $\leq$ ) comparado com a média geral, ou seja, escore Z igual a zero ( $Z = 0$ ). É possível observar que nas condições PLA e PCI, 9 participantes se posicionaram acima de 1 DP seguidos de 10 participantes na condição PLIO e 8 participantes na condição PCI+PLIO, abaixo da média geral [escore  $Z = 0$ ]. Foi considerado os seguintes desvios padrão para cada condição, quais sejam: PLIO (DP = 02:08; IC =  $\pm 01:00$ ), PCI+PLIO (DP = 00:04; IC =  $\pm 00:59$ ), PLA (DP = 02:18; IC =  $\pm 01:00$ ) e PCI (DP = 02:18; IC =  $\pm 01:00$ ).

TABELA 7: Escore Z - participantes x intervenção.

Participantes	PLA		PCI		PLIO		PCI+PLIO	
	Tempo	Zscore	Tempo	Zscore	Tempo	Zscore	Tempo	Zscore
1	18:22	-1,67	19:28	-1,20	20:34	-0,93	19:21	-1,67
2	22:08	-0,04	21:41	-0,24	21:40	-0,42	22:58	0,08
3	23:15	0,45	22:46	0,23	25:05	1,18	23:51	0,50
4	26:14	1,74	27:33	2,29	26:33	1,87	24:57	1,03
5	23:26	0,53	21:12	-0,45	23:41	0,53	22:28	-0,16
6	21:44	-0,21	21:17	-0,42	22:50	0,13	23:02	0,11
7	21:19	-0,39	24:09	0,82	22:45	0,09	21:28	-0,65
8	19:35	-1,14	19:57	-0,99	19:43	-1,33	22:04	-0,36
9	24:59	1,20	23:34	0,57	25:42	1,47	25:39	1,37
10	26:04	1,67	24:44	1,08	21:50	-0,34	25:24	1,25
11	24:01	0,78	25:12	1,28	25:39	1,45	25:51	1,46
12	20:20	-0,82	21:26	-0,35	21:18	-0,59	21:08	-0,81
13	22:49	0,26	22:30	0,11	22:33	0,00	23:23	0,28
14	22:53	0,29	21:49	-0,19	22:22	-0,09	22:14	-0,28
15	19:54	-1,01	18:58	-1,42	19:42	-1,34	20:22	-1,18
16	21:09	-0,46	22:45	0,22	21:04	-0,70	24:22	0,75
17	19:34	-1,15	19:09	-1,34	20:27	-0,99	19:13	-1,73

PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

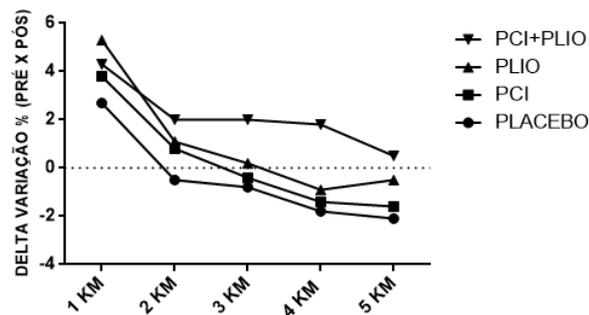
Fonte: elaboração do autor, 2023.

### 8.3 DESEMPENHO DE CORRIDA – KM A KM

Não foram observadas diferenças significantes no desempenho de corrida no teste de 5 km, quilômetro por quilômetro ( $p>0,05$ ), bem como na interação da condição\*tempo entre os protocolos ( $p>0,05$ ).

Por outro lado, a análise da variação do delta entre grupos identificou um percentual (%) de redução progressiva de tempo no contrarrelógio em todas as condições quando comparado a condição pré do mesmo quilômetro (Figura 11 e Tabela 8).

FIGURA 11: Delta variação entre a intervenções Km a Km.



Fonte: elaboração do autor, 2023.

TABELA 8: Delta variação entre as intervenções Km a Km.

KM	PRÉ	PLA	DELTA	PCI	DELTA	PLIO	DELTA	PCI+PLIO	DELTA
1KM	4:14:42	4:21:33	2,7%	4:24:22	3,8%	4:28:14	5,3%	4:25:37	4,3%
2KM	4:26:14	4:24:55	-0,5%	4:28:15	0,8%	4:29:05	1,1%	4:31:28	2,0%
3KM	4:29:56	4:27:46	-0,8%	4:28:58	-0,4%	4:30:22	0,2%	4:35:22	2,0%
4KM	4:36:12	4:31:12	-1,8%	4:32:15	-1,4%	4:33:47	-0,9%	4:41:18	1,8%
5KM	4:31:38	4:25:55	-2,1%	4:27:12	-1,6%	4:30:18	-0,5%	4:32:56	0,5%

PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

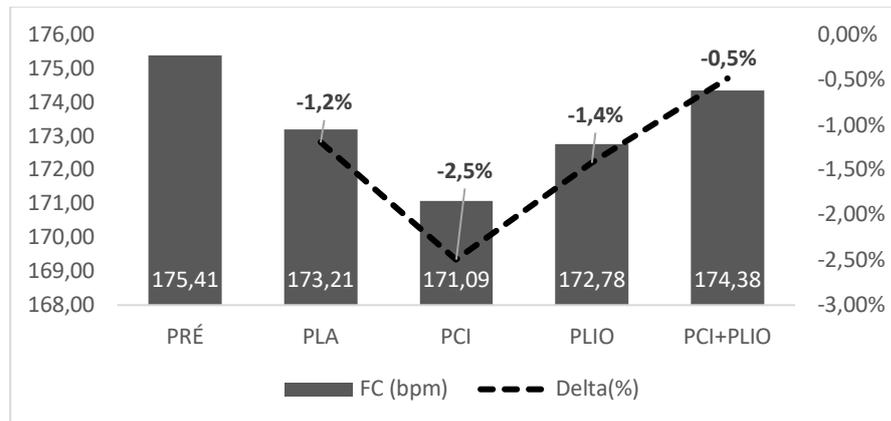
Fonte: elaboração do autor, 2023.

## 8.4 FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência (FC) foi determinada pela média de batimentos cardíacos apurados nas condições do teste de 5 km sendo que, não foram observadas diferenças significantes na FC comparado ao pré e entre as condições ( $p>0,05$ ).

A análise do delta variação entre grupos identificou um percentual (%) de redução da FC em todas as condições.

FIGURA 12: Delta variação da frequência cardíaca da condição Pré e intervenções



FC: Frequência cardíaca, PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

## 8.5 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE).

Não foram observadas diferenças significantes na percepção de esforço dos corredores comparados a condição Pré ( $p>0,05$ ) (Tabela 9).

TABELA 9: PSE – Média e Desvio Padrão.

	PRÉ	PLA	PCI	PLIO	PCI+PLIO
PSE	15,47 ± 2,78	15,11 ± 3,58	15,17 ± 3,1	16,11 ± 3,31	15 ± 3,44

PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometria.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

Na tabela 10 estão representados a quantidade de participantes (%) dentro dos valores da da escala de esforço, para cada protocolo de intervenção (Tabela 10).

TABELA 10: Avaliação da percepção de esforço dos participantes após cada protocolo de intervenção.

Escala Esforço	PRÉ		PLA		PCI		PLIO		PCI+PLIO	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
6	-	-	1	6%	1	6%	-	-	1	6%
7	-	-	-	-	-	-	1	6%	-	-
8	1	6%	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	2	12%	1	6%	-	-	1	6%
12	-	-	1	6%	-	-	1	6%	-	-
13	1	6%	1	6%	1	6%	1	6%	4	24%
14	4	24%	2	12%	1	6%	1	6%	-	-
15	4	24%	-	-	4	24%	3	18%	4	24%
16	1	6%	1	6%	4	24%	-	-	2	12%
17	1	6%	5	29%	2	12%	3	18%	-	-
18	2	12%	1	6%	1	6%	2	12%	2	12%
19	3	18%	3	18%	2	12%	4	24%	2	12%
20	-	-	-	-	-	-	1	6%	1	6%

N: Quantidade de participantes, PLA: Placebo; PLIO: Pliometria, PCI+PLIO: Pré-condicionamento isquêmico associado a pliometrica.

Fonte: elaboração do autor, 2023.

## 9. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos agudos de forma combinada ou não do pré-condicionamento isquêmico (PCI) e dos exercícios de pliometria (PLIO) como estratégia no desempenho de corredores de 5 km. Nesse contexto a hipótese do presente estudo não foi confirmada, mostrando que a combinação do PCI e a PLIO não foi aditiva ao desempenho da corrida de 5 km comparado aos protocolos de forma isolada. A adição de ambas as intervenções como estratégia para melhora no desempenho não gerou a hipótese esperada, porém, de forma isolada, as condições PLA e PCI, em média, seguiram a tendência dos estudos quando a redução do tempo total no CR5 de 18s e 17s respectivamente, e o protocolo PLIO induziu o aumento de 1,4% no CR5 quando comparado a condição controle.

Para nosso conhecimento, nenhum estudo comparou as estratégias de PCI e PLIO sobre o desempenho em corredores de 5 km. Divergente dos nossos achados, um dos estudos mais próximos ao nosso sobre o desempenho do teste contrarrelógio de 5 km foi realizado por Bailey et al. (2012). Neste estudo Bailey e colaboradores, aplicaram 4 ciclos de 5 min de PCI a 220 mmHg x 5 min de reperfusão e uma situação controle (20 mmHg) em indivíduos saudáveis. Após um período de 45 minutos, os indivíduos foram submetidos ao teste incremental de 5 km em esteira com incremento de 1km/h a cada 3 min. O desempenho do teste de 5 km na condição PCI foi 34s menor, bem como a concentração de lactato e a percepção subjetivo de esforço foi menor no PCI comparado com a condição controle. A capacidade de produzir quantidades similares de trabalho enquanto atenua a produção de lactato pode sugerir a intervenção para facilitar uma maior contribuição das vias aeróbicas e a preservação do ATP gerado via glicólise (BAILEY et al., 2012). A vasodilatação e os aumentos associados no fluxo sanguíneo decorrentes do PCI facilitam o fornecimento de energia através de vias aeróbicas, poupando o ATP derivado das vias glicolíticas anaeróbicas e potencial aumento da remoção de lactato no sangue (GIBSON et al., 2015).

Três estudos corroboram nossos achados sobre a ausência de efeito do PCI na melhora do desempenho de sprints repetidos em atletas treinados em resistência (GIBSON et al., 2014) sobre o tempo da corrida em esteira durante 2,4 km (MONTTOYE et al., 2020) e em 5km realizados em esteira (SEEGER et al., 2016). Seeger et al.

(2016) não observou mudança significativa no tempo final de corredores de 5km a aplicação de 4 ciclos de PCI a 220 mmHg, sendo que não foi efetivo para mudar o desempenho ( $p=0,30$ ), por outro lado identificou que a aplicação do PCI 24 antes do exercício restou em tempos similares ao aplicado exatamente antes do exercício, sugerindo que os efeitos do PCI podem ser percebidos em uma janela maior que a apontado no estudo de Bailey et al. (2012), o qual propõe uma janela de 45 minutos. No entanto, no estudo de Bailey e colaboradores, foi observado um menor aumento da concentração de lactato sanguíneo na condição PCI comparada com a condição placebo (20 mmHg) e um aumento na frequência cardíaca durante os 5km, embora não significativa. Corroborando também com os nossos achados, Montoye et al. (2020), não observou melhora no teste contrarrelógio de 2,4 km em esteira e na frequência cardíaca, em 12 corredores recreacionais que foram submetidos ao PCI (220 mmHg) e “sham” controle (20 mmHg). Apesar da ausência de efeito do PCI sobre o desempenho da corrida, na condição PCI foi observada a menor percepção subjetiva de esforço comparada a condição controle.

Um ponto a se destacar no presente estudo é que isolando os voluntários responsivos ao protocolo PCI+PLIO ( $n=6$ ), ainda que sem diferenças estatisticamente significantes, a média de redução no tempo do CR5 foi 4,1%, representando ~57s de queda, tempo esse acima do erro de medida apresentado na reprodutibilidade teste-reteste do contrarrelógio de 5 km (31s). Outrossim, a análise individualizada dos participantes requer maiores estudos, posto que, consoantes os resultados apontados com o escore Z, em média, 4 participantes apontam para um desvio padrão superior em relação média, o que representa aproximadamente 23% da amostra. Com isso, face ao tamanho de efeito do estudo, um maior volume de amostra poderia ser importante para identificar outros resultados.

Na mesma direção da condição PCI, a condição PLA ainda que realizada com um pressão muito baixa (20 mmHg) induziu a um redução significativa do fluxo sanguíneo de aproximadamente 30% (CARVALHO; BARROSO, 2019). Entretanto, O'Brien et al., (2022) chama atenção quanto a necessidade de avaliar com maior detalhamento a condição PLA, sugerindo que os efeitos ergogênicos por si só não sejam capazes de serem a sua totalidade, ainda que restem pesquisas identificando respostas positivas na condição PLA. No caso do presente estudo, que seguiu uma

condição não usual quanto as pesquisas que avaliam corredores na busca de melhora do desempenho, com a utilização do PCI, a pressão utilizada para a oclusão do fluxo sanguíneo passou a ser um dos diferenciais, não exclusivo quando avaliado de forma isolada, apresentados por utilizar pressão individualizada, não seguindo o padrão de 220 mmHg (MONTROYE et al., 2020; PANZA et al., 2020). A ideia de maiores investigações quanto as variáveis destas condições dentro do protocolo de PCI parece ser corroborada quando da análise dos tempos percorridos km a km, onde no primeiro km os corredores apresentam um aumento no tempo de 3,8%, entretanto, os protocolos induziram a redução progressiva no tempo de CR5 a cada km e em especial no quinto km, finalizando com uma diminuição de tempo de 1,6% aproximadamente 4s a menos do que a condição pré.

No presente estudo, que seguiu uma condição não usual quanto as pesquisas que avaliam corredores na busca de melhora do desempenho, com a utilização do PCI, a pressão utilizada para a oclusão do fluxo sanguíneo passou a ser um dos diferenciais, não exclusivo quando avaliado de forma isolada, apresentados por utilizar pressão individualizada, não seguindo o padrão de 220 mmHg (MONTROYE et al., 2020; PANZA et al., 2020).

O estudo de SEEGER et al. (2016) vai em contramão aos nossos achados, posto que, em ambas as condições, agravada na condição de aplicação do PCI 24 horas antes, o ritmo diminuiu ligeiramente e foi ainda um pouco mais baixo no PCI 24 horas antes quando comparado a condição de PCI exatamente antes da prova.

Em continuação a mesma relação de redução linear do tempo km a km e percebida na frequência cardíaca, poderíamos especular que este cenário ocorresse em razão da vasodilatação, maior aporte de oxigênio e débito cardíaco. Cumpre destacar que ao término de cada uma das intervenções, inclusive quanto no PCI, os voluntários tinham um tempo de 5 minutos para aquecimento de forma habitual, o que aumentou o tempo entre a intervenção e o início do teste de CR5.

No que tange ao protocolo de PLIO, as pesquisas tem mostrado resultados positivos em diversas modalidades, uma vez que partindo de uma condição natural do “efeito mola” gerado na musculatura do membros inferiores, os proprioceptores, o acúmulo de energia elástica potencializado pelo ciclo alongamento-encurtamento

(CAE) e a rigidez da junção músculo-tendão facilitando a ativação dos músculos agonistas a potencializar o trabalho, e a produção de força e a velocidade para corredores. Com exceção do estudo conduzido por Wei et al., (2020) em que utilizou a pliometria como método de aquecimento para potencialização do desempenho em corredores amadores e identificou uma redução de 34s no contrarrelógio, os demais estudos trabalharam com a pliometria como método de treinamento, gerando respostas adaptativas mais robustas face a familiarização com a técnica.

Em nosso estudo, um dos pré requisitos foi que os corredores não tivessem familiaridade direta com a pliometria ou tivessem a pliometria descrita em suas planilhas de treino, o que pode ter prejudicado o resultado apresentado, com isso, no caso em questão, parece que a PLIO não ter estimulado a potencialização pós ativação, pois, a PPA pode ser influenciada pela experiência no tipo de exercício gerador da ativação, por um período de descanso entre o estímulo e o exercício, bem como, a carga induzida pela atividade condicionante (WILSON et al., 2013).

Neste contexto, ainda que os participantes tenham realizado um pausa ativa de 5 minutos (aquecimento habitual) antes do início do teste de 5 km, preservar um intervalo de recuperação parece ser indispensável para que ocorra os efeitos da PPA e gere um equilíbrio entre a fadiga e a potencialização (BOULLOSA; TUIMIL, 2009). Entretanto, cumpre destacar que o número de estudos é limitado quanto ao período de tempo de descanso da atividade condicionante para a execução do exercício.

Quanto ao volume, múltiplas séries de atividade condicionante são mais efetivas para gerar maior potência muscular, quando comparado com séries únicas, exceto para indivíduos com baixa experiência, pois tendem a ter redução no rendimento, o que podemos especular como uma possível causa para o aumento do tempo no contrarrelógio na condição PLIO (WILSON et al., 2013).

Corroborando com essa ideia, um ponto de destaque, foi o relato da maioria dos voluntários quanto a dores na musculatura do quadril no dia seguinte após o protocolo de pliometria. A questão pode estar ligada a uma relação de dor tardia advinda do carga intensa gerada na fase excêntrica da contração do salto, bem como, quanto a dose aplica, ainda que outros estudos tenham realizado os exercícios pliométricos com quantidade de saltos superiores ao aplicado no presente estudo. Parece que a

familiarização do treino de pliometria tem uma relação importante na indução dos mecanismos da fadiga, pois, os voluntários pareciam estarem aptos a condições extremas de exercícios de resistência. Porém, ao final de cada intervenção de pliometria ficou claro a exaustão, inclusive ao final do protocolo, onde a PSE mostrou um aumento médio 5,69% (média de 16 na escala PSE de 6 a 20) a mais de esforço comparada com a condição contrarrelógio de 5 km (CR5). Embora sem diferença significativa entre as condições, a PSE das condições PLA, PCI e PCI + PLA foram numericamente menores comparado a condição PLIO ( $16,11 \pm 3,31$ ) no teste CR5 (PLA:  $15,11 \pm 3,58$ , PCI:  $15,17 \pm 3,10$  e PCI+PLIO:  $15,00 \pm 3,44$ ) respectivamente. Corroborando os resultados da PSE do presente estudo, outros estudos mostraram o efeito da redução da PSE nas condições com PCI (GIBSON et al. 2015; MONTTOYE et al. 2020).

A FC não mostrou diferença significativa entre os protocolos. É plausível aceitar que este fato pode ser decorrente do elevado débito cardíaco para suprir a demanda do esforço máximo exigido no teste contrarrelógio de 5 km. A ausência de diferença da FC e da PSE entre as condições experimentais podem estar diretamente relacionadas ao esforço máximo produzido pelos participantes durante os protocolos. Ainda na mesma esteira, no Seeger et al. (2016), a FC sofreu um aumento gradativo em todos os protocolos, porém, sem diferença significativa, bem como, a percepção de esforço foi similar entre os protocolos, também não apontando nenhuma diferença significativa.

Com isso, cabe destacar que ainda que não tenha ocorrido diferenças estatísticas significantes que apoiem a hipótese ventilada, o tempo de resposta para as intervenções, familiarização com os protocolos, análise isolada de cada um dos 5 km e as variáveis adjacentes sugerem de forma especulativa que as respostas aos mecanismos podem gerar aumento no desempenho especialmente embasado pelo km final aqui apontado.

Por exemplo, não há um consenso na literatura quanto ao tempo de isquemia/reperfusão dos protocolos; o tempo entre a realização do PCI e o teste ou a atividade subsequente avaliada. Sendo assim, a ausência de efeitos positivos com uso do PCI em alguns estudos pode estar relacionada aos modelos dos protocolos,

bem como a pressão aplicada nos manguitos utilizados no PCI (SALVADOR et al., 2016).

Desta forma, os fatores anteriormente destacados, combinado à ausência de uma condição controle, altamente frequente na maioria dos estudos com PCI, podem contribuir para a heterogeneidade das respostas ao PCI apresentado nos estudos. Por exemplo, Incognito et al. (2016) mostraram que em nove dos 17 testes de desempenho contrarrelógio, 118 sujeitos foram responsivos e 57 não responderam positivamente aos protocolos de PCI. Além disso, nenhum estudo mostrou se diferentes percentuais de restrição do fluxo sanguíneo nos protocolos de PCI apresentam o mesmo efeito sobre os parâmetros de desempenho, quando comparado com a pressão padrão comumente usada nos protocolos de PCI (200 a 220 mmHg).

## **10. CONCLUSÃO**

A associação do pré condicionamento isquêmico e os exercícios pliométricos não foi aditivo para a melhoria do desempenho da corrida de 5 km.

## **11. LIMITAÇÕES**

Este estudo não está livre de limitações. Não foi equalizado o tempo entre a aplicação dos protocolos e a realização do teste contrarrelógio de 5 km, embora haja suporte na literatura sobre os efeitos do PCI de até 45 minutos. A população estudada foi de corredores de 5 km amadores com uma variação de tempo de percurso entre 21 a 28 minutos. O protocolo utilizado de pressão de oclusão pode ter sido um limitador uma vez que muitos estudos trabalhem com pressão fixa (220 mmHg) e no presente estudo foi utilizado 20 mmHg acima da pressão de oclusão. O intervalo de recuperação entre a atividade condicionante e o início do teste, ainda que não haja um consenso na literatura quando o tempo ideal de recuperação para gerar maior PPA. O tipo de exercício, o volume individualizado e a falta de familiaridade com os exercícios de

plimetria podem ter limitado os resultados. Por fim, o tamanho pequeno da amostra pode ter limitado os resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, T. G. et al. Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 11, p. 2084–2089, 2012.

BLAGROVE, R. et al. Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. **Sports Med.** 2018;48(5):1117-1149.

BARRETO, M., et al. Temporal response of post-activation performance enhancement induced by a plyometric conditioning activity. **Front Sports Act Living.** 2023 Jun 27;5:1209960.

BOULLOSA, D. et al. Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. **J Strength Cond Res.** 2013 Aug;23(5):1560-5.

BOULLOSA, D. Post-activation performance enhancement strategies in sport: A brief review for practitioners. **Human Movement.** 2021.

CARVALHO, L.; BARROSO, R. Ischemic Preconditioning Improves Strength Endurance Performance. **J Strength Cond Res.** 2019;33(12):3332-3337.

CARU M. et al. An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. **J Sport Health Sci.** 2019;8(4):355-369.

CHAOUACHI., et al. Volume, intensity, and timing of muscle power potentiation are variable. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2011 Oct;36(5):736-47.

DOMA, K. et al. Lunge exercises with blood-flow restriction induces post-activation potentiation and improves vertical jump performance. **Eur J Appl Physiol.** 2020 Mar;120(3):687-695.

GILGEN-AMMANN R., et al. Accuracy of Distance Recordings in Eight Positioning-Enabled Sport Watches: Instrument Validation Study. **JMIR Mhealth Uhealth.** 2020 Jun 24;8(6):e17118.

LINTZ, A. Ischemic pre and postconditioning in skeletal muscle injury produced by ischemia and reperfusion in rats. **Cirúrgica Brasileira**. 2013.

DAVIES, G.; RIEMANN, B. L.; MANSKE, R. Currente concepts of plyometric exercise. **The International Journal of Sports Physical Therapy**. 2015

DO CARMO, E. C. et al. Can plyometric training change the pacing behaviour during 10-km running?. **European Journal of Sport Science**. 2021.

EIHARA, Y. et al. Heavy Resistance Training Versus Plyometric Training for Improving Running Economy and Running Time Trial Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med Open**. 2022 Nov 12;8(1):138.

ENKO, K. et al. Intermittent arm ischemia induces vasodilatation of the contralateral upper limb. **J Physiol Sci** 2011; 61:507-513.

FAULKNER, J. et al. The rating of perceived exertion during competitive running scales with time. *Psychophysiology*. 2008 Nov;45(6):977-85.

FOSTER, C.; LUCIA, A. The Forgotten Factor in Elite Performance. **Sports Medicine**, v. 37, p. 316–319, 2007.

FUJITA,S. et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis [published correction appears in **J Appl Physiol**. 2008.

GIBSON, N. et al. Effect of Ischemic Preconditioning on Land-Based Sprinting in Team-Sport. **International Journal of Sports Physiology and Performance**. 2013.

GIBSON, N. et al. Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes. **J Sports Sci**. 2015;33(11):1182-1188.

GIOVANELLI, N. et al. Effects of strength, explosive and plyometric training on energy cost of running in ultra-endurance athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 7, p. 805–813, 2017.

INCOGNITO, A. et al. Ischemic preconditioning does not alter muscle sympathetic responses to static handgrip and metaboreflex activation in young healthy men. **Physiol. Rep**. 2017, 5, e13342.

LAURENTINO, G. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Med Sci Sports Exerc.** 2012.

LI, F. et al. Effects of complex training versus heavy resistance training on neuromuscular adaptation, running economy and 5-km performance in well-trained distance runners. **PeerJ**, v. 2019, n. 4, 2019.

LI, X. D. et al. PKA-mediated eNOS phosphorylation in the protection of ischemic preconditioning against no-reflow. **Microvascular Research**, v. 84, n. 1, p. 44–54, jul. 2012.

LUM, D. et al. Effects of intermittent sprint and plyometric training on endurance running performance. **Journal of Sport and Health Science**, v. 8, n. 5, p. 471–477, 2019.

MAROCOLO, M. O. M. et al. Ischemic Preconditioning and Placebo. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 5, p. 1462–1469, 2016.

MONTOYE, A. H. K. et al. Ischemic Preconditioning Does Not Improve Time Trial Performance in Recreational Runners. **International Journal of Exercise Science.** 2020.

MOORE, I. S. et al. Humans Optimize Ground Contact Time and Leg Stiffness to Minimize the Metabolic Cost of Running. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 1, 4 nov. 2019.

MURRY, C. E.; JENNINGS, R. B.; REIMER, K. A. Preconditioning with ischemia: A delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. **Circulation**, v. 74, n. 5, p. 1124–1136, 1986.

NAKAGAWA, S.; CUTHIL, I. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. **Biol Rev Camb Philos Soc.** 2007 Nov;82(4):591-605. doi: 10.1111/j.1469-185X.2007.00027.x. Erratum in: **Biol Rev Camb Philos Soc.** 2009 Aug;84(3):515.

O'BRIEN, L.; JACOBS, I. Methodological Variations Contributing to Heterogeneous Ergogenic Responses to Ischemic Preconditioning. **Frontiers in Physiology**, 29 abr. 2021.

O'BRIEN, L.; JACOBS, I. Potential physiological responses contributing to the ergogenic effects of acute ischemic preconditioning during exercise: A narrative review. **Frontiers in Physiology** Frontiers Media S.A., , 28 nov. 2022.

PAAVOLAINEN, L. et al. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 5, p. 1527–1533, 1999.

PANZA, P. et al. Ischemic Preconditioning Promotes Post-Exercise Hypotension in a Session of Resistance Exercise in Normotensive Trained Individuals. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, p. 78, 2020.

PAULL, E. J.; GARY, X.; VAN GUILDER, P. Remote ischemic preconditioning increases accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **J Appl Physiol**, v. 126, p. 1193–1203, 2019.

PAULL, E. J.; VAN GUILDER, G. P. Remote ischemic preconditioning increases accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 126, n. 5, p. 1193–1203, 1 maio 2019.

ROBERTSON R., et al.,. methods, mediators, and applications. **Exerc Sport Sci Rev**. 1997;25:407-452.

SALVADOR, A. et al.. Ischemic preconditioning and exercise performance: A systematic review and meta-analysis. **Int. J. Sports Physiol. Perform**. 2011, 4–14.

SAUNDERS, P. Factors-affecting-running-economy-i. v. 34, n. 7, p. 465–485, 2004.

SEEGER, J. et al. Is delayed ischemic preconditioning as effective on running performance during a 5km time trial as acute IPC? **J Sci Med Sport**. 2017 Feb;20(2):208-212.

SEIBERL, W. et al. Editorial: The Stretch-Shortening Cycle of Active Muscle and Muscle-Tendon Complex: What, Why and How It Increases Muscle Performance?. **Frontiers in Physiology** Frontiers Media S.A., , 20 maio 2021.

SEITZ, L.; HAFF, G. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016 Feb;46(2):231-40.

SPURRS, R. W.; MURPHY, A. J.; WATSFORD, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 1–7, 2003.

STOREN, OY. et al. Maximal strength training improves running economy in distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 6, p. 1087–1092, 2008.

TAYLOR, C. W.; INGHAM, S. A.; FERGUSON, R. A. Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. **Experimental Physiology**, v. 101, n. 1, p. 143–154, 2016.

TILLIN, N.; BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. **Sports Med.** 2009;39(2):147-66.

TONG, X. ZHU et al. Chronic remote ischemic preconditioning-induced increase of circulating hSDF-1 $\alpha$  level and its relation with reduction of blood pressure and protection endothelial function in hypertension. **Journal of Human Hypertension**, v. 33, n. 12, p. 856–862, 1 dez. 2019.

VILARREAL, E. et al. Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. **J Sci Med Sport.** 2010;13(5):513-522.

WEI, C. G. et al. A Plyometric Warm-Up Protocol Improves Running Economy in Recreational Endurance Athletes. **Frontiers in Physiology**, v. 11, 12 mar. 2020.

WILSON, J. et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. **J Strength Cond Res.** 2013 Mar;27(3):854-9.

## ANEXOS

## PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO – ESCALA DE BORG (6 a 20)

<b>6 Sem nenhum esforço</b>
<b>7</b>
<b>Extremamente leve</b>
<b>8</b>
<b>9 Muito leve</b>
<b>10</b>
<b>11 Leve</b>
<b>12</b>
<b>13 Um pouco intenso</b>
<b>14</b>
<b>15 Intenso (pesado)</b>
<b>16</b>
<b>17 Muito intenso</b>
<b>18</b>
<b>19 Extremamente intenso</b>
<b>20 Máximo esforço</b>