

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARCO AURÉLIO TELLES MATTA

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES AGUDAS DAS CONCENTRAÇÕES DO CÁLCIO,
SÓDIO, POTÁSSIO, GLICOSE E HEMATÓCRITOS EM ATLETAS DE UMA
CORRIDA DE 45 KM EM MONTANHA**

CURITIBA

2022

MARCO AURÉLIO TELLES MATTA

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES AGUDAS DAS CONCENTRAÇÕES DO CÁLCIO,
SÓDIO, POTÁSSIO, GLICOSE E HEMATÓCRITOS EM ATLETAS DE UMA
CORRIDA DE 45 KM EM MONTANHA**

**ANALYSIS OF ACUTE CHANGES IN CALCIUM, SODIUM, POTASSIUM,
GLUCOSE AND HEMATOCRITES CONCENTRATIONS IN ATHLETES IN A 45 KM
MOUNTAIN RUN**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Bassan

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba



MARCO AURÉLIO TELLES MATTA

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES AGUDAS DAS CONCENTRAÇÕES DO CÁLCIO, SÓDIO, POTÁSSIO,
GLICOSE E HEMATÓCRITOS EM ATLETAS DE UMA CORRIDA DE 45 KM EM MONTANHA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 24 de Junho de 2022

Dr. Julio Cesar Bassan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Elto Legnani, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Zair Candido De Oliveira Netto, Doutorado - Universidade Positivo (Up)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 12/07/2022.

CURITIBA

2022

Dedico este trabalho a três meninas inteligentes, corajosas e amorosas, cujas presenças me trazem muitas alegrias, Mariana, Lanah e Isabel.

AGRADECIMENTOS

*“Gratitude is not only the greatest
of virtues, but the parent of all others.”*

Marcus Tullius Cicero

Graças a Deus nasci e vivo em um país livre, que acolhe povos de todos os continentes, que me proporcionou ensino gratuito e de qualidade desde a infância. Que em suas fronteiras se perpetuem a Ordem e o Progresso.

Agradeço à Dona Regina, minha mãe, pessoa forte e de fé inabalável. Conciliadora, acolhedora, amorosa e sábia. Dores, dissabores e dificuldades nunca a afastaram de se doar à família e ao próximo. É um privilégio viver em sua presença e receber seus ensinamentos. Agradeço ao estoico e sempre disposto a ajudar Sr. Antônio pelo apoio e dedicação à Dona Regina, a mim e à família.

Agradeço à minha amada Denise, que me estimula, conforta e me mantém firme frente aos desafios.

Agradeço ao meu orientador e amigo há décadas Professor Doutor Júlio César Bassan por me incentivar a entrar neste programa de mestrado, acreditando na minha capacidade. E ao Professor Doutorando Marcelo Romanovitch Ribas que auxiliou em meus estudos.

Agradeço aos competentes Professores Doutores Cintia Rodacki, Rogério Fermio, Anderson Caetano Paulo e Elto Legnani pela dedicação e compromisso com o ensino, muito acima de suas responsabilidades.

Agradeço ao Samuel Cesar dos Santos Ferreira, colega em todas as disciplinas deste Mestrado. Sempre presente e voluntarioso. Amigo em todos os momentos.

Agradeço aos autores cujas obras referenciaram este estudo, os quais com muito respeito são citados.

Graças a Deus eu tive essa experiência. Muito obrigado.

RESUMO

O presente estudo é uma análise de uma coleta de dados executada em tempo real, com tecnologia de ponta, ocorrida por ocasião da Ultramaratona dos Perdidos de 2017. O objetivo foi comparar parâmetros antes e depois da prova masculina de 45 km. Foram utilizados para a investigação os biomarcadores sanguíneos Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Glu e Hct, pré e pós competição, analisados por intermédio do equipamento de Gasometria GEM Premier 3000. O estudo estatístico foi realizado no ambiente de computação R (R Core Team, 2022). Para a descrição das variáveis e características mensuradas, diversas medidas foram obtidas, com o cálculo dos principais quartis, médias, valores extremos, desvios padrão e correlação de Pearson. Para as medidas do tipo *follow-up* (antes/depois, pré/pós), testes de normalidade (Shapiro-Wilks) e testes de comparação de médias (Teste-t para amostras pareadas/Teste de Wilcoxon *signed rank*) foram executados. A característica extenuante da prova provocou decréscimo nos índices de massa corporal total, decréscimo nas concentrações do Ca^{2+} , acréscimo nas concentrações de Na^+ e variação para menos na concentração de K^+ . Foi verificada uma variação para menos nas concentrações de glicose e observou-se um acréscimo no percentual da concentração de hematócritos.

Palavras-chave: ultraendurance; corrida de montanha; atletas.

ABSTRACT

The present study is an analysis of a data collection performed in real time, with state-of-the-art technology, which took place on the occasion of the 2017 Ultramarathon dos Perdidos. The objective of this study was to compare parameters before and after the men's 45 km race. Blood biomarkers Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Glu and Hct, pre and post competition, were used for the investigation, analyzed using the GEM Premier 3000 Gasometry equipment. The statistical study was carried out in the R computing environment (R Core Team, 2022). For the description of the variables and characteristics measured, several measures were obtained, with the calculation of the main quartiles, means, extreme values, standard deviations, and Pearson's correlation. For follow-up measures (before/after, pre/post), normality tests (Shapiro-Wilks) and means comparison tests (t-test for paired samples/Wilcoxon signed rank test) were performed. The strenuous nature of the test caused a decrease in total body mass indices, a decrease in Ca^{2+} concentrations, an increase in Na^+ concentrations and a downward variation in K^+ concentration. A decrease in glucose concentrations was observed and an increase in the percentage of hematocrit concentration was observed.

Keywords: ultraendurance; mountain running; athletes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Altimetria da Ultramaratona do Morro dos Perdidos <i>Skymarathon</i> ® de 2017	31
Figura 2 – Comportamento da MCT.....	35
Figura 3 – Correlação TP x MCT	36
Figura 4 – Comportamento do Ca^{2+}	37
Figura 5 – Correlação de TP x Ca^{2+}	37
Figura 6 – Comportamento do Na^+	38
Figura 7 – Correlação TP x Na^+	39
Figura 8 – Comportamento do K^+	40
Figura 9 – Correlação TP x K^+	40
Figura 10 – Comportamento da Glu	41
Figura 11 – Correlação TP x Glu	41
Figura 12 – Comportamento do Hct pré e pós.....	42
Figura 13 – Correlação TPxHct%.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Comparação pré e pós das alterações da MCT	35
Tabela 2 – Comportamento das alterações dos biomarcadores Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Glu e Hct dos 40 corredores pré-prova e pós-prova	44
Tabela 3 – Comportamento das alterações dos biomarcadores Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Glu e Hct conforme a mediana do tempo de conclusão da prova de 45 km.....	44
Tabela 4 – Comparação das alterações dos biomarcadores Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Glu e Hct entre o atleta com menor TP e o de maior TP nos 45 km	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca ²⁺	íon cálcio
CGM	monitoramento contínuo de glicose
CHO	carboidrato
EAB	equilíbrio ácido-básico
ESTT	estatura total
Glu	glicose
H ⁺	íons de hidrogênio
HAE	hiponatremia associada ao exercício
Hct	hematócrito
K ⁺	íon potássio
MCT	massa corporal total
mg/dL	miligramas por decilitro
mEq	miliequivalente
mmHg	milímetros de mercúrio
mmol/L	milimol por litro
MSUM	<i>multi stage ultra marathon</i>
μL	microlitro
Na ⁺	íon sódio
P	fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
PTH	hormônio paratireoidiano
ROS	<i>reactive oxygen species</i>
TCLE	termo de consentimento livre e esclarecido
TP	tempo de prova
%G	percentual de gordura

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca ²⁺	Íon Cálcio
CHO	Carboidrato
Glu	Glicose
H ⁺	Íons de hidrogênio
Hct	Hematócrito
K ⁺	Íon Potássio
mg/dL	miligramas por decilitros
mEq	miliequivalente
mmHg	milímetros de mercúrio
mmol/L	milimol por litro
μL	microlitro
Na ⁺	Íon Sódio
P	Fósforo
pH	Indicador ácido-base

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	16
2	PROBLEMA DE PESQUISA	18
3	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivo geral	18
3.2	Objetivos específicos	18
4	HIPÓTESES	18
5	REVISÃO DA LITERATURA	19
5.1	Demanda fisiológica de corridas de montanha	20
5.2	Massa corporal total	21
5.3	Cálcio	22
5.4	Sódio	23
5.5	Potássio	25
5.6	Glicose	26
5.7	Hematócrito	27
6	METODOLOGIA	29
6.1	Análise secundária	29
6.2	Delineamento do tipo de pesquisa	29
6.3	Amostra	29
6.4	Características da prova de 45 km	29
6.5	Seleções dos participantes, grupos dos participantes, Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)	31
6.6	Critérios de inclusão e exclusão	31
6.6.1	Fatores de inclusão	31
6.6.2	Fatores de exclusão	32
6.7	Procedimentos e instrumentos	32
6.7.1	Desenho do estudo	32
6.7.2	Composição corporal	32
6.7.3	Coleta de sangue	33
6.8	Riscos e benefícios	33
6.8.1	Riscos	33
6.8.2	Benefícios	33
6.9	Monitoramento e segurança dos dados	34
6.10	Avaliação dos dados	34

7	RESULTADOS	34
8	DISCUSSÃO	45
9	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	61
	APÊNDICE B – Parecer consubstanciado do CEP	64
	APÊNDICE C – Tratamentos estatísticos	67

1 INTRODUÇÃO

Robert Browning, em 1878, escreveu um poema ambientado na famosa Batalha de Maratona ocorrida em 490 a.C. No poema, um mensageiro chamado Pheidippides teria corrido 40 km de Maratona a Atenas e caído morto após ter informado aos líderes que haviam vencido a batalha contra os persas. O poema de Browning se tornou tão popular que teria inspirado o francês Michel Bréal a convencer o Barão Pierre de Coubertin a incorporar nas Olimpíadas de Atenas, em 1896, uma corrida semelhante ao feito de Pheidippides (YOUNG, 2004).

Assim, a primeira maratona da primeira Olimpíada da era moderna foi vencida pelo grego Spyros Louis em um memorável evento. Em 1908, nos Jogos Olímpicos de Londres, para que a família real britânica pudesse assistir ao início da prova do jardim do Castelo Windsor, o percurso foi ajustado e acrescido para 42.195 metros, distância que continua até os dias atuais (YOUNG, 2004).

Nos últimos anos, corridas com distâncias maiores do que as de uma maratona clássica têm despertado não apenas um maior interesse dos corredores, mas também das pesquisas científicas. Dessa maneira, as corridas de ultramaratonas são eventos em que a distância percorrida é maior do que uma maratona de 42.195 m (KNECHTLE; NIKOLAIDIS, 2018).

Ao que se refere às corridas de montanha, por sua vez, elas apresentam denominações e distâncias variadas. Caracterizam-se pelas irregularidades dos terrenos, em situações quase que totalmente *off road*. Aclives e declives, variações de inclinações de 5% a 20%, em altitudes de até 3.000 m, com temperaturas características da região onde a prova é disputada (COICEIRO; COSTA, 2010).

Para vencer irregularidades do terreno há, por longos períodos, contrações musculares concêntricas quando em subidas e contrações musculares excêntricas quando em descidas (VERNILLO *et al.*, 2015).

Em uma comparação observacional, Carmona *et al.* (2015) encontraram evidência de dano muscular após uma ultramaratona de montanha, observando aumento na concentração sérica da isoforma lenta de miosina, que pode indicar rupturas de fibras lentas. O estudo analisou alterações relacionadas ao tempo nos níveis séricos de creatina quinase CK, cTnI, um biomarcador específico de dano cardíaco de 8 atletas amadores e treinados. Foram feitas análises dos biomarcadores antes, 1h após a ultramaratona, 24 e 48h após o início. Os participantes correram o

“Cavalls del Vent” em 2012, com uma extensão oficial de 84,84 km e um ganho de elevação acumulado total de 12.180 m. A largada da prova foi a 755 m acima do nível do mar e o cume máximo alcançado durante a trilha foi de 2.520 m.

Nas corridas em subida o índice de massa corporal é bastante significativo para o desempenho. Já a força máxima dos membros inferiores, bem como sua rigidez músculo-tendínea surgem como importantes preditores de desempenho da corrida em declive (LEMIRE *et al.*, 2020).

Tais características exigem condições físicas específicas e fazem com que a corrida de ultramaratona represente um grande desafio para a homeostase corporal, até mesmo para atletas de elite. Nessa linha, o bem-estar dos corredores pode ser desafiado por distúrbios de fluidos e eletrólitos, hemólise e danos musculares esqueléticos, assim como declínio na função hepática e lesão renal (HOPPEL *et al.*, 2019).

Em relação aos fluidos, as perdas são comumente observadas após a execução da ultramaratona, o que leva à redução da massa corporal (KNECHTLE; NIKOLAIDIS, 2018). Quando a perda de peso do atleta é superior a 2%, seu desempenho pode ser afetado negativamente durante os treinos e provas (STEARNS *et al.*, 2009). Cabe enfatizar que a massa corporal pode ser determinada pela taxa de sudorese, por intermédio da ingestão de líquidos durante a competição, bem como pela diminuição da massa magra e gorda do atleta (KNECHTLE *et al.*, 2012).

Quando essa perda de massa corporal se dá pela perda de líquido, por meio do suor, não apenas água será eliminada, mas também eletrólitos como o sódio. Dessa maneira, dois estados fisiológicos podem acontecer, ou um quadro de hipernatremia ou hiponatremia, condições frequentemente observadas em provas de ultramaratona (KRATZ *et al.*, 2017). Além dos dois quadros fisiológicos supracitados, a anemia transitória pode ocorrer após a conclusão de uma prova de ultramaratona (JASTRZĘBSKI *et al.*, 2016). Anemia esportiva transitória pode ser detectada quando os níveis de hematócrito estão baixos, sendo esta gerada pela destruição acelerada de eritrócitos mais velhos que ocorre em particular no início dos eventos de corrida (YUSOF *et al.*, 2007).

As alterações nos níveis de eletrólitos em corredores representam um dos fatores mais significativos que limitam a corrida de alta intensidade. Em estudo realizado por Jastrzębski *et al.* (2016) os pesquisadores revelaram parâmetros

eletrolíticos alterados em uma prova de 100 km, em que o potássio mostrou um aumento gradual e uma diminuição dos níveis de sódio e cloreto durante a prova. Além disso, os autores mostraram que, durante recuperação, há uma diminuição nas concentrações de sódio e cloreto.

Com relação ao cálcio, Klapcińska *et al.* (2013) mostraram que em uma prova de 48 h houve um decréscimo progressivo desse mineral ao final da prova, em que os valores foram correlacionados com a distância total percorrida ($R = -0,47$, $p < 0,05$). Observa-se, pelo exposto, que as alterações nos marcadores bioquímicos podem ocorrer e apresentar concentrações diferentes, em relação ao sexo, à idade, ao nível de treinamento, à especificidade do esporte, ao tipo de carga de trabalho (carga de trabalho excêntrico como durante os percursos de descidas) e à distância percorrida na ultramaratona (SANTOS-CONCEJERO *et al.*, 2013; NIKOLAIDIS; KNECHTLE, 2020).

Dessa forma, parece que monitorar as reações do organismo e observar as mudanças nos indicadores sanguíneos durante uma ultramaratona de montanha deveria ser um procedimento padrão. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi de revelar parâmetros eletrolíticos e bioquímicos antes e após uma ultramaratona de montanha na distância de 45 km.

1.1 Justificativa

O interesse por corridas em montanha está crescendo no mundo inteiro (MINUZZI *et al.*, 2018; LOMBÁM *et al.*, 2016; MRAKIC-SPOSTA S *et al.*, 2015). Estatísticas de Bernat-Adell *et al.* (2020) mostram que o número de participantes em corridas de longa e média distância tem aumentado de maneira exponencial nos últimos anos. Assim, não apenas o volume de participantes tem crescido, como também o número de provas de ultramaratona em trilha tem aumentado nos últimos anos em todo o mundo (NIKOLAIDIS; KNECHTLE, 2018; RAMOS *et al.*, 2016; WU *et al.*, 2004).

Talvez um motivo a mais para futuros registros de crescimento desse tipo de evento se deva ao surgimento de evidências favoráveis do exercício aeróbio ao enfrentamento de covid-19, que podem incentivar ainda mais a prática. No estudo de Burtscher *et al.* (2021), os autores apontaram para o aumento da capacidade do

sistema imunológico, com a redução da inflamação, associando a alta aptidão cardiovascular com atividade física moderada e regular.

Por outro lado, achados de Steltzer *et al.* (2015) sinalizam que o exercício de ultraresistência induz ao estresse metabólico e a uma resposta inflamatória que afeta não apenas as células hematopoiéticas maduras, mas também a função do tronco hematopoiético imaturo e da fração de células progenitoras, que compõem o sistema imunológico e proporcionam a regeneração.

Para os mesmos autores, embora os esportes amadores tenham se tornado cada vez mais competitivos nas últimas décadas, ainda são poucos os estudos sobre possíveis riscos para a saúde dos atletas. Lombán *et al.* (2016) ressaltam a importância das pesquisas nessa área, as quais não devem se limitar apenas aos achados relativos ao desempenho e à fadiga, com atletas experientes, mas também aqueles relacionados à saúde e à integridade física dos praticantes. Segundo o estudo, há grande variabilidade dos achados fisiológicos, inclusive extremos, que podem sugerir a necessidade de atendimento médico especializado e urgente.

Em função das peculiaridades de uma prova de ultramaratona de 45 km realizada no Morro dos Perdidos, os resultados da presente pesquisa teriam aplicações práticas para muitos cientistas esportivos e praticantes de medicina esportiva que trabalham nessa área, bem como para treinadores e seus atletas.

Provas de ultramaratona na montanha provocam alterações nos marcadores bioquímicos, que podem apresentar concentrações diferentes, em relação ao sexo, à idade, ao nível de treinamento, à especificidade do esporte, ao tipo de carga de trabalho (carga de trabalho excêntrico como durante os percursos de descidas) e à distância percorrida na ultramaratona (SANTOS-CONCEJERO *et al.*, 2013; NIKOLAIDIS; KNECHTLE, 2020).

Para Legnani *et al.* (2021), o sucesso no rendimento esportivo passa pela necessidade de haver um equilíbrio entre as cargas externas de treinamento e as respostas a esses estímulos (carga interna). Os autores evidenciam a necessidade da inclusão de recursos que auxiliem a monitorar indicadores de *performance*, a fim de otimizar o rendimento e minimizar possíveis efeitos deletérios oriundos das cargas sofridas pelo treinamento ou pela competição.

Com isso, parece que monitorar as reações do organismo e observar as mudanças nos indicadores sanguíneos durante uma ultramaratona de montanha

deveria ser um procedimento padrão, a fim de não colocar a vida do atleta em risco, bem como balizar o planejamento e a periodização de um corredor para uma prova de ultramaratona na montanha na distância de 45 km.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Será que uma corrida de ultramaratona de montanha na distância de 45 km representaria um grande desafio ao equilíbrio do organismo dos atletas que competem nesse tipo de prova, até mesmo para atletas de elite? Será que o bem-estar desses corredores pode ser desafiado por distúrbios eletrólitos e bioquímicos?

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Revelar parâmetros de massa corporal total de eletrólitos e bioquímicos antes e após uma ultramaratona de montanha na distância de 45 km.

3.2 Objetivos específicos

- Mostrar os valores de massa corporal total dos ultramaratonistas, antes e após a competição e compará-las.
- Revelar os valores de hematócritos dos ultramaratonistas, antes e após a competição e compará-los.
- Avaliar os valores de glicose dos ultramaratonistas, antes e após a competição e compará-los.
- Mostrar os valores dos eletrólitos cálcio, sódio e potássio dos ultramaratonistas, antes e após a competição e compará-los.
- Analisar os valores de massa corporal, hematócritos, glicose, cálcio, sódio e potássio dos ultramaratonistas em relação ao tempo de prova e compará-los.
- Correlacionar os valores de massa corporal, hematócritos, glicose, cálcio, sódio e potássio dos ultramaratonistas com o tempo de prova.

4 HIPÓTESES

- H1: Ocorrerão alterações significativas nos parâmetros de massa corporal,

hematócritos, glicose, cálcio, sódio e potássio dos ultramaratonistas de montanha na distância de 45 km.

- H0: Não ocorrerão alterações significativas nos parâmetros de massa corporal, hematócritos, glicose, cálcio, sódio e potássio dos ultramaratonistas de montanha na distância de 45 km

5 REVISÃO DA LITERATURA

Para encontrar estudos publicados sobre o assunto, estruturou-se uma revisão de escopo, para fundamentar e sustentar esta dissertação de conclusão do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Procurou-se identificar estudos referentes às alterações eletroquímicas, nas bases de dados *PubMed/Medline*, *Web of Science*, *Scielo* e *Lilacs*.

Para a seleção dos descritores utilizados no processo da revisão do escopo proposto, foi realizada uma consulta ao Medical Subject Headings (MeSH) e selecionados os termos específicos que são utilizados para designar as variáveis, “eletroquímica”, “atletas”, “corrida de maratona”, “desempenho atlético”, “eritrócitos”, “eletrólitos”, “hematócrito”; “glicose”.

A partir desse conjunto de palavras-chave organizou-se a construção da estratégia de busca utilizando os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS, 2017), encontrando as palavras-chaves: *electrochemistry* (eletroquímica), *athletes* (atletas), *marathon running* (corrida de maratona), *athletic performance* (desempenho atlético), *erythrocytes* (eritrócitos), *electrolytes* (eletrólitos), *hematocrit* (hematócrito) e *glucose* (glucose).

Nas bases de dados *PubMed/Medline*, *Web of Science*, *Scielo* foram utilizados os descritores na escrita em inglês, e na base de dados *Lilacs* utilizou-se a escrita nas línguas inglesa e portuguesa. Já para a construção das sintaxes foram utilizados os operadores booleanos *AND* e *OR*. Foram realizadas combinações de sintaxes nas bases de dados, para assim obter um maior número de publicações sobre as variáveis da pesquisa.

Adotou-se como critério de inclusão artigos científicos originais publicados nos últimos dez anos em língua inglesa, espanhola e portuguesa, com exceção de algumas combinações na base de dados *PubMed/Medline*, nas quais não foram encontrados artigos nesse período, então optou-se pelo período livre em que

apareceram artigos científicos que poderiam acrescentar informações importantes.

O total que resultou dos artigos científicos selecionados foi exportado para a plataforma de seleção de artigos Rayyan (MOURAD *et al.*, 2016). A utilização dessa ferramenta possibilitou a seleção dos artigos científicos que embasaram o presente estudo. Outros estudos foram incorporados no ensejo de se buscar um maior conhecimento em algum tema específico. No total foram selecionados 44 artigos

5.1 Demanda fisiológica de corridas de montanha

As condições extremas com as quais os atletas podem se deparar nas corridas em montanha, como altitude, ganho cumulativo de elevação, distância percorrida e irregularidades no terreno (SAUGY *et al.*, 2013; FORNASIERO *et al.*, 2017), são importantes fatores de estresse, que causam alterações fisiológicas (KNECHTLE; NIKOLAIDIS, 2018), alterações bioquímicas e danos musculares (KIM *et al.*, 2007; DEL COSO *et al.*, 2013), inflamação, estresse oxidativo, perda de força e aumento do risco de lesão (KULAWIEC *et al.*, 2021).

Os estudos de Belinchon *et al.* (2018), realizados com 11 corredores de montanha na distância de 51,2 km, mostram a presença de ansiedade pré-participação, aumento na modulação simpática, aumento no catabolismo proteico e lesão muscular, com diminuição da massa livre de gordura, diminuição da força, diminuição significativa na massa corporal, percentual de gordura, e gordura abdominal, aumento na porcentagem de água e na percepção subjetiva de esforço.

Em uma pesquisa, Mrakic-Sposta *et al.* (2015) detalharam os mecanismos fisiológicos envolvidos sob condições extremas, em um grupo de experientes corredores de ultramaratona, na distância de 330 km. Os autores verificaram que os parâmetros de hematócritos diminuíram em 11,15% na pós-corrída ao observar que eles passaram de 45.2 ± 2.7 para 41.58 ± 2.54 na metade da corrida, terminando por registrar 40.16 ± 2.68 após a corrida. Os pesquisadores ainda confirmaram prejuízo no equilíbrio do estresse oxidativo, superprodução de ROS (*Reactive Oxygen Species*), alterações nos níveis de citocinas plasmáticas e urinárias (IL-6), nos hematológicos e no padrão de parâmetros urinários, insuficiência renal transitória e indícios de inflamação.

Em complemento, ROS são compostos derivados do oxigênio, que têm a capacidade de reagir rapidamente com componentes celulares, danificando lipídios, proteínas, carboidratos, ácidos nucleicos e perturbando o funcionamento dos

mecanismos celulares, associados à fisiopatologia de várias doenças, incluindo diabetes e doenças cardiovasculares (POWERS; JACKSON, 2008). No músculo esquelético a produção de ROS pode ser promovida por diversos estímulos, incluindo hipóxia, insulina e contração muscular (MERRY *et al.*, 2015).

Minuzzi *et al.* (2018) realizaram um estudo com onze homens e três mulheres que completaram os 230 km durante o *Al Andalusia Ultimate Trail*, na Espanha. A duração da prova foi de 28h17min ± 4h15min, dividida em cinco etapas de cinco dias (S1: 37 km, S2: 48 km, S3: 38 km, S4: 69 km e S5: 38 km, respectivamente). A velocidade média de 8,1±1,3 km/h, realizada em condições ambientais quentes e secas (30 °C-40 °C e 31%-40% UR), indica que em climas quentes há maior impacto nas respostas no volume de leucócitos e na variação plaquetária nos estágios iniciais da competição. Os autores sugerem que possa haver uma diminuição na função imune nos primeiros estágios da corrida, com algum risco transitório de infecção. Apontam que uma adaptação fisiológica para o esforço físico e o calor minimizam essas alterações para os estágios seguintes.

Um estudo de Jastrzębski *et al.* (2016) encontrou que as alterações na morfologia sanguínea e nos parâmetros bioquímicos escolhidos durante uma corrida de 100 km indicam que esforços tão exaustivos podem ser perigosos para a saúde em função de alterações metabólicas e grandes danos aos órgãos, independentemente da idade, ocorrendo tanto em participantes mais jovens (32±5,33 anos) quanto em participantes mais velhos (50,56±9,7 anos). E podem ocorrer de forma semelhante em participantes menos experientes e em corredores bem treinados.

5.2 Massa corporal total

A massa corporal total (MCT) é um parâmetro simples, que pode ser mensurado facilmente com leitura direta dos valores em quilogramas mostrados em uma balança.

Embora a perda de MCT possa ser explicada em parte pela desidratação (MAUGHAN; SHIRREFFS; LEIPER, 2007), outros fatores podem contribuir, em resposta às necessidades energéticas, nas quais as reservas de carboidratos, gorduras e proteínas no papel de substrato podem ser depletadas (HOFFMAN; GOULET; MAUGHAN, 2018).

Em um estudo com 11 atletas que participaram de uma prova de montanha de 51,2 km de ultra-resistência, Belinchon – de Miguel *et al.* (2018), observaram

aumento significativo na porcentagem de água corporal ao final da corrida. No entanto, as variáveis de peso corporal, gordura corporal, músculo, índice de massa corporal, diminuíram significativamente após a corrida.

O Colégio Americano de Medicina do Esporte alerta que perdas acima de 2 % da massa corporal, durante o exercício, prejudicam o desempenho físico e cognitivo (ACMS, 2007). É observado também nessas circunstâncias, diminuição da capacidade dos corredores de manter o ritmo uniforme durante uma situação competitiva (STEARNS et al., 2009).

Diante de esforços extenuantes como a participação em uma corrida de longa distância em montanha, são observadas perdas, muitas vezes importantes que podem comprometer não só o desempenho como também a integridade física do atleta.

5.3 Cálcio

O íon cálcio (Ca^{2+}) regula uma variedade de processos fisiológicos, como a contração muscular, a transmissão elétrica nervosa, a coagulação sanguínea, a secreção hormonal e a contratilidade cardíaca. Em função disso, é importante que suas concentrações extracelulares permaneçam em níveis ideais. A homeostasia do Ca^{2+} é regulada pelo hormônio paratireoideano PTH, pela calcitonina, pela vitamina D e pelo fósforo. Quando as taxas estão abaixo dos níveis adequados, há produção de PTH, para promover maior liberação do Ca^{2+} nos ossos e aumentar a absorção no trato gastrointestinal, para que ocorra a reabsorção pelos túbulos renais. O processo inverso acontece quando os índices de Ca^{2+} estão altos. A ação da calcitonina se opõe à do PTH, há a suspensão da liberação de Ca^{2+} nos ossos e há redução da absorção intestinal, condição que aumenta a deposição de Ca^{2+} nos ossos, estimulando a excreção renal. A vitamina D estimula a absorção do Ca^{2+} pelo trato intestinal e o fósforo a inibe (LEWIS *et al.*, 2013; MAHAN *et al.*, 2013).

Cerca de 99% do Ca^{2+} é combinado ao fósforo (P) e concentrado no sistema esquelético. A pequena fração de Ca^{2+} encontrada no plasma, divide-se em três formas: livre ou ionizado (50%); ligado a proteínas (40%); complexado ao fosfato, citrato ou carbonato (10%). O Ca^{2+} ionizado ou livre apresenta taxas normais no organismo entre 4,5 e 5,5 mEq/L, sendo que o Ca^{2+} total no soro é de aproximadamente 8,5 a 10,5mg/dL. O intervalo normal de concentração do cálcio ionizado no soro varia um pouco entre laboratórios, mas é tipicamente 4,7-5,2 mg/dL

(1,17-1,30 mmol/L).

Os distúrbios relacionados às concentrações séricas de Ca^{2+} no organismo podem gerar situações de hipocalcemia ou hipercalcemia. A hipocalcemia é definida como baixa nas taxas normais de Ca^{2+} , associada a níveis diminuídos de PTH e vitamina D. De forma aguda, seus sintomas estão relacionados a situações neuromusculares, que podem ser manifestadas com fraqueza muscular, mialgias, câimbras, sensações cutâneas anormais nas mãos e nos pés (STONE; HUMPHRIES, 2013).

Quando as concentrações séricas de Ca^{2+} total se encontram acima de 10,5mg/dL, esse distúrbio é chamado hipercalcemia, em que o aumento da reabsorção óssea e da absorção intestinal supera a eliminação renal. Níveis muito elevados de Ca^{2+} , como acima de 14mg/dL combinados com sua elevação abrupta e desidratação intensa, sintomas como sonolência, confusão mental, anorexia, náuseas e vômitos, são comuns, e podem evoluir para quadros mais graves, como pancreatite aguda, disfunção cognitiva, psicose e coma (BORGES *et al.*, 2014).

5.4 Sódio

Considerado o principal eletrólito do meio extracelular, o sódio está relacionado diretamente na manutenção do potencial de repouso da membrana celular e na geração do potencial de ação nos nervos e nos músculos (POWERS; HOWLEY, 2014). O Na^+ é um mineral que está presente em todos os líquidos e tecidos do organismo, tem relação direta com a manutenção do equilíbrio e distribuição da água, regulação da pressão osmótica celular, equilíbrio ácido básico e ritmo cardíaco normal (WILMORE; COSTILL, 2001).

No organismo os níveis de Na^+ normal variam de 135 a 145 mEq/L e atuam no controle de vários mecanismos. Como os mecanorreceptores, barorreceptores, mecanismos extra renais e sistema justa glomerular (VIEIRA; MOYSES, 2003).

O mineral é obtido pela dieta cuja quantidade ideal de ingestão na maior faixa da população parece estar na faixa de 1,5 g/dia. No entanto, é igualmente importante que os atletas de resistência consumam 300-600 mg/h (VENIAMAKIS *et al.*, 2022). É excretado pela via urinária, pelo suor, pelas fezes ou vômitos. A sudorese profusa é importante causa de depleção do Na^+ do organismo, como resposta a diversos fatores (DOUGLAS, 2006).

A concentração de Na^+ sanguíneo abaixo dos níveis normais caracteriza um

quadro clínico de hiponatremia, que pode ser ligeira, quando a concentração sérica de sódio cai abaixo de 135 mEq/L, e com sintomas severos, quando fica abaixo de 125 mEq/L (McARDLE; KATCH; KATCH, 2008).

Os mesmos autores descrevem também o desequilíbrio osmótico promovido pela concentração plasmática de Na^+ , que causa um influxo rápido de água para dentro do cérebro, geram sintomas que variam de leves (cefaleia, confusão, mal-estar, náuseas e câimbras) a graves (convulsões, coma, edema pulmonar, parada cardíaca e morte).

As concentrações de Na^+ diminuem como resposta à prática esportiva de longa duração. A hiponatremia é considerada um dos maiores riscos a atletas de resistência e a prevenção pode ser feita com o gerenciamento dos líquidos ingeridos durante a prática esportiva, a fim de evitar uma hiper-hidratação (WARBURTON *et al.*, 2002).

Para Noakes 2002, a sobrecarga de líquidos em todo o corpo, resultante da ingestão excessiva, seria a causa da hiponatremia sintomática do exercício. Para o autor não há evidências de que a diminuição usual de Na^+ , gerada durante o exercício, poderia causar essa condição na ausência da sobrecarga hídrica.

Em outro estudo, Noakes (2003) reitera que a quantidade de líquido ingerido é que determina se a hiponatremia se desenvolverá ou não. O quadro não se alteraria com a ingestão de bebidas esportivas com modestas quantidades de cloreto de sódio em pessoas que ingerissem líquidos demasiadamente. Tampouco haveria qualquer razão para crer que bebidas não palatáveis com grandes quantidades de Na^+ , impediriam o desenvolvimento da hiponatremia, naqueles que ingerissem o suficiente dessas bebidas concentradas para aumentar a água corporal total em 3 a 6L.

Fatos reforçados pelos estudos de Veniamakis *et al.*, (2022) predizem que a ingestão do mineral pode atenuar a queda nas concentrações sanguíneas, mas não elimina o desenvolvimento da hiponatremia, devendo-se atentar primeiro para a quantidade individual de líquidos consumidos e depois para a quantidade de sódio consumida

Embora as câimbras, entre outras causas, sejam associadas ao desequilíbrio eletrolítico, um estudo de coorte prospectivo com 210 atletas que competiram em um Ironman realizado por Schwellnus *et al.* (2011) não encontrou evidências de que elas sejam associadas ao exercício, pela desidratação, tampouco pela alteração do equilíbrio eletrolítico sérico.

Em concordância, Veniamakis *et al.*, (2022) também não observaram

evidências científicas documentadas sobre a relação entre o referido mineral e as câimbras musculares. Em vez disso, o estudo sugere que os atletas que competem em ritmo acelerado, que se exercitam em alta intensidade, correm risco de ter câimbras (SCHWELLNUS *et al.*, 2011).

5.5 Potássio

O K^+ é um cátion de grande importância nos processos fisiológicos do organismo, encontrado em abundância no meio intracelular e desempenha funções similares ao Na^+ , como osmolaridade, excitabilidade da membrana plasmática, sistemas tampões, sistemas enzimáticos, entre outros. O K^+ é importante para a contratilidade muscular cardíaca, esquelética e lisa, bem como seu papel na excitabilidade do sistema nervoso central (DOUGLAS, 2006).

O valor corporal total de K^+ é de aproximadamente 40-50mEq/Kg, em que 98% encontram-se nas células, principalmente nas musculares esqueléticas e cerca de 2% no ambiente extracelular. Apesar de a concentração plasmática de K^+ ser pequena no meio extracelular, em torno de 3,5 a 5,5mEq/L, contra 150mEq/L intracelular, a depleção pode gerar distúrbios consideráveis no organismo (ENGEL *et al.*, 2008).

As concentrações plasmáticas de K^+ influenciam diretamente a homeostasia acidobásica e a quantidade total corporal (DOHERTY *et al.*, 2017). O equilíbrio extracelular do K^+ é controlado pelos rins e pelo trato gastrointestinal. O eixo hormonal renina-angiotensina-aldosterona é o principal regulador da taxa de excreção de K^+ . Nos rins o K^+ filtrado é quase todo reabsorvido nos túbulos proximais, e uma pequena parcela na porção mais distal dos túbulos contorcidos distais (TOWNSEND, *et al.*, 2014; MARSHALL *et al.*, 2013).

A permeabilidade da membrana plasmática é produto dos inúmeros canais que possibilitam a saída constante de K^+ da célula, tornando seu potencial de repouso negativo. O retorno ao meio intracelular se faz pela ação da bomba de Na^+/K^+ , mantendo o gradiente de K^+ transmembranoso (ENGEL *et al.*, 2004).

Hipopotassemia ou hipocalemia é um distúrbio eletrolítico resultado da baixa concentração sérica de K^+ , abaixo de 3,5 mEq/l, induzindo a hiporreflexia, fraqueza muscular, fadiga, intolerância ao exercício, palpitações, dispneia, parestesias, câimbras musculares, constipação e distensão abdominal. Já cronicamente a depleção do potássio pode levar ao diabetes insípido nefrogênico ou à nefropatia hipocalêmica, e se não tratada pode evoluir para a insuficiência renal crônica (ENGEL

et al., 2008).

No entanto, menos comum, a hiperpotassemia ou hipercalemia é definida pelo excesso de potássio no organismo, em índices acima de 5,5mEq/L pode ocasionar perturbações no potencial de repouso da membrana celular, prejudicando a despolarização e a repolarização. Os tecidos mais afetados são o cardíaco e o muscular esquelético (ENGEL *et al.*, 2004). O excesso do K⁺ também pode ser resultado de uma redistribuição do meio intracelular para o extracelular, como ocorre na execução de um exercício físico extenuante, em que os canais de K⁺ são ativados e ocorre sua saída para o meio extracelular, como resposta vasodilatadora muscular. Essa perda muscular exacerbada de K⁺ pode ocasionar a hipercalemia (MARSHALL *et al.*, 2013; ENGEL *et al.*, 2008).

5.6 Glicose

De forma contínua, são retirados nutrientes provenientes de carboidratos, gorduras e proteínas, para a geração de energia necessária para a manutenção das atividades celulares. Durante o exercício, as principais fontes são os carboidratos e as gorduras (POWERS; HOWLEY, 2014). Para a absorção celular dos carboidratos é necessário que eles sejam degradados em monossacarídeos (glicose, galactose e frutose). Nas células musculares e hepáticas a glicose (Glu) é convertida em glicogênio, por intermédio da glicogênese. As reservas se encontram assim distribuídas: 100 g no fígado, 400 g nos músculos e 5 g circulante na forma de Glu. Os níveis normais de Glu sanguínea são mantidos pela glicogenólise hepática, liberando a Glu suficiente para até 12 horas, entre as refeições. Nos músculos, durante o exercício, as células musculares individuais quebram o glicogênio em Glu, para ser usada como fonte energética para que haja a contração (BAYNES; DOMINICZAK, 2015), (POWERS; HOWLEY, 2014).

A depleção de glicogênio hepático e muscular é uma das principais causas da fadiga. Segundo Mark *et al.* (2018), em um estudo de revisão, o glicogênio muscular é esgotado durante o exercício de maneira dependente da intensidade e da especificidade do exercício. Dietas ricas em carboidratos (CHO) aumentam o armazenamento de glicogênio muscular e subsequentemente melhoram o desempenho. Há um substancial aumento do armazenamento do glicogênio muscular

após a depleção prévia de glicogênio, relacionado ao efeito de super compensação, cuja magnitude depende da alta disponibilidade de CHO.

Durante e após eventos de resistência os atletas experimentam impactos fisiológicos importantes, como hiperglicemia e hiperinsulinemia, que podem se prolongar por alguns dias. Os impactos incluem inflamação, estresse oxidativo, dor e lesão muscular, perda de força, aumento do risco de lesão e atraso na recuperação. Medir de forma objetiva a recuperação do atleta é um dos objetivos do treinamento desportivo. Assim, levanta-se a hipótese de que o estado inflamatório é marcado e identificável em dados de monitoramento contínuo de glicose (CGM) minimamente invasivos por controle glicêmico, com resultados semelhantes aos efeitos da inflamação no diabetes tipo 2. Dessa forma, tanto a recuperação quanto a projeção de procedimentos específicos poderiam ser monitorados usando CGMs comercialmente disponíveis (KULAWIEC *et al.*, 2021).

Como estratégia para a recuperação do atleta é utilizada a ingestão de carboidratos imediatamente após o exercício. Observa-se que o glicogênio não é apenas um armazém de energia, pois atua como regulador de diferentes vias de sinalização relacionadas com o fenótipo oxidativo, sensibilidade à insulina, processos contráteis, degradação de proteínas e processos autofágicos (MATA-ORDOÑEZ *et al.*, 2019).

5.7 Hematócrito

O percentual do volume total de glóbulos vermelhos no sangue é chamado hematócrito (Hct), cujo valor para os homens é em média de 47% e para as mulheres em média de 42%. O percentual maior para os homens é devido aos hormônios androgênicos estimularem a produção de glóbulos vermelhos (MARTINI *et al.*, 2014).

O fornecimento de substrato aos músculos em atividade precisa ser garantido pelo sistema cardiovascular. Atletas, particularmente treinados em esportes de resistência, têm um hematócrito diminuído, que às vezes é chamado “anemia esportiva”. Como os atletas têm uma massa total aumentada de glóbulos vermelhos e hemoglobina em circulação em relação aos indivíduos sedentários, não se trata, portanto, de uma anemia clínica. Contudo, o exercício pode diminuir a massa de glóbulos vermelhos por hemólise intravascular por ruptura mecânica quando os glóbulos vermelhos passam pelos capilares nos músculos em contração e pela

compressão dos glóbulos vermelhos nas solas dos pés durante a corrida. Em consequência, há uma diminuição na idade média da população de hemácias circulantes em atletas treinados. Esses glóbulos vermelhos mais jovens são caracterizados por melhor liberação de oxigênio e deformabilidade, os quais também melhoram o suprimento de oxigênio para os tecidos durante o exercício (MAIRBÄURL, 2013).

Brun *et al.* (2000), sobre haver um paradoxo em relação ao Hct, encontraram dados que confirmam que os atletas aptos têm um Hct bastante baixo associado a outras melhorias metabólicas e ergométricas, já atletas com alto Hct encontram-se em sobre treino e/ou com deficiência em ferro, e que sua viscosidade sanguínea (e desagregação dos glóbulos vermelhos) tende a aumentar. Uma vez que a *performance* esportiva é dependente da capacidade do transporte de oxigênio para os músculos, o desempenho melhoraria se houvesse um aumento artificial do Hct, o *auto-doping*.

No entanto, existem dados contrastantes, nos quais há uma forte correlação negativa entre a aptidão física e o Hct. Como efeito do treinamento regular, uma auto-hemodiluição diminui a viscosidade do sangue, diminuindo o Hct. O efeito benéfico é a diminuição da resistência circulatória periférica e pós carga ventricular. A auto-hemodiluição, além disso, associaria a diminuição do Hct com aumento do volume sanguíneo, que por sua vez aumenta o débito cardíaco por meio do efeito Frank-Starling.

Atletas de resistência podem ter 40% mais volume de células vermelhas e esse número pode aumentar até 10% após meses de treinamento físico regular. Esse aumento pode ser percebido após poucas sessões de treinamento, que por sua vez diminui transitoriamente o hematócrito. Diminuição essa que pode ser considerada como um mecanismo primário que facilita a expansão do volume de células vermelhas com o treinamento de resistência. Mesmo após uma única sessão de exercício de resistência, os hormônios reguladores do volume sanguíneo ANGII e VPN aumentam transitoriamente, estimulando a produção renal de eritropoietina. As catecolaminas e o cortisol, hormônios do estresse agudamente aumentados pelo exercício de resistência, podem facilitar a liberação de glóbulos vermelhos da medula óssea, possivelmente contribuindo para a eritropoiese induzida pelo treinamento. Tais efeitos

podem ser potencializados pela hiperplasia da medula óssea hematopoiética observada em atletas de endurance (MONTERO *et al.*, 2018).

6 METODOLOGIA

6.1 Análise secundária

O presente estudo é uma análise secundária de um banco de dados da prova de corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, na qual ocorreram provas de 13 km, 25 km, 45 km e 105 km para homens e mulheres, tendo como objeto de interesse exclusivamente os dados da prova masculina de 45 km.

O banco de dados faz parte de um Projeto Integrador com diversos dados das provas de 45 km e 105 km masculino e feminino. A coleta de dados foi desenvolvida junto à equipe de pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), coordenada pelo Prof. Dr. Julio Cesar Bassan. Resultando em uma tese de doutorado e três dissertações de mestrado.

6.2 Delineamento do tipo de pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de campo caracterizada como descritivo-transversal, por consistir em investigações empíricas, cuja finalidade é a descrição de determinada população (LAKATOS; MARCONE, 2003; GIL, 2002). Classificada como pré-experimental, na qual um grupo é submetido a um tratamento (em dois momentos). O controle dos efeitos é realizado por meio de um teste antes da experiência (pré-teste) e um teste ao final (pós-teste) (SILVA *et al.*, 2011).

6.3 Amostra

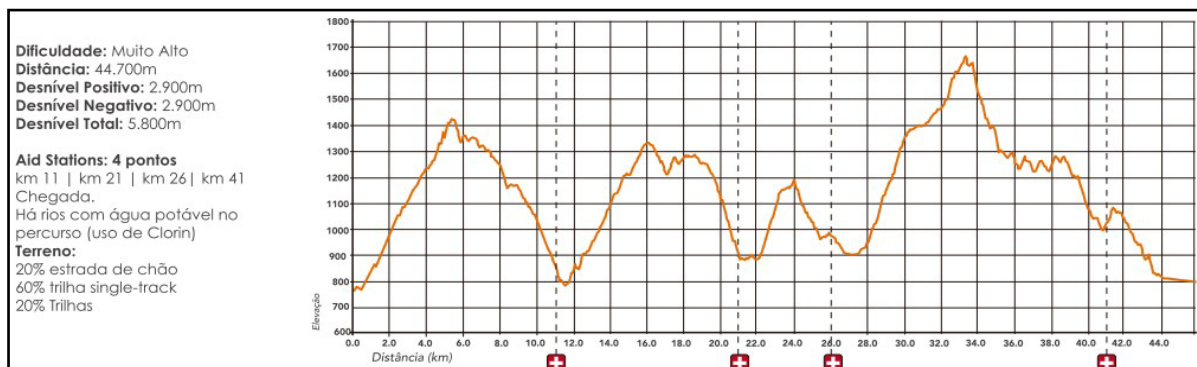
Entre os 149 participantes da prova de 45 km da Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, 40 atletas fizeram parte do presente estudo, número que representa 27% dos atletas que competiram na prova de 45 km. Tais atletas tinham idade média de $38,3 \pm 6,9$ anos e média de estatura de $1,75 \pm 0,06$ cm.

6.4 Características da prova de 45 km

A prova teve as seguintes características conforme o gráfico da altimetria oficial

do evento (Figura 1): a dificuldade da prova indicada como muito alta; a distância total percorrida, 44.700 m, constituído de cerca de 20% de estrada de chão, 20% de trilhas e 60% de trilha *single-track*; desnível acumulado de 5.800 m, sendo 2.900 m positivo e 2.900 de desnível negativo; quatro pontos de cuidados médicos e hidratação nos km 11, 21, 26 e 41; as temperaturas variaram de 8 °C a 22 °C e a umidade relativa do ar de 81%; o horário de largada ocorreu às 06h05min da manhã do dia 14 de julho de 2017. Nessa coleta de dados, referência para esta dissertação de metrado, o melhor tempo de prova TP foi de 5h12min11s e o maior TP 11h08min45s. O TP médio de 8,33h.

Figura 1 – Altimetria da Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017



Fonte: Guia Ultramaratona dos Perdidos (2017).

6.5 Seleções dos participantes, grupos dos participantes, Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

Todos os corredores foram selecionados de maneira equitativa, ou seja, todos tiveram as mesmas chances de participar da pesquisa. Foi enviado previamente um correio eletrônico para todos os participantes, convidando a fazer parte e explicando sobre a pesquisa e todas as suas etapas. Todos que concordaram com a participação na presente investigação, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A).

Esta pesquisa pertence a um projeto integrador, que foi autorizada pelo Comitê de Ética e sob o parecer n.º 2.147.225 (APÊNDICE B), e desenvolvida junto à equipe de pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

6.6 Critérios de inclusão e exclusão

6.6.1 Fatores de inclusão

Foram incluídos nesta pesquisa os resultados da coleta de dados de atletas do sexo masculino, com prática de corrida de rua, trilhas ou montanhas de um a cinco anos de experiência de pelo menos 2 provas de 21 km e uma de 42 km entre os anos de 2015 e 2016, e que não apresentaram patologias.

Para a elaboração desta dissertação de mestrado foram incluídos os dados disponibilizados de todos os 40 corredores que participaram da prova de 45 km da corrida de montanha Ultramaratona do Morro dos Perdidos *Skymarathon*® de 2017, contemplando a totalidade da coleta de dados.

6.6.2 Fatores de exclusão

Os critérios de exclusão adotados foram: 1) atletas que não entregarem o termo de consentimento devidamente assinado; 2) não realizaram a coleta de sangue pré-prova ou pós-prova de 45 km.

Para a elaboração desta dissertação não houve exclusão, sendo, portanto, incluídos os dados de todos os 40 corredores da coleta de dados.

6.7 Procedimentos e instrumentos

6.7.1 Desenho do estudo

Os atletas foram submetidos a duas avaliações antropométricas e sanguíneas, pré e pós competição. O momento pré aconteceu na Loja Território Mountain Shop, localizada na Rua Vicente Machado, n.º 2.855, bairro Batel em Curitiba (PR), um ou dois dias antecedentes à prova, na retirada obrigatória dos *kits* de competição. O momento pós aconteceu no município de Tijucas do Sul (PR), precisamente no Sítio Morro dos Perdidos, na BR 376, sentido Sul, km 662, no dia 15 de julho de 2017, na Ultramaratona dos Perdidos *Skymarathon*®.

Coleta 1 Pré-prova	<ul style="list-style-type: none"> • Um ou dois dias antes da competição; • Mensuração de massa corporal, estatura, coleta sanguínea por meio de sangue capilarizado.
Coleta 2 Pós-prova	<ul style="list-style-type: none"> • Após o término da corrida (em campo); • Mensuração de massa corporal, coleta sanguínea por meio de sangue capilarizado.

6.7.2 Composição corporal

A avaliação antropométrica foi composta por medidas de massa corporal total (MCT) e estatura total (ESTT). A MCT foi mensurada em uma balança antropométrica tipo plataforma (Filizola®, Filizola S.A., Brasil) com precisão de 100 gramas. Para a obtenção dos dados da ESTT foi utilizado o estadiômetro portátil (Seca®, Hamburgo, Alemanha) com precisão de 0,1 cm, considerando como valor final a média aritmética de três medidas consecutivas (LOHMAN; ROCHE; MARTORELL, 1988).

6.7.3 Coleta de sangue

As amostras de sangue venoso foram coletadas por meio de sangue capilarizado, mediante técnica de pulsão da polpa de um dos dedos da mão por coleta (BISHOP; MARTINO, 1993). A pele dos dedos foi limpa com álcool 70° e seca para evitar mistura com suor ou água. Evitando a pressão do local, a gota grossa de sangue foi recolhida utilizando capilar com capacidade de 200µL (Capillary Tubes 250 Roche®), tratado com heparina.

Todo o procedimento de coleta sanguínea foi realizado por uma enfermeira profissional. Para realizar a análise de sangue foi utilizado o equipamento de Gasometria GEM Premier 3000, para os parâmetros de Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Glu e Hct.

A amostra sanguínea foi processada logo em seguida de sua coleta, garantindo a confiabilidade e obtendo resultados logo após a coleta. Os resultados foram obtidos em aproximadamente 85 segundos após a introdução da amostra (BÉNÉTEAU-BURNAT *et al.*, 2004).

Graças à metodologia *point-of-care-tests* (POCT) é possível executar a coleta *in loco*, superando dificuldades de se realizar os procedimentos na montanha, considerado pelo pesquisador como um ponto alto do estudo.

6.8 Riscos e benefícios

6.8.1 Riscos

Riscos mínimos residiram na coleta das amostras sanguíneas, tais como sensação de dor moderada no local da punção, leve sangramento e baixo risco de infecção, mitigados pelos procedimentos e pelas medidas preventivas a seguir: utilização de material esterilizados e descartáveis para a punção, como seringas, agulhas e luvas; assepsia do local a ser puncionado por meio da utilização de álcool 70%. Procedimentos executados por uma enfermeira.

6.8.2 Benefícios

Treinadores e atletas que participaram dos procedimentos metodológicos, da presente pesquisa, já receberam todos os resultados da coleta de dados.

As análises pré e pós competição ficarão disponibilizadas para consulta pública, que poderão direcionar o balizamento do planejamento e a periodização do treinamento desses atletas. Salientando a importância de monitorar os parâmetros dos

biomarcadores analisados nesta dissertação

Para futuras participações nas próximas edições da Ultramaratona do Perdidos, esta pesquisa pode servir como subsídio de estratégia da prova.

6.9 Monitoramento e segurança dos dados

Os dados foram tabulados, avaliados estatisticamente e codificados, de maneira que todas as informações confidenciais estão protegidas.

6.10 Avaliação dos dados

A análise estatística foi realizada no ambiente de computação estatística R (R CORE TEAM, 2022), para uma descrição das variáveis mensuradas, valor como o principal e a média. O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para estabelecer a correlação entre o pré e o pós e as variáveis mensuradas. Os dados foram apresentados como média e intervalos interquartis (IQR) e média e desvio padrão (DP). Além disso, para representação foram construídos gráficos de dispersão, barra, e de linha.

Como várias medidas são do tipo *follow-up* pré e pós, o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a distribuição normal dos dados. Os testes de comparação de médias Teste-t e/ou testes de postos sinalizados de *Wilcoxon* foram executados para comparar parâmetros antropométricos e laboratoriais antes e depois da corrida, conforme apropriado segundo a normalidade. Para todos os procedimentos estatísticos foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$ (APÊNDICE C).

7 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a comparação dos índices antes e depois da corrida, das alterações da massa corporal total (MCT) de acordo com a média dos 40 corredores. Uma comparação da MCT de acordo com o tempo de prova (TP), sendo dividido pela mediana do TP, dessa forma, 20 corredores com menores tempos e 20 corredores com maiores tempos compõem os grupos. E como informação adicional as alterações pré e pós do MCT do atleta com o menor TP (5h20min) e o atleta com o maior TP (11h8min). É possível observar que o comportamento dos valores é semelhante nos três grupos, indicando uma diminuição da MCT de 2,12 kg na média dos 40 corredores, de 1,8 kg para aqueles com menores tempos e 2,4 kg

para aqueles com tempos maiores de prova.

O atleta deste estudo com menor TP (5h12min11s) teve como alteração da MCT um decréscimo de 1,3 kg.

Tabela 1– Comparação pré e pós das alterações da MCT

MCT (kg)	Pré	Pós	p valor
Todos (n=40)	75,55±8,84	73,43±8,44	0,0001
↓ tempos (n=20)	75,5±9,84	73,7±7,50	<0,000001
↑ tempos (n=20)	75,60±7,98	73,20±7,50	0,000316
Atleta ↓ TP (5h20min)	66,1	64,8	-
Atleta ↑ TP (11h8min)	69,2	67,4	-

MCT = Massa corporal total.

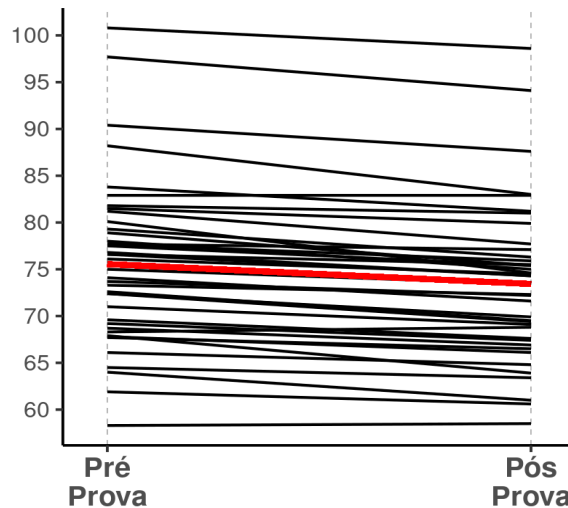
Fonte: O autor (2022).

O atleta com o maior TP (11h8min45s) teve como alteração um decréscimo de 1,8 kg na MCT.

Figura 2 – Comportamento da MCT

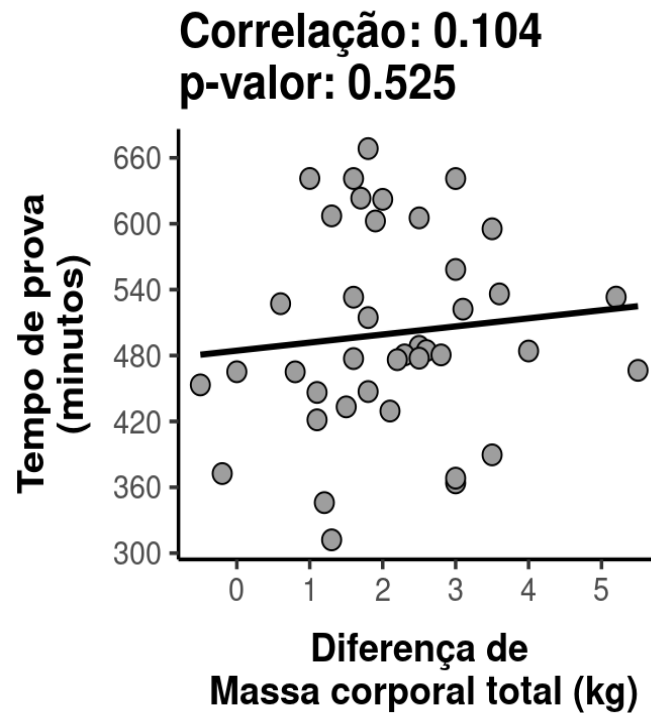
Massa corporal total (kg)

Diferença média: 2.122
(p-valor: < 0.0001)



Fonte: O autor (2022).

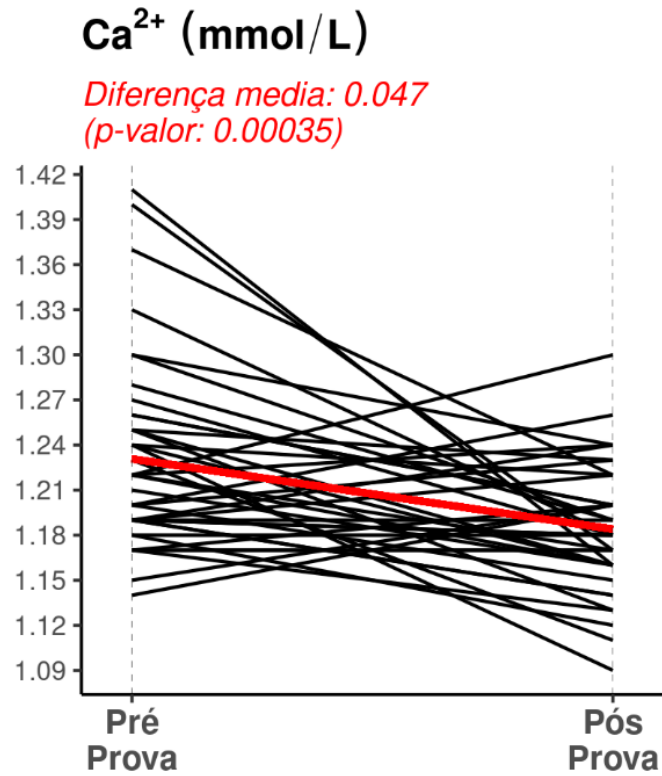
Figura 3 – Correlação TP x MCT



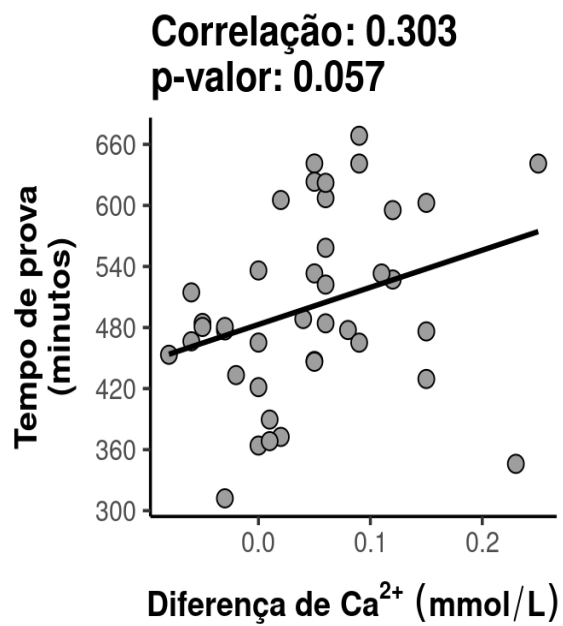
Fonte: O autor (2022).

A Figura 2 apresenta as variações da MCT, antes e depois da prova. Cada linha preta corresponde à variação da MCT de cada atleta e a linha vermelha corresponde à média dos valores pré e pós-prova. No qual é possível observar o decaimento médio altamente significativo de 2,12 kg de acordo com o p-valor <0,0001.

Na Figura 3 é apresentado um gráfico de dispersão, no qual cada bolinha corresponde a um corredor, mostrando a correlação entre TP e MCT. É possível observar que a diferença entre pré e pós tende a aumentar conforme o tempo de prova, embora por mais que exista um padrão de aumento, ou seja, correlação positiva, esta não é estatisticamente significativa, conforme indicado pelo p-valor.

Figura 4 – Comportamento do Ca^{2+} 

Fonte: O autor (2022).

Figura 5 – Correlação de TP x Ca^{2+} 

Fonte: O autor (2022).

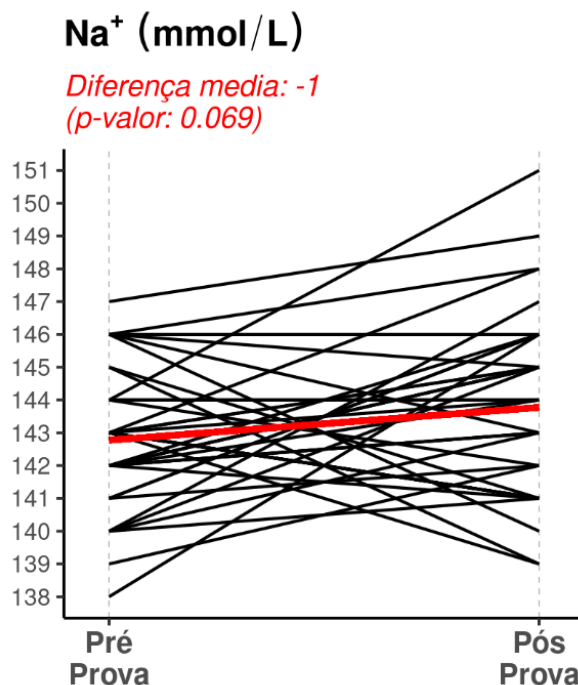
As Figuras 4 e 5 apresentam o comportamento do Ca^{2+} e uma correlação com o TP.

Na figura 4 cada linha preta corresponde a um corredor e a linha vermelha corresponde à média dos valores pré e pós prova. É possível observar que na média o valor das concentrações de Ca^{2+} decai em 0,047 mmol, apresentando um padrão de decréscimo altamente significativo, como indica o baixo p-valor.

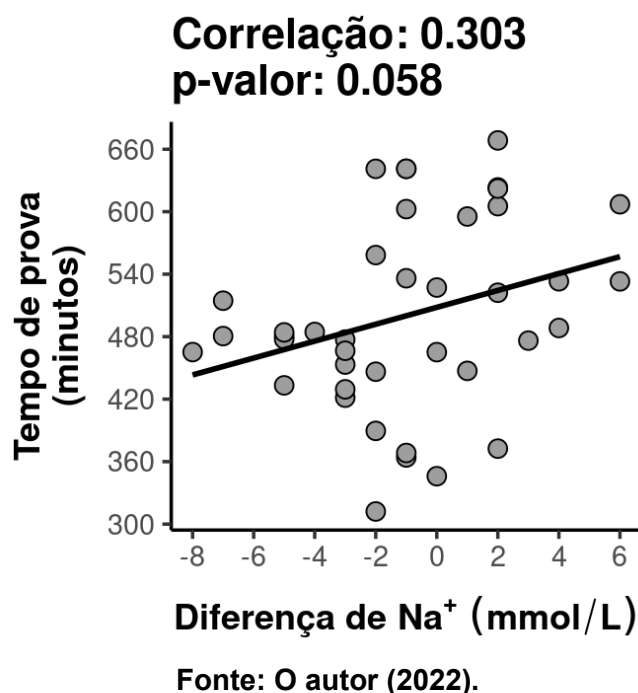
Na Figura 5 é apresentado um gráfico, no qual cada bolinha corresponde a um corredor, mostrando que a diferença entre pré e pós tende a aumentar conforme o tempo de prova, existindo uma correlação positiva significativa, porém não fortemente, em observação ao p-valor localizar-se no limiar. Sendo possível interpretar que o Ca^{2+} segue a tendência de decréscimo quanto maior for o tempo de prova.

Com relação ao biomarcador sanguíneo Na^+ as Figuras 6 e 7 apresentam gráficos com o comportamento pré e pós e um gráfico de dispersão, fazendo uma correlação entre o Na^+ e o TP.

Figura 6 – Comportamento do Na^+



Fonte: O autor (2022).

Figura 7 – Correlação TP x Na⁺

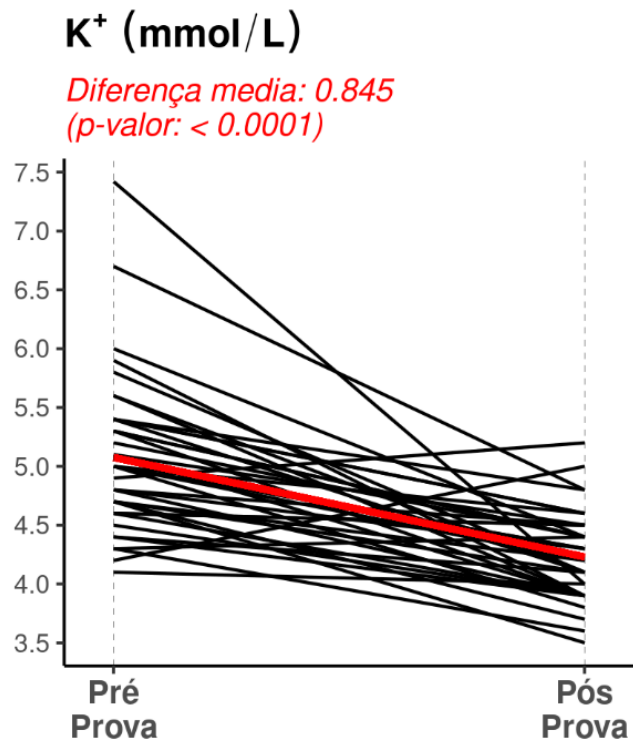
Na Figura 6 cada linha preta corresponde a um corredor e a linha vermelha corresponde à média dos valores pré e pós prova. É possível observar que na média o valor das concentrações de Na⁺ aumenta em 1,0 mmol, apresentando um padrão de acréscimo significativo, porém não fortemente significativo, como indica o p-valor.

Na Figura 7 é apresentado um gráfico de dispersão, correlacionando o TP com o Na⁺, no qual cada bolinha corresponde a um corredor, mostrando que a diferença entre pré e pós tende a aumentar conforme o tempo de prova de maneira significativa.

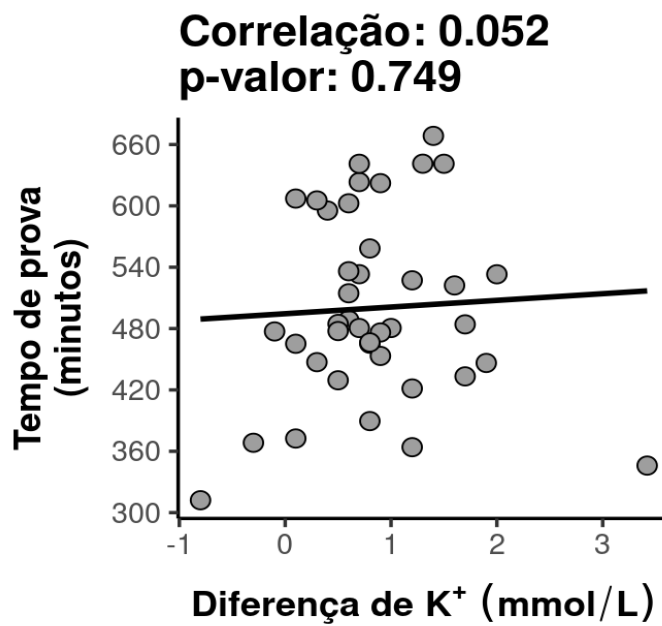
É possível observar que o comportamento do Na⁺ tem uma tendência de acréscimo conforme o TP. Ou seja, quanto mais tempo os atletas levam correndo maior será a concentração de Na⁺ no sangue.

No que diz respeito ao biomarcador sanguíneo K⁺, é possível observar uma forte tendência de queda, inclusive de um *outlier*, que iniciou a prova com um alto índice desse parâmetro.

As Figuras 8 e 9 apresentam gráficos do comportamento pré e pós do K⁺ e de correlação entre o TP e o K⁺.

Figura 8 – Comportamento do K⁺

Fonte: O autor (2022).

Figura 9 – Correlação TP x K⁺

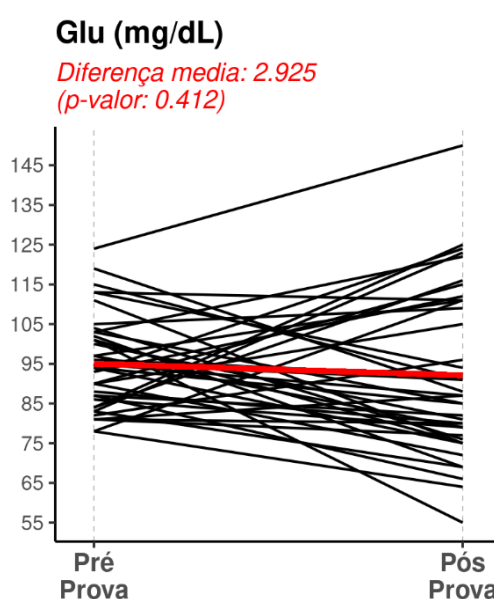
Fonte: O autor (2022).

Na Figura 8 cada linha preta corresponde a um corredor e a linha vermelha corresponde à média dos valores pré e pós prova. É possível observar que na média o valor das concentrações de K^+ decresce em 0,845 mmol, apresentando um padrão de decréscimo altamente significativo, como indica o baixo valor de p.

Na Figura 9 é apresentado um gráfico, no qual cada bolinha corresponde a um corredor, mostrando que a diferença entre pré e pós tende a aumentar conforme o tempo de prova, embora de maneira estatisticamente não significativa, indicado pelo p-valor como também pelo aspecto da imagem do posicionamento das bolinhas.

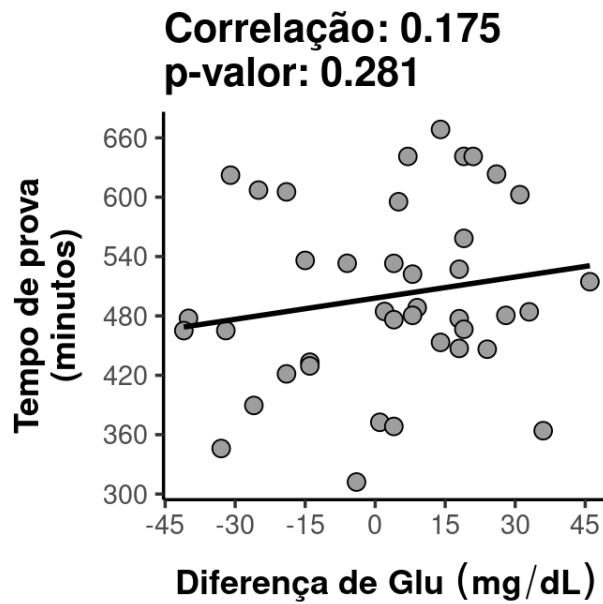
As Figuras 10 e 11 apresentam o comportamento da Glu. Na Figura 10 cada linha preta corresponde a um corredor e a linha vermelha corresponde à média dos valores pré e pós prova. É possível observar que na média o valor das concentrações de Glu teve uma perda em 2,925 mg/dL, apresentando um padrão de decréscimo não significativo, como indica o p-valor. É possível observar a presença de um *outlier* com ganho bastante considerável, com valores bem diferentes dos demais, talvez seja em função disso que a diferença não tenha sido significativa. Na Figura 13 é apresentado um gráfico de correlação entre tempo de prova e concentrações de Glu, no qual cada bolinha corresponde a um corredor, mostrando que a diferença entre pré e pós tende a aumentar conforme o tempo de prova, ou seja, quanto maior a perda de Glu maior o TP utilizado, porém de maneira não significativa.

Figura 10 – Comportamento da Glu



Fonte: O autor (2022).

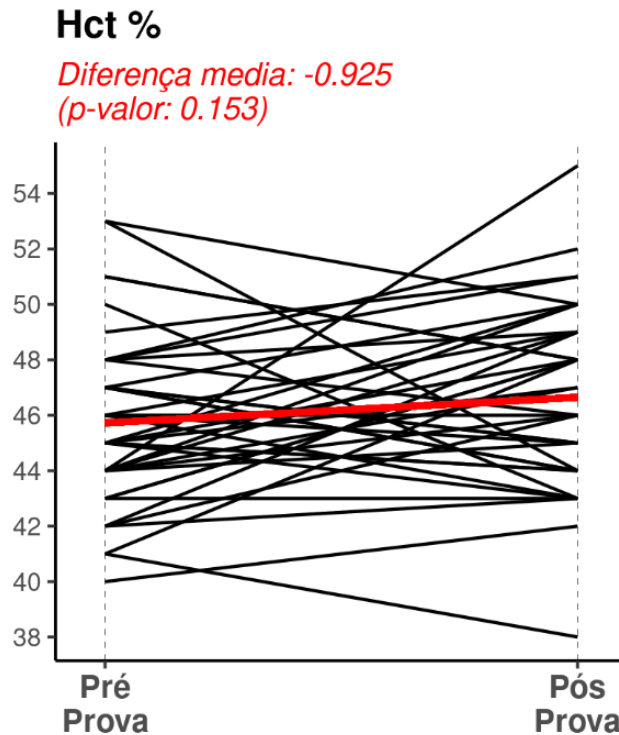
Figura 11 – Correlação TP x Glu



Fonte: O autor (2022).

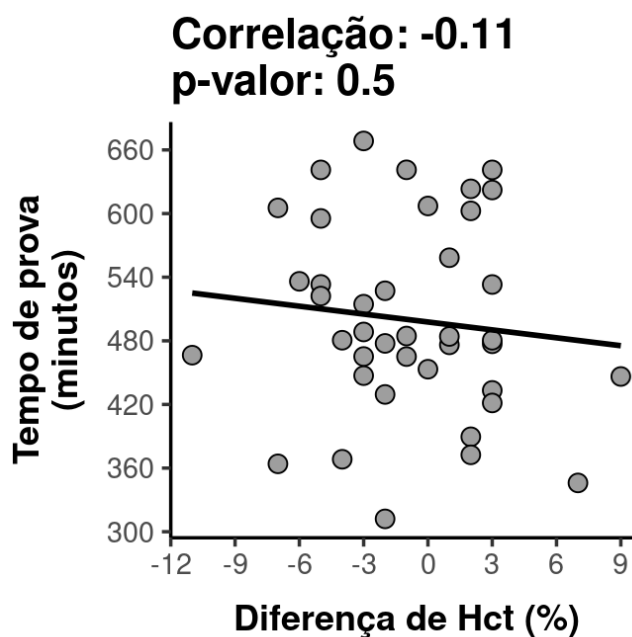
Com relação ao biomarcador sanguíneo Hct observou-se um comportamento interessante, como podemos verificar nos gráficos apresentados na sequência.

Figura 12 – Comportamento do Hct pré e pós



Fonte: O autor (2022).

Figura 13 – Correlação TPxHct%



Fonte: O autor (2022).

Na Figura 12 cada linha preta corresponde a um corredor e pela linha vermelha é possível observar que na média o valor das concentrações de Hct apresenta um acréscimo de 0,925%, indicando um padrão de acréscimo não significativo, como indica o p-valor.

Na Figura 13 é apresentado um gráfico correlacionando TP com Hct, mostrando que a diferença entre pré e pós tende a decrescer conforme o TP, embora de maneira estatisticamente não significativa, a maioria dos pontos estão próximos no meio. Alguns *outliers* direcionam a reta para baixo. Quanto maior o Hct, menor o TP.

Tabela 2 – Comportamento das alterações dos biomarcadores Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Glu e Hct dos 40 corredores pré-prova e pós-prova

Biomarcador	Pré	Pós	p valor
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,231±0,063	1,184±0,043	0,00035
Na ⁺ (mmol/L)	142,775±2,082	143,775±2,750	0,069
K ⁺ (mmol/L)	5,076±0,661	4,230± 0,376	0,0001
Glu (mg/dL)	95,025±11,759	92,100±20,910	0,412
Hct (%)	45,725±3,130	46,650±3,302	0,153

Ca²⁺ = Cálcio; Na⁺ = Sódio; K⁺ = Potássio; Glu = Glicose; Hct = Hematócrito; mmol/L = milimol/Litro

Fonte: O autor (2022).

Tabela 3 – Comportamento das alterações dos biomarcadores Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Glu e Hct conforme a mediana do tempo de conclusão da prova de 45 km

Biomarcador (n=20)	Tempos abaixo da mediana		p valor
	Pré	Pós	
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,22±0,0675	1,20±0,0365	0,144
Na ⁺ (mmol/L)	142±2,42	145±1,98	0,00141
K ⁺ (mmol/L)	5,10±0,794	4,32±0,403	0,000968
Glu (mg/dL)	95,80±13,1	98,2±20,9	0,649
Hct (%)	46,4±3,30	46,6±3,56	0,775
Biomarcador (n=20)	Tempos acima da mediana		p valor
	Pré	Pós	
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,24±0,0602	1,17±0,0447	0,000316
Na ⁺ (mmol/L)	143±1,70	143±3,03	0,654
K ⁺ (mmol/L)	5,05±0,514	4,14±0,332	<0,0001
Glu (mg/dL)	94,2±10,5	86,0±19,5	0,0789
Hct (%)	45,1±2,90	46,6±3,12	0,0493

Ca²⁺ = Cálcio; Na⁺ = Sódio; K⁺ = Potássio; Glu = Glicose; Hct = Hematócrito; mmol/L = milimol Litro.

Fonte: O autor (2022).

Tabela 3 – Comparação das alterações dos biomarcadores Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Glu e Hct entre o atleta com menor TP e o de maior TP nos 45 km

Biomarcador	Atleta ↓ TP (5:12:11)		Diferença
	Pré	Pós	Pré – Pós
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,19	1,22	-0,03
Na ⁺ (mmol/L)	143	145	-2
K ⁺ (mmol/L)	4,2	5	-0,8
Glu (mg/dL)	105	109	-4
Hct (%)	49	51	-2

Biomarcador	Atleta ↑TP (11:08:45)		Diferença
	Pré	Pós	Pré – Pós
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,28	1,19	0,09
Na ⁺ (mmol/L)	143	141	2
K ⁺ (mmol/L)	5,3	3,9	1,4
Glu (mg/dL)	78	64	14
Hct (%)	47	50	-3

Ca²⁺ = Cálcio; Na⁺ = Sódio; K⁺ = Potássio; Glu = Glicose; Hct = Hematócrito; mmol/L= milimol Litro.

Fonte: O autor (2022).

A Tabela 2 concentra os valores médios e o desvio padrão, bem como os respectivos valores de p dos biomarcadores sanguíneos.

A Tabela 3 apresenta os valores médios das mesmas variáveis da Tabela 2, porém levando-se em consideração os 20 corredores com menor TP e os 20 corredores com maior TP, divididos pela mediana dos tempos.

A Tabela 4 apresenta os valores dos biomarcadores Pré e Pós do atleta mais rápido e do atleta mais lento da prova de 45 km.

8 DISCUSSÃO

A presente investigação teve como objetivo comparar parâmetros de MCT, Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Glu e Hct dos corredores masculinos antes e após uma corrida de 45 km em montanha. Os principais achados foram: (a) a diminuição de MCT; (b) a diminuição da concentração de Ca²⁺ principalmente nos atletas que demoraram mais tempo para terminar a prova; (c) o aumento da concentração de Na⁺; (d) a diminuição na concentração de K⁺; (e) a diminuição da concentração de Glu, principalmente nos atletas que demoraram mais tempo; (f) o aumento no percentual de Hct.

Diante do esforço da prova de 45 km o perfil antropométrico apresentou uma perda média de 2,81% de MCT. Embora a perda da MCT possa ser explicada em parte pela desidratação (MAUGHAN; SHIRREFFS; LEIPER, 2007), outros fatores podem ter contribuído, como em resposta às necessidades energéticas, nas quais as reservas de carboidratos, gorduras e proteínas no papel de substrato podem ser depletadas (HOFFMAN; GOULET; MAUGHAN, 2018). Belinchon-de Miguel *et al.* (2018) observaram um aumento no catabolismo proteico e quebra muscular, com diminuição da massa livre de gordura, diminuição da força, no consumo de gordura corporal, na percentagem de água.

Ramos *et al.* (2016) analisaram 11 atletas em uma prova de 54 km em Cartagena na Espanha, TP médio de 6h44min. Observaram perda de 1,82 kg na MCT correspondente a 2,4%, aumento da modulação simpática, grande diminuição no salto vertical e aumento significativo de danos musculares. Como as características da prova são semelhantes, sugere-se que participar dos 45 km da Ultramaratona dos Perdidos possa ter ocasionado também danos musculares, fato a ser considerado para o planejamento de treinamentos específicos.

A respeito dos valores do perfil eletroquímico dos 40 corredores, referente ao Ca^{2+} , embora tenha havido decréscimo, não ocorreu uma variação no pré e pós competição que saísse da normalidade, em paralelo com o trabalho de Fernandes (2019). Esse autor sugere (*apud* FERREIRA-JUNIOR *et al.*, 2014) uma correlação com a queda dos níveis de pH, bicarbonato, aumento do lactato, albumina, cálcio total e alcalose respiratória durante a atividade física. No entanto, tais biomarcadores não fizeram parte do escopo deste estudo.

No estudo de Jastrebski Z *et al.* (2016) feito com 14 corredores, após 25 km, 50 km, 75 km e 100 km, bem como após 12h e após 24h do término, não foram encontradas alterações significativas nas concentrações de Na^+ e Ca^{2+} , mostrando bastante semelhança com o presente estudo. Klapcińska *et al.* (2013), em um estudo com 44 participantes de uma ultramaratona de 48 h, verificaram um decréscimo progressivo do Ca^{2+} , repouso de $1,22 \pm 0,03$ mmol/L para $1,17 \pm 0,02$ mmol/L ao final da prova.

Com relação ao Na^+ , os índices se mantiveram entre 142,775 mmol/L e 143,775 mmol/L, não sendo observado, portanto, casos de hiponatremia (nível sérico

de sódio inferior a 135 mmol/L) (SCOTNEY; REID, 2015).

Ao avaliar 19 mulheres na corrida de 45 km em montanha, Fernandes (2019) verificou que os níveis de Na^+ não apresentaram alterações significativas pré 1,24 mmol \pm 0,09 e pós 1,20 mmol \pm 0,15. Fato a ser considerado é que a pesquisa de Fernandes fez parte do Projeto Integrador desenvolvido pela equipe de pesquisadores da UTFPR, no mesmo evento, com a mesma metodologia e equipamentos da presente dissertação.

Em provas de ultra resistência a retenção de sódio está associada ao aumento da aldosterona pelo sistema renina-angiotensina (FELLMANN *et al.*, 1999). Observou-se que após exercício físico intenso a aldosterona aumenta, ampliando a absorção do sódio pelos rins (FREUND *et al.*, 1999).

Rüst *et al.* (2012) avaliaram a ingestão de líquidos e as alterações de massa corporal, gravidade específica da urina e concentração plasmática de sódio em 65 ciclistas de estrada de ultra resistência em uma maratona de ultra ciclismo de 720 km, a Maratona Suíça de Ciclismo. Os ciclistas perderam 1,5 (1,7%) da massa corporal ($P < 0,01$). Nenhum atleta desenvolveu hiponatremia associada ao exercício (HAE). A ingestão de líquidos foi associada à mudança na $[\text{Na}^+]$ plasmática ($r = -0,32$, $P < 0,05$) e à mudança na massa corporal ($r = -0,30$, $P < 0,05$). A mudança no plasma $[\text{Na}^+]$ foi relacionada ao plasma pós-corrida $[\text{Na}^+]$ ($r = 0,63$, $P < 0,0001$). Sugerindo hipóteses como a diminuição da MCT e a mudança de comportamento com relação à hidratação, diante da dificuldade de ingerir líquidos com a variação do relevo, teriam favorecido os atletas contra a HAE. Vindo ao encontro das condições do percurso da Ultramaratona dos Perdidos e da perda de MCT dos atletas de 45 km.

Referente aos valores de K^+ pré e pós-competição, curiosamente houve seis casos nos quais os valores iniciais apresentaram índice compatíveis com hiperpotassemia. Os demais corredores se mantiveram no intervalo de referência de 3,5-5,1 mmol/L (WU, 2006).

Observou-se que o K^+ pré com o pós-competição evidenciou uma queda significativa, inclusive naqueles que iniciaram com índices mais altos e que terminaram a prova com os índices normalizados; talvez por intermédio da melhora da recaptação do K^+ plasmático pelas células musculares após o exercício, induzidas pela regulação da bomba Na^+/K^+ , fato que pode ter ocorrido devido à elevação

induzida da excitação do Na⁺ intracelular nos músculos ativos e ao incremento das catecolaminas plasmáticas (CLAUSEN, 2010).

Com referência a Glu, houve uma variação para menos em 2,925 mmol/dl na média dos corredores, no entanto, em função de haver um *outlier*, com ganho bastante considerável, com valores muito acima dos demais, é provável que os resultados estatísticos tenham sofrido alguma variação.

Analisando a Tabela 3 é possível verificar que na média os corredores mais rápidos tiveram uma variação positiva em 2,4 mg/dl, ou seja, aumentaram as concentrações de Glu. Por outro lado, os corredores com os piores tempos sofreram uma perda, em média de 8,2 mg/dl, índices semelhantes aos de uma corrida de 200 km, com 54 corredores acompanhados por Kim *et al.* (2007), que verificaram que a glicose pré foi de 110±39 mg/dL e a pós-competição foi de 98±45 mg/dL. Esses índices apontam para interpretação de que a depleção de Glu levaria à fadiga, diminuindo a *performance*.

Cabe ainda interpretar que quanto maior o tempo de exercício maior o consumo de Glu. Por outro lado, os atletas mais rápidos, portanto, exercitando-se em maior intensidade não experimentaram, em particular, neste estudo, diminuição nos índices. De qualquer forma, todos os índices embora apresentando variações, não ultrapassaram limites de normalidade.

Nesse momento é importante lembrar que não houve monitoramento de ingesta alimentar. Salientando que atletas de ultra endurance se alimentam com grandes quantidades de carboidratos durante a prova no intuito de retardar a fadiga. Nesse caso, para economizar glicogênio com o fornecimento de glicose aos músculos em ação (FERREIRA *et al.*, 2001).

As mensurações das concentrações de hematócritos pré e pós-prova não indicaram variações significativas, indo ao encontro de um estudo de Minuzzi *et al.*, (2018) realizado com onze homens e três mulheres que completaram os 230 km do *Multi Stage Ultra Marathon (MSUM)*. Verificando os hematócritos encontraram no primeiro estágio de 37 km 46,2% e 46,4%; no segundo estágio 48 km, 44,6% e 45,2%. Foi observado que a concentração de Hct manteve-se praticamente estável em suas primeiras etapas e teve perdas importantes no decorrer das outras três etapas. Os valores para os demais estágios não têm correlação com o atual estudo.

Porém, Kratz *et al.* (2006) estudaram a contagem de hemograma, o diferencial de leucócitos, a fragmentação de eritrócitos e os parâmetros de ativação de plaquetas em 32 participantes saudáveis de uma maratona. Encontraram aumentos no hematócrito (44.1 pré e 48.5 pós) e na contagem de plaquetas consistentes com desidratação e leucocitose, indicativos de desmarginação de neutrófilos ou inflamação secundária à destruição tecidual (por exemplo, rabdomiólise). O número de fragmentos de hemácias aumentou após a corrida, consistente com hemólise induzida pelo exercício. O estudo confirma a ativação *in vivo* de plaquetas por exercício vigoroso.

Ao observarmos a Tabela 2, a diferença de Hct não foi significativa, conforme indica o p-valor, no entanto, ao estratificarmos conforme o TP, ou seja, os 20 atletas mais lentos, o p-valor é significativo para um aumento de 1,5% no Hct. Bastante diferente dos resultados encontrados por Kratz *et al.*, 2006. A título de ilustração, na Tabela 4 são apresentados os resultados individuais do atleta mais rápido e o mais lento da pesquisa. Com os resultados que se aproximam aos da pesquisa de Kratz.

Deve-se levar em conta um fator limitante do presente estudo, porque devido as questões de viabilidade operacional não houve monitoramento ou controle da ingesta líquida e/ou sólida dos participantes, ou seja, ficando *ad libitum*.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho resultou de um experimento de campo, dispendo de alta tecnologia, com as mensurações realizadas em tempo real. As avaliações foram feitas com um grupo seleto de atletas treinados e experientes, com o propósito de revelar parâmetros de MCT, de eletrólitos e bioquímicos antes e após uma ultramaratona de montanha de 45 km. Os resultados apontam diminuição importante na MCT. Foi verificada uma variação para menos na concentração sanguínea de Glu, principalmente nos atletas que demoraram mais tempo no percurso. Não encontramos casos de hipopotassemia, hiponatremia e tampouco hipocalcemia. Com relação à concentração de hematócritos, verificou-se um pequeno aumento no percentual após o evento, mesmo assim, se observa estar compreendida dentro dos índices de normalidade.

Este estudo se torna importante à medida que pode ser útil para treinadores no planejamento de programas de treinamento específicos e estabelecer estratégias

nutricionais, em busca da melhora do desempenho, da prevenção de danos musculares e evitar consequências deletérias advindas do exercício de longa duração que possam comprometer a integridade física dos atletas.

REFERÊNCIAS

- MACPHERSON, A. C.; COLLINS, D.; SUKHVINDER, S. OBHI (2009) The Importance of Temporal Structure and Rhythm for the Optimum. Performance of Motor Skills: A New Focus for Practitioners of Sport Psychology, **Journal of Applied Sport Psychology**, n. 21, p. S1, S48-S61.
- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. **Physiological Reviews**, 2008, n. 88, p. 287-332.
- ALVIM, R. O. *et al.* General aspects of muscle glucose uptake. **Biomedical Sciences**, 2015, v. 87, n. 1, p. 351-368. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140225>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- ARMSTRONG, L. E. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and competition. **Med Sci Sports Exerc**, n. 39, p. 556-572, 2007.
- BAKER, J. S.; McCORMICK, M. C.; ROBERGS, R. A. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. **J Nutr Metab**, 2010, p. 1-13.
- BELINCHON-DE MIGUEL P.; CLEMENTE-SUAREZ, V. J. Psychophysiological, Body Composition, Biomechanical and Autonomic Modulation Analysis Procedures in an Ultraendurance Mountain Race. **J Med Syst**, 2018, v. 42, n. 2, p. 32.
- BÉNÉTEAU-BURNAT, B.; BOCQUE, M. C.; LORIN, A.; MARTIN, C.; VAUBOURDOLLE, M. Evaluation of the blood gas analyzer Gem PREMIER 3000. **ClinChem Lab Med**, 2014, v. 42, n. 1, p. 96-101.
- BERNAT-ADELL, D. *et al.* Hematological variability analysis after road marathon vs ultratrail. Predictive factors. **Kinesiology**, v. 52, n. 10.
- BIRD, S. R.; LINDEN, M.; HAWLEY, J. A. Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. **Ann Clin Biochem**, 2014, v. 51, n. Pt 2, p. 137-50.
- BISHOP, P. E.; MARTINO; M. Blood lactate measurement in recovery as adjunct to

training: practical considerations. **Sports Medicine**, 1993, v. 16, n. 1, p. 5-13.

BLACK, K. E.; SKIDMORE, P. M.; BROWN, R. C. Energy intakes of ultraendurance cyclists during competition, an observational study. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, 2012, v. 22, n. 1, p. 19-23.

BROWN, B.; EILERMAN, B. Understanding Blood Gas Interpretation. **Newborn and Infant Nursing Reviews**, 2006, v. 6, n. 2, p. 57-62.

BRUN, J.; BOUCHAHDA, C.; CHAZE, D.; BENHADDAD, A.; JEAN-PAUL, M.; MERCIER, J. The the paradox of hematocrit in exercise physiology: Which is the 'normal' range from an hemorheologist's viewpoint. **Clinical hemorheology and microcirculation**, 2000, n. 22, p. 287-303.

BURTSCHER, J.; MILLET, G. P.; BURTSCHER, M. Low cardiorespiratory and mitochondrial fitness as risk factors in viral infections: implications for COVID-19. **British Journal of Sports Medicine**, 2021, n. 55, p. 413-415.

CARMONA, G. *et al.* Sarcomere Disruptions of Slow Fiber Resulting From Mountain Ultramarathon. **Int J Sports Physiol Perform**, 2015, v. 10, n. 8, p. 1041-1047.

CENTNER, C. *et al.* Blood flow restriction increases myoelectric activity and metabolic accumulation during whole-body vibration. **Eur J Appl Physiol**, 2019, n. 119, p. 1439-1449.

CHIN, L. M. K.; LEIGH, R. J.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; ROSSITER, H. B.; PATERSON, D. H.; KOWALCHUK, J. M. Hyperventilation-induced hypocapnic alkalosis slows the adaptation of pulmonary O₂ uptake during the transition to moderate-intensity exercise. **J Physiol**, 2007, v. 583 n. pt1, p. 351-364.

CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. Psychophysiological response and energy balance during a 14-h ultraendurance mountain running event. **Appl Physiol Nutr Metab**, 2015, v. 40, n. 3, p. 269-273.

COICEIRO, G. A.; COSTA, V. L. M. Ultramaratona: em busca do limite humano. **Rev Bras Ci Mov**, 2010, v. 18, n. 3, p. 21-28.

DE FREITAS, D. S.; MIRANDA, R.; BARA FILHO, M. Marcadores psicológico,

fisiológico e bioquímico para determinação dos efeitos da carga de treino e do overtraining. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, 2009, v. 11, n. 4, p. 457-465.

DESCRITORES EM CIÊNCIAS DA SAÚDE (DeCS). ed. rev. e ampl. São Paulo: **BIREME / OPAS / OMS**, 2017. Disponível em: <http://decs.bvsalud.org>. Acesso em: 10 fev. 2022.

DEL COSO, J. *et al.* Running pace decrease during a marathon is positively related to blood markers of muscle damage. **PLoS ONE**, 2013, v. 8, n. 2, p. e57602.

DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas**. São Paulo: Blucher, 2011.

EICHENBERGER, E.; KNECHTLE, B.; RÜST, C. A.; ROSEMANN, T.; LEPERS, R. Age and sex interactions in mountain ultramarathon running – the Swiss Alpine Marathon. **J Sports Med**, 2012, n. 3, p. 73-80.

FALLON, K. E.; SIVYER, G.; SIVYER, K.; DARE, A. The biochemistry of runners in a 1600 km ultramarathon. **Br J Sports Med**, 1996, v. 33, n. 4, p. 264-269.

FERNANDES, P. **Análise das alterações agudas eletroquímicas e do distúrbio ácido-básico em competidoras de ultramaratona de montanha durante uma prova de 45 km**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FERREIRA-JUNIOR, M. *et al.* Rational use of blood calcium determinations. **Medical Journal**, 2014, v. 132, n. 4, p. 243-248.

FORNASIERO, A.; SAVOLDELLI, A.; FRUET, D.; BOCCIA, G.; PELLEGRINI, B.; SCHENA, F. Physiological intensity profile, exercise load and performance predictors of a 65-km mountain ultra-marathon. **J Sports Sci**, 2017, v. 36, n. 11, p. 1287-1295.

FRANCHINI, E. **Fisiologia do exercício intermitente e de alta intensidade**. São Paulo: Phorte, 2014.

GANIO, M.S. *et al.* Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. **Br J Nutr**, 2011, v. 106, n. 10, p. 1535-1543.

HANSON, P.; CLAREMONT, A.; DEMPSEY, J.; REDDAN, W. Determinants and consequences of ventilatory responses to competitive endurance running. **J Appl Physiol**, 1982, v. 52, n. 3, p. 615-623.

HEARRIS, M. A., HAMMOND, K. M., FELL, J. M.; MORTON, J. P. (2018). Regulation of Muscle Glycogen Metabolism during Exercise: Implications for Endurance Performance and Training Adaptations. **Nutrients**, v. 10, n. 3, p. 298.

HOFFMAN, M. D.; GOULET, E. D. B.; MAUGHAN, R. J. Considerations in the Use of Body Mass Change to Estimate Change in Hydration Status During a 161-Kilometer Ultramarathon Running Competition. **Sports Med**, 2018, n. 11, p. 1-8.

HOLFELDER, B.; BROWN, N.; BUBECK, D. The influence of sex, stroke and distance on the lactate characteristics in high performance swimming. **PLoS One**, 2013, v. 8, n. 10, p. e77185.

HOPPEL, F; CALABRIA, E; PESTA, D; KANTNER-RUMPLMAIR, W, GNAIGER, E; BURTSCHER, M. Physiological and Pathophysiological Responses to Ultramarathon Running in Non-elite Runners. **Front Physiol**, Oct. 2019, v. 17, n. 10, p. 130.

JASTRZEBSKI, Z. *et al.* Changes in blood morphology and chosen biochemical parameters in ultra-marathon runners during a 100-km run in relation to the age and speed of runners. **Int. J. Occup. Med. Environ**, 2016, Health 29, p. 801-814.

JASTRZEBSKI, Z.; ZYCHOWSKA, M.; KONIECZNA, A.; RATKOWSKI, W.; RADZIMINSKI, L. Changes in the acid-base balance and lactate concentration in the blood in amateur ultramarathon runners during a 100-km run. **Biol Sport**, 2015, v. 32, n. 3, p. 261-265.

JONES, A. M. *et al.* Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace. **J Appl Physiol**, (1985), Feb. 1, 2021, v. 130, n. 2, p. 369-379.

KLAPCIŃSKA, B.; WAŚKIEWICZ, Z.; CHRAPUSTA, S. J.; SADOWSKA-KRĘPA, E.; CZUBA, M.; LANGFORT, J. Metabolic responses to a 48-h ultra-marathon run in middle-aged male amateur runners. **Eur J Appl Physiol**, 2013, v. 113, n. 11, p. 2781-2793.

KIM, H. J.; LEE, Y. H.; KIM, C. K. Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. **Eur J Appl Physiol**, 2007, v. 99, n. 4, p. 443-447.

KNECHTLE, B. Ultramarathon runners: nature or nurture? **Int J Sports Physiol Perfor**, 2012, v. 7, n. 4, p. 310-312.

KNECHTLE, B.; NIKOLAIDIS, P. T. Physiology and pathophysiology in ultramarathon running. **Front. Physiol**, 2018, n. 9, p. 634.

KNECHTLE, B.; KNECHTLE, P.; WIRTH, A.; ALEXANDER, R. C.; ROSEMANN, T. A faster running speed is associated with a greater body weight loss in 100-km ultramarathoners. **J. Sports Sci**, 2012, n. 30, p. 1131-1140.

KRABAK, B. J.; LIPMAN, G. S.; WAITE, B. L.; RUNDELL, S. D. Exercise-Associated Hyponatremia, Hypernatremia, and Hydration Status in Multistage Ultramarathons. **Wilderness Environ Med**, 2017, v. 28, n. 4, p. 291-298.

KRABAK, B. J.; WAITE, B.; LIPMAN, G. Injury and illnesses prevention for ultramarathoners. **Curr Sports Med Rep**, 2013, v. 12, n. 3, p. 183-189.

KRATZ, A.; WOOD, M. J.; SIEGEL, A. J.; HIERS, J. R.; VAN COTT, E. M. Effects of marathon running on platelet activation markers: direct evidence for in vivo platelet activation. **Am J Clin Pathol**, 2006, v. 125, n. 2, p. 296-300.

KULAWIEC, D.; ZHOU, T.; KNOPP, J.; CHASE, J. (2021). Continuous glucose monitoring to measure metabolic impact and recovery in sub-elite endurance athletes. **Biomedical Signal Processing and Control**, v. 70, n. 2, p. 103059.

LEGNANI, E.; LEGNANI, R. F. S.; ANDRADE, T. A.; OLTMANN, C. **Dinâmica entre cargas e recuperação física de atletas**. Curitiba: Brazil Publishing, 2021. 116p.

LEMIRE, M. et al. Physiological factors determining downhill vs uphill running endurance performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 24, n. 10, p. 1016.

LOHMAN, G. T.; ROCHE, F. A.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. Illinois: Champaign, 1988.

LOMBÁM, V.; LOFRANO, H. Plasma Electrolyte and Hematological Changes after Marathon Running in Adolescents. **Revista Científica de la AMBB**, abr., 2006, v. 16 n. 1.

MAIRBÄURL, H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. **Front Physiol**, nov. 2013, v. 12, n. 4, p. 332.

MAUGHAN, R. J.; SHIRREFFS, S. M.; LEIPER, J. B. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. **J Sports Sci**, 2007, n. 25, p. 797-804.

MATA-ORDOÑEZ, F.; GRIALDI-PUYANA, M.; SANCHEZ-OLIVER, A. J. Reposición del Glucógeno Muscular en la Recuperación del Deportista. 2019, v. 8, n. 1, p. 57-66. Disponível em: <https://revistas.um.es/sportk/article/view/362071>. Acesso em: 20 jul. 2022.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5 ed. São Paulo: Manole, 2003.

MILLET, G. P.; MILLET, G. Y. Ultramarathon is an outstanding model for the study of adaptive responses to extreme load and stress. **BMC Medicine**, 2012, v. 10, n. 77, p. 1-3.

MINUZZI, L. G., TEIXEIRA, A. M., CARVALHO, H. M., COSTA, R. J. da; RAMA, L. (2018). Daily Hematologic Assessment During a 230 km Multistage Ultramarathon. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 3, p. 206-211. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-869220182403171999>. Acesso em: 20 jul. 2022.

MONTERO, D.; LUNDBY, C. Regulation of Red Blood Cell Volume with Exercise Training. **Compr Physiol**, 2018, v. 9, n. 1, p. 149-164.

MRAKIC-SPOSTA, S. *et al.* A. Effects of Mountain Ultra-Marathon Running on ROS Production and Oxidative Damage by Micro-Invasive Analytic Techniques. **PLoS ONE**, 2015, v. 10, n. 11, p. e014178.

MOOREN, F. C.; KLAUS, V. **Fisiologia do exercício molecular e celular**. São Paulo: Santos, 2012.

MOURAD, O.; HOSSAM, H.; ZBYS, F.; AHMED, E. Rayyan – a web and mobile app

for systematic reviews. **Systematic Reviews**, 2016, n. 5, p. 210.

NIKOLAIDIS, P. T.; KNECHTLE, B. Performance in 100-km Ultramarathoners-At Which Age, It Reaches Its Peak? **J Strength Cond Res**, 2020, v. 34, n. 5, p. 1409-1415.

NOAKES, T. Fluid replacement during marathon running. **Clin J Sport Med**, Sep. 2003, v. 13, n. 5, p. 309-318.

NOAKES, T. Hyponatremia in distance runners: fluid and sodium balance during exercise. **Curr Sports Med Rep**, Aug. 2002, v. 1, n. 4, p. 197-207.

PELICER, F. R.; HIGINO, W. P.; HORITA, R. Y.; MEIRA, F. C.; ALVES, A. P. A influência da fadiga neuromuscular e da acidose metabólica sobre a corrida de 400 Metros. **Rev Bras Med Esporte**, 2011, v. 17, n. 2, p. 127-131.

PLOWMAN, S. A.; SMITH, D. E. L. **Fisiologia do exercício para a saúde, aptidão e desempenho**. Rio de Janeiro: Koogan, 2010.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. Barueri: Manole, 2014.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Viena, Áustria, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

RAMOS-CAMPO, D. J.; ÃVILA-GANDIA, V.; ALACID, F.; SOTO-MÉNDEZ, F.; ALCARAZ, P. E.; ANDLÓPEZ-ROMAN, F. J. Muscle damage, physiological changes and energy balance in ultra- endurance mountain event athletes. **Appl Physiol Nutr Metab**, 2016, n. 41, v. 872-878.

REZENDE, P. E. N.; SANTOS, W. S.; DE SOUZA, R. F. Corrida de montanha: resposta do lactato em diferentes níveis de dificuldade. **Caderno de Graduação- Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT3**, 2016, n. 2, p. 111-118.

RIELLA, M. C. **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroelétrólíticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

RÜST, C. A.; KNECHTLE, B.; KNECHTLE, P.; ROSEMANN, T. No case of exercise-associated hyponatraemia in top male ultra-endurance cyclists: the 'Swiss Cycling Marathon'. **Eur J Appl Physiol**, 2012, v. 112, n. 2, p. 689-697.

SÁNCHEZ-GONZÁLES, J.; RIVERA-CISNEROS, A.; TOVAR, J. L. Asociación de las respuestas fisiológicas a los cambios metabólicos, en el ejercicio físico extenuante [Association of physiologic responses to metabolic changes in exhaustive physical exercise]. **Cir Cir**, May-Jun. 2003, v. 71, n. 3, p. 217-225.

SANTOS-CONCEJERO, J.; GRANADOS, C.; IRAZUTA, J.; BIDAURRAZAGA-LETONA, I.; ZABALA-LILI, J. M. S. Tempo para exaustão no acúmulo de lactato sanguíneo em corredores com diferentes habilidades atléticas. **Rev Bras Esporte**, 2013, v. 19, n. 4, p. 297-302.

SAUGY, J.; PLACE, N.; MILLET, G. Y.; DEGACHE, F.; SCHENA, F.; MILLET, G. P. Alterations of neuromuscular function after the world's most challenging mountain ultra-marathon. **PLoS ONE**, 2013, v. 8, n. 6, p. e65596.

SHIN, K. A.; PARK, K. D.; AHN, J.; PARK, Y.; KIM, Y. J. Comparison of changes in biochemical markers for skeletal muscles, hepatic metabolism, and renal function after three types of long-distance running: observational study. **Medicine**, 2016, n. 95, p. e 3657.

SILVA, S. G.; MINATO, G.; FARES, D.; SANTOS, S. G. Caracterização da pesquisa. In: SANTOS, S. G. (org.). **Métodos e técnicas de pesquisa quantitativa aplicada à educação física**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2011, p. 67-70.

SMITH, C.; MARKS, A. D.; LIEBERMAN, M. **Bioquímica médica básica de Marks: uma abordagem clínica**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

SCHWELLNUS, M. P.; DREW, N.; COLLINS, M. Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: a prospective cohort study in 210 Ironman triathletes. **Br J Sports Med**, Jun. 2011, v. 45, n. 8, p. 650-656.

STEARNS, R. L. *et al.* Influence of hydration status on pacing during trail running in the heat. **J. Strength Cond. Res**, 2009, n. 23, p. 2533-2541.

STELZER, I. J. M. *et al.* **Ultra-endurance exercise induces stress and inflammation and affects circulating hematopoietic progenitor cell function.**

Disponível em: <https://doi.org/10.1111/sms>. Acesso em: 20 jul. 2022.

TANDA, G.; KNECHTLE, B. Effects of training and anthropometric factors on marathon and 100 km ultramarathon race performance. **J Sports Med**, 2015, n. 6, p. 129-136.

TARNOPOLSKY, M. Protein requirements for endurance athletes. **Nutrition**, 2004, v. 20, n. 7-8, p. 662-668.

TIAN, Y.; TONG, T. K.; LIPPI, G.; HUANG, C.; SHI, Q.; NIE, J. Renal function parameters during early and late recovery periods following an all-out 21-km run in trained adolescent runners. **Clin. Chem. Lab. Med**, 2011, n. 49, p. 993-997.

TRAIPEM, N.; GATTERER, H.; BURTSCHER, M. Plasma electrolyte and hematological changes after marathon running in adolescents. **Med. Sci. Sports Exerc**, 2013, n. 45, p. 1182-1187.

VENIAMAKIS, E.; KAPLANIS, G.; VOULGARIS, P.; NIKOLAIDIS, P. T. Effects of Sodium Intake on Health and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Sports. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, 2022, n. 19, p. 3651. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19063651>. Acesso em: 20 jul. 2022.

VERNILLO, G.; RINALDO, N.; GIORGI, A.; ESPOSITO, F.; TRABUCCHI, P.; MILLET, G. P. Changes in lung function during an extreme mountain ultramarathon. **Scand J Med Sci Sports**, 2014, v. 25, n. 4, p. e374-380.

YOUNG, D. C. **A brief history of the olympic games.** Malden, MA: Blackwell Pub, 2004.

YUSOF, A.; LEITHAUSER, R. M.; ROTH, H. J.; FINKERNAGEL, H.; WILSON, M. T.; BENEKE, R. Exercise-induced hemolysis is caused by protein modification and most evident during the early phase of an ultraendurance race. **J Appl Physiol**, 2007, v. 102, n. 2, p. 582-586.

WASKIEWICZ, Z.; KŁAPCIŃSKA, B.; SADOWSKA-KRĘPA, E.; CZUBA, M.; KEMPA, K.; KIMSA, E.; GERASIMUK, D. Acute metabolic responses to a 24-h ultra-marathon race in male amateur runners. **Eur J Appl Physiol**, 2012, v. 112, n. 5, p. 1679-1688.

WILDMAIER, E. P.; RAFF, H.; STRANG, K. T. **Fisiologia humana**: os mecanismos das funções corporais. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2013.

WICK, J. Y. Immobilization hypercalcemia in the elderly. **Consult Pharm**, 2007, v. 22, n. 11, p. 892-905.

ZANCHI, D.; VIALON, M.; LE GOFF, C.; MILLET, G. G. P.; GIARDINI, G.; CROISILLE, P. Extreme mountain ultra-marathon leads to acute but transient increase in cerebral water diffusivity and plasma biomarkers levels changes. **Front Physiol**, 2017, v. 7, n. 664, p. 1-10.

ANEXOS

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Por favor, leia com atenção as informações contidas abaixo antes de dar o seu consentimento para participar deste estudo.

Este é um convite formal para que você participe voluntariamente da pesquisa intitulada: **Estudo da correlação de parâmetros biomoleculares em corredores de longas distâncias**. As informações presentes neste documento são para que você entenda os objetivos e saiba sobre sua participação na pesquisa. Esclarecimentos e eventuais dúvidas durante a leitura do documento, assim como antes, durante e após o término do estudo consulte o pesquisador responsável Marcelo Romanovitch Ribas. Se após a leitura deste documento concordar com os procedimentos metodológicos, pedimos sua assinatura ao final do documento e também sua rubrica em todas as páginas do mesmo.

Favor verificar se você se enquadra nos critérios de inclusão do presente estudo: participante de Corrida de Montanha com experiência de duas (2) provas acima de 21 km e uma (1) acima de 42 km entre os anos de 2015 e 2016, e possuir idade igual ou superior a 18 anos. Como critérios de exclusão, serão adotados os seguintes: a) atletas que não assinem o termo de consentimento livre e esclarecido; b) atletas que não completarem a prova no tempo limite de 11h00min; c) não realizar a coleta de sangue pré e pós prova; d) apresentar alguma patologia.

Esta pesquisa se justifica pelo fato da corrida de montanha estar ganhando novos adeptos diariamente, tanto para a prática recreacional quanto de rendimento. No entanto estudos que podem trazer novas informações sobre o perfil dos praticantes da modalidade, não acompanham esta demanda. Sabendo que o sucesso esportivo é resultado do treinamento, nutrição, fatores psicológicos e também atributos genéticos, presente pesquisa tem por objetivo traçar o perfil genotípico para os genes: Alfa Actina3 (ACTN3), Enzima Conversora de Angiotensina (ECA) e Creatina Quinase (CK), além de verificar as alterações agudas eletroquímicas e do distúrbio ácido básico em corredores de montanha de longa distância. Dessa maneira, a pesquisa colaborará como conhecimento científico servindo como referência para futuras pesquisas na corrida de montanha.

Caso tenha interesse em participar da pesquisa, você será submetido a duas coletas de dados em momentos distintos, sendo uma pré e outra após a corrida. A primeira coleta será realizada dois dias antes da competição e contará com os seguintes passos: 1) Preenchimento de um questionário; 2) Coleta salivar, método para determinação do genótipo para os genes ACTN3, ECA e CK; 3) Coleta sanguínea para análise dos componentes eletroquímicos e ácido básico, sendo analisados os seguintes parâmetros: pH, pCO₂, pO₂, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Lactato, glicose, excesso de base, hematócrito e HCO₃⁻; 4) Avaliação antropométrica, sendo mensurada massa corporal, estatura e composição corporal por meio da bioimpedância. Já a segunda coleta de dados, que será feita logo após o término da prova, contará com: 1) Avaliação antropométrica e 2) Coleta sanguínea.

Fui alertado que, da pesquisa a ser realizar, é possível desconforto ou risco como: Uma leve picada no dedo para coletar o meu sangue, bem como risco de infecções. Porém para evitar tais desconfortos e risco todos os dados serão coletados por enfermeiras capacitados e será usado material estéril descartável, fato que minimiza os riscos de infecções. Em relação aos benefícios gerados receberei os resultados dos genótipos para os genes ACTN3, ECA e CK, dados pré e pós-competição dos marcadores bioquímicos e da composição corporal que serão investigados. Tais dados podem auxiliar no planejamento do treinamento físico. No que diz respeito aos benefícios gerados para os acadêmicos, a pesquisa contribuirá não apenas para conhecimento científico, mas também para a elaboração de programas de promoção a saúde desta população. Embora, muitas vezes o participante voluntário da pesquisa não seja beneficiado diretamente com os resultados obtidos, seus dados serão importantes para o avanço científico.

Caso queira entrar em contato com o comitê de ética, responsável pela aprovação desta pesquisa, poderá contatar o Comitê de Ética e pesquisa da Faculdade Dom Bosco pelo telefone (41) 3218-5582, e-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br. O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um colegiado interdisciplinar e independente, com “munus público”, que existe nas instituições que realizam pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos (Normas e Diretrizes Regulamentadoras da Pesquisa Envolvendo Seres Humanos - Res. CNS n.º 466/12).

A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se você não quiser mais fazer parte da pesquisa tem liberdade para aceitar ou recusar a participação, agora, ou em qualquer momento, e poderá solicitar de volta o termo de consentimento livre esclarecido assinado. Caso você sofra qualquer tipo de dano resultante da metodologia apresentada nesta pesquisa, prevista no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, você terá direito à indenização prescrita por lei. As despesas necessárias para a realização da pesquisa, não são de sua responsabilidade e pela sua participação no estudo você não receberá qualquer valor em dinheiro.

As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos responsáveis que executam a pesquisa e pelas autoridades legais. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito de maneira codificada, para que sua privacidade seja respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, lhe identificar, será mantido em sigilo, a fim de evitar tipo de discriminação e/ou estigmatização, individual ou coletiva.

Eu, _____, portador do CPF _____, declaro que li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi também que sou livre para interromper a investigação do projeto e para encerrar a minha própria participação no estudo a qualquer momento, sem precisar justificar minha decisão. Eu **CONCORDO VOLUNTARIAMENTE** em participar deste estudo.

Curitiba, ____ de _____ de 20__.

Pesquisador: Marcelo Romanovitch Ribas, CPF – 018.791.059-69.

OBS: este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao pesquisador e outra ao participante de pesquisa.

APÊNDICE B – Parecer Consubstanciado do CEP

FACULDADE DOM BOSCO/ PR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ALTERAÇÕES ELETROQUÍMICAS E DO DISTÚRBO ÁCIDO BÁSICO INDUZIDO POR UMA ULTRAMARATONA DE MONTANHA

Pesquisador: MARCELO ROMANOVITCH RIBAS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 70274017.1.0000.5223

Instituição Proponente: Faculdades Dom Bosco/ PR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.147.225

Apresentação do Projeto:

As corridas em montanha estão se tornando cada vez mais populares e atraindo mais adeptos. Serão analisados 40 atletas, 20 atletas do sexo masculino e 20 atletas do sexo feminino que irão competir na Ultramaratona dos Perdidos realizada no Brasil.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar as alterações agudas eletroquímicas e do distúrbio acidobásico em competidores de corrida de montanha de longa distância.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos

Os riscos presentes na realização deste estudo estão relacionados à coleta da amostra sanguínea, tais como sensação de dor moderada no local da punção, sangramento excessivo e baixo risco de infecção, os quais são passíveis de controle por meio de medidas preventivas, para isso serão utilizados materiais esterilizados e descartáveis para a punção (agulhas, seringas e luvas), assepsia prévia do local a ser puncionado por meio da utilização de álcool 70%. Para prevenção da formação de hematoma todos os indivíduos terão o local da punção comprimido de forma adequada ao ser retirada a agulha.

Endereço: Rua Paulo Martins, 332

Bairro: Mercês

CEP: 80.710-010

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3218-5582

Fax: (41)3218-5559

E-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br

Continuação do Parecer: 2.147.225

Benefícios

Como benefício os participantes da pesquisa receberam os resultados pré-competição e pós-competição com os marcadores bioquímicos auxiliando o atleta a otimizar seu planejamento de treino.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O tema apresenta relevância científica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados.

Recomendações:

Recomenda-se a aprovação do projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todos os itens obrigatórios foram apresentados e estão de acordo com a Resolução 466/2012.

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_946623.pdf	27/06/2017 08:52:19		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	autorizacaolocal.pdf	27/06/2017 08:51:58	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetonelson2006.docx	21/06/2017 10:37:13	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termonelson2106.docx	21/06/2017 10:36:54	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostonelson2106.docx	21/06/2017 10:32:35	MARCELO ROMANOVITCH RIBAS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Paulo Martins, 332

Bairro: Mercês

CEP: 80.710-010

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3218-5582

Fax: (41)3218-5559

E-mail: cep@dombosco.sebsa.com.br

FACULDADE DOM BOSCO/ PR



Continuação do Parecer: 2.147.225

CURITIBA, 29 de Junho de 2017

Assinado por:
RENATA WASSMANSDORF
(Coordenador)

Endereço: Rua Paulo Martins, 332
Bairro: Mercês **CEP:** 80.710-010
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3218-5582 **Fax:** (41)3218-5559 **E-mail:** cep@dombosco.sebsa.com.br

APÊNDICE C – Tratamentos estatísticos

Tabelas e cálculos de normalidade Shapiro-Wilk, se normal o Test t pareado foi executado. Se não normal, foi executado o teste de Wilcoxon para todas as variáveis.

Peso (Kg)

Medidas descritivas (mínimo, 1o quartil, mediana, média, 3o quartil, máximo, desvio padrão (SD, em inglês), e variância).

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	58.3	69.075	75.55	75.552	79.5	100.8	8.844	78.219
Pós	58.5	67.550	73.85	73.430	76.5	98.6	8.443	71.284
Pré - Pós	-0.5	1.300	1.95	2.122	3.0	5.5	1.278	1.634

As medidas são normais?

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Peso (Kg).Pré"

W = 0.9577, p-value = 0.1397

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Peso (Kg).Pós"

W = 0.95198, p-value = 0.0887

São. Não rejeitamos a hipótese de normalidade (p-valor > 0.05) em nenhum cenário.

A diferença é estatisticamente significativa?

Paired t-test

data: dat\$"Peso (Kg).Pré" and dat\$"Peso (Kg).Pós"

t = 10.501, df = 39, p-value = 6.291e-13

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

1.713674 2.531326

sample estimates:

mean difference

2.1225

Sim (p-valor 0.0000000000006291 < 0.05).

Gordura corporal (%)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	6.8	9.600	10.35	10.883	11.900	17.3	2.171	4.715
Pós	4.3	8.775	9.65	9.705	11.125	12.5	1.811	3.280
Pré - Pós	-2.3	-0.100	1.00	1.178	2.700	4.8	1.802	3.247

Testando a normalidade.

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"B FAT %.Pré"

W = 0.92678, p-value = 0.01266

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"B FAT %.Pós"

W = 0.95269, p-value = 0.09389

Teste-*t* pareado.

Paired t-test

data: dat\$"B FAT %.Pré" and dat\$"B FAT %.Pós"

t = 4.1329, df = 39, p-value = 0.0001837

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0.6012179 1.7537821

sample estimates:

mean difference

1.1775

Gordura corporal (Kg)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	4.2	6.7	8.4	8.295	9.300	13.2	2.082	4.335
Pós	2.6	6.1	6.8	7.175	8.425	11.4	1.832	3.356
Pré - Pós	-1.5	0.2	0.9	1.120	2.175	4.4	1.448	2.097

Testando a normalidade.

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"B FAT (Kg).Pré"

W = 0.95447, p-value = 0.1081

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"B FAT (Kg).Pós"

W = 0.98159, p-value = 0.7483

Teste-*t* pareado.

Paired t-test

data: dat\$"B FAT (Kg).Pré" and dat\$"B FAT (Kg).Pós"

t = 4.8915, df = 39, p-value = 1.762e-05

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0.6568716 1.5831284

sample estimates:

mean difference

1.12

Massa livre de gordura (Kg)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	51.8	62.175	67.05	67.525	71.475	89.0	7.828	61.271
Pós	52.8	61.350	65.20	65.952	69.150	87.2	7.136	50.923
Pré - Pós	-2.3	-0.325	1.30	1.572	2.450	8.6	2.319	5.380

Testando a normalidade.

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Lean (Kg).Pré"

W = .9424, p-value = 0.0417

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Lean (Kg).Pós"

W = 0.92221, p-value = 0.009044

Teste de Wilcoxon.

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: dat\$"Lean (Kg).Pré" and dat\$"Lean (Kg).Pós"

V = 662, p-value = 0.0001511

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Ca²⁺ (mmol/L)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	1.14	1.19	1.22	1.231	1.252	1.41	0.063	0.004
Pós	1.09	1.16	1.18	1.184	1.205	1.30	0.043	0.002
Pré - Pós	-0.08	0.00	0.05	0.047	0.090	0.25	0.075	0.006

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Ca++ (mmol/L).Pré"

W = 0.88567, p-value = 0.0007513

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Ca++ (mmol/L).Pós"

W = 0.98579, p-value = 0.8877

Paired t-test

data: dat\$"Ca++ (mmol/L).Pré" and dat\$"Ca++ (mmol/L).Pós"

t = 3.92, df = 39, p-value = 0.0003476

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0.02262741 0.07087259

sample estimates:

mean difference

0.04675

Na⁺ (mmol/L)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	138	142	143	142.775	144.00	147	2.082	4.333
Pós	139	141	144	143.775	145.25	151	2.750	7.563
Pré - Pós	-8	-3	-1	-1.000	2.00	6	3.389	11.487

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Na+ (mmol/L).Pré"

W = 0.96177, p-value = 0.1925

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Na+ (mmol/L).Pós"

W = 0.96415, p-value = 0.2317

Paired t-test

data: dat\$"Na+ (mmol/L).Pré" and dat\$"Na+ (mmol/L).Pós"

t = -1.8661, df = 39, p-value = 0.06957

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-2.08394247 0.08394247

sample estimates:

mean difference

-1

K⁺ (mmol/L)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	4.1	4.675	5.00	5.076	5.4	7.42	0.661	0.437
Pós	3.5	3.900	4.20	4.230	4.5	5.20	0.376	0.141
Pré - Pós	-0.8	0.500	0.75	0.846	1.2	3.42	0.725	0.526

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"K+ (mmol/L).Pré"

W = 0.90129, p-value = 0.002084

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"K+ (mmol/L).Pós"

W = 0.9722, p-value = 0.4215

Paired t-test

data: dat\$"K+ (mmol/L).Pré" and dat\$"K+ (mmol/L).Pós"

t = 7.3717, df = 39, p-value = 6.652e-09

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0.6135081 1.0774919

sample estimates:

mean difference

0.8455

Glu (mg/dL)

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	78	85.50	94	95.025	102.25	124	11.759	138.281
Pós	55	76.75	87	92.100	111.00	150	20.910	437.221
Pré - Pós	-41	-14.25	6	2.925	19.00	46	22.319	498.122

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Glu (mg/dL).Pré"

W = 0.95288, p-value = 0.09532

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Glu (mg/dL).Pós"

W = 0.94768, p-value = 0.06311

Paired t-test

data: dat\$"Glu (mg/dL).Pré" and dat\$"Glu (mg/dL).Pós"

t = 0.82887, df = 39, p-value = 0.4122

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-4.212853 10.062853

sample estimates:

mean difference

2.925

Hct %

Medidas descritivas

Prova	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	SD	Var
Pré	40	44.00	45.0	45.725	47.25	53	3.130	9.794
Pós	38	44.00	46.5	46.650	49.00	55	3.302	10.900
Pré - Pós	-11	-3.25	-1.0	-0.925	2.00	9	4.015	16.122

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Hct %.Pré"

W = 0.96533, p-value = 0.2537

Shapiro-Wilk normality test

data: dat\$"Hct %.Pós"

W = 0.97557, p-value = 0.5294

Paired t-test

data: dat\$"Hct %.Pré" and dat\$"Hct %.Pós"

t = -1.457, df = 39, p-value = 0.1531

alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-2.2091473 0.3591473

sample estimates:

mean difference

-0.925

20 competidores abaixo da mediana (482.335), e 20 acima da mediana. Nos 20 competidores abaixo da mediana, para cada uma das variáveis, média e desvio padrão pré e pós-competição.

```
# A tibble: 18 × 4
  prova name      mean  sd
  <chr> <chr>    <dbl> <dbl>
1 Pós Prova B FAT (Kg)  6.98 1.86
2 Pré Prova B FAT (Kg)  8.14 2.10
3 Pós Prova B FAT %    9.40 1.76
4 Pré Prova B FAT %   10.6 1.97
5 Pós Prova Ca++ (mmol/L) 1.20 0.0365
6 Pré Prova Ca++ (mmol/L) 1.22 0.0675
7 Pós Prova Glu (mg/dL) 98.2 20.9
8 Pré Prova Glu (mg/dL) 95.8 13.1
9 Pós Prova Hct %     46.6 3.56
10 Pré Prova Hct %    46.4 3.30
11 Pós Prova K+ (mmol/L) 4.32 0.403
12 Pré Prova K+ (mmol/L) 5.10 0.794
13 Pós Prova Lean (Kg) 66.5 8.25
14 Pré Prova Lean (Kg) 67.9 8.69
15 Pós Prova Na+ (mmol/L) 145. 1.98
16 Pré Prova Na+ (mmol/L) 142. 2.42
17 Pós Prova Peso (Kg) 73.7 9.48
18 Pré Prova Peso (Kg) 75.5 9.84
```

E p-valores comparando o pré com pós.

```
# A tibble: 9 × 2
  variavel pvalor
  <chr>    <dbl>
1 Peso (Kg) 0.0000113
2 B FAT % 0.00401
3 B FAT (Kg) 0.00183
4 Lean (Kg) 0.0269
5 Na+ (mmol/L) 0.00141
6 K+ (mmol/L) 0.000968
7 Ca++ (mmol/L) 0.144
8 Glu (mg/dL) 0.649
9 Hct % 0.775
```

Nos 20 competidores acima da mediana, para cada uma das variáveis, média e desvio padrão pré e pós-competição.

```
# A tibble: 18 × 4
  prova name          mean sd
  <chr> <chr>         <dbl> <dbl>
1 Pós Prova B FAT (Kg)  7.38 1.83
2 Pré Prova B FAT (Kg)  8.46 2.10
3 Pós Prova B FAT %    10.0 1.85
4 Pré Prova B FAT %    11.1 2.37
5 Pós Prova Ca++ (mmol/L) 1.17 0.0447
6 Pré Prova Ca++ (mmol/L) 1.24 0.0602
7 Pós Prova Glu (mg/dL) 86.0 19.5
8 Pré Prova Glu (mg/dL) 94.2 10.5
9 Pós Prova Hct %      46.6 3.12
10 Pré Prova Hct %     45.1 2.90
11 Pós Prova K+ (mmol/L) 4.14 0.332
12 Pré Prova K+ (mmol/L) 5.05 0.514
13 Pós Prova Lean (Kg)  65.4 5.99
14 Pré Prova Lean (Kg)  67.1 7.06
15 Pós Prova Na+ (mmol/L) 143. 3.03
16 Pré Prova Na+ (mmol/L) 143. 1.70
17 Pós Prova Peso (Kg)  73.2 7.50
18 Pré Prova Peso (Kg)  75.6 7.98
```

p-valores comparando pré com pós.

```
# A tibble: 9 × 2
  variavel          pvalor
  <chr>            <dbl>
1 Peso (Kg)       0.00000000879
2 B FAT %         0.0183
3 B FAT (Kg)      0.00448
4 Lean (Kg)       0.000789
5 Na+ (mmol/L)   0.654
6 K+ (mmol/L)    0.000000219
7 Ca++ (mmol/L) 0.000316
8 Glu (mg/dL)    0.0789
9 Hct %          0.0493
```