



Artigo Original

Original Article



Estratégia tática de corredores de elite participantes da Ice Ultra 2023: um estudo seccional

Tactical Strategy of Elite Runners Participating in Ice Ultra 2023: A Cross-Sectional Study

Hortência Reis do Nascimento^{1,2,4}, Matheus Santos de Sousa Fernandes^{3,4}, Júlio César de Carvalho Martins^{1,2,4}, Eder Magnus Almeida Alves Filho^{1,2,4}, Isabela Reis do Nascimento⁴, Leila Fernanda dos Santos^{1,2,4}, Felipe J. Aidar^{1,2,3}, Raphael Fabrício de Souza^{§1,2,4} PhD

Recebido em: 20 de março de 2024. Aceito em: 25 de junho de 2024.

Publicado online em: 26 de setembro de 2024.

DOI: 10.37310/ref.v93i2.2966

Resumo

Introdução: As estratégias de ritmo em competições de corrida têm sido objeto de estudo em diversas distâncias e diferentes percursos e relevos. Contudo, a aplicação dessas estratégias em ultramaratonas, especialmente em condições climáticas extremas, permanece pouco compreendida.

Objetivo: Investigar as estratégias de corrida de ultramaratonistas em competições realizadas sob condições climáticas de frio extremo e neve.

Métodos: Estudo observacional, seccional, com dados secundários, que contou com a participação de 31 atletas da Ice Ultra 2023 que percorreram aproximadamente 225 km ao longo de cinco dias consecutivos, enfrentando etapas de diferentes distâncias. Os dados coletados incluíam informações demográficas, tempo de prova, ritmo e velocidade dos corredores. Com base no desempenho, os participantes foram divididos em três grupos (Top 3, Top 10 e Top 20).

Resultados: Finalizaram a corrida 70,9%, com um tempo médio de conclusão de 40:39±9:38h:min. Observou-se estratégia de corrida progressiva ao longo dos dias de competição, perfil de ritmo negativo durante a segunda etapa. Os três primeiros colocados foram mais rápidos em todas as etapas quando comparados aos 10 primeiros e 20 primeiros ($p < 0,0001$). Houve uma diminuição significativa da velocidade entre as etapas 1 e 2 (Δ Top 3: 2,23±0,14km/h; Δ Top10: 2,11±0,15km/h; Δ Top20: 1,19±0,18km/h) relacionado ao relevo.

Conclusão: Os corredores mais bem-sucedidos são capazes de ajustar seu ritmo de forma mais eficaz de acordo com as exigências de cada etapa da corrida, adaptando-se melhor independentemente das condições de frio extremo.

Palavras-chave: ultramaratona, corrida, treinamento físico, desempenho; resistência.

Pontos Chave

- Foi empregada estratégia de corrida progressiva ao longo dos dias de competição.
- Observou-se perfil de ritmo negativo durante a segunda etapa (dia dois).
- Os três primeiros colocados foram mais rápidos em todas as etapas.

§Autor correspondente: Raphael Fabrício de Souza – ORCID: 0000-0002-3899-6849; e-mail: raphaelctba20@hotmail.com

Afiliações: ¹Graduate Program in Physical Education, Federal University of Sergipe (UFS), São Cristóvão, Brazil; ²Department of Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brazil; ³Graduate Program in Neuropsychiatry and Behavioral Sciences, Center for Medical Sciences, Federal University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil; ⁴Group of Studies and Research of Performance, Sport, Health and Paralympic Sports—GEPEPS, Federal University of Sergipe (UFS), São Cristóvão, Brazil.

Abstract

Introduction: Rhythm strategies in running competitions have been studied at different distances and different routes and reliefs. However, the application of these strategies in ultramarathons, especially in extreme weather conditions, remains poorly understood.

Objective: To investigate the running strategies of ultramarathoners in competitions held under extreme cold and snowy weather conditions.

Methods: Observational, cross-sectional, secondary data study with the participation of 31 Ice Ultra 2023 athletes who covered approximately 225 km over five consecutive days, facing stages of different distances. The data collected included demographic information, race time, pace and speed of the runners. Based on performance, participants were divided into three groups (Top 3, Top 10, and Top 20).

Results: 70.9% finished the race, with an average completion time of 40:39±9:38h:min. A progressive running strategy was observed throughout the days of competition, a negative pace profile during the second stage. The top three finishers were faster in all stages when compared to the top 10 and top 20 ($p < 0.0001$). There was a significant decrease in speed between stages 1 and 2 (Δ Top 3: 2.23±0.14km/h; Δ Top10: 2.11±0.15km/h; Δ Top20: 1.19±0.18km/h) related to geographical relief.

Conclusion: The most successful runners are able to adjust their pace more effectively according to the demands of each stage of the race, adapting better regardless of extreme cold conditions.

Keywords: ultramarathon, running, physical training, performance; endurance.

Key Points

- A progressive running strategy was employed throughout the days of competition.
- A negative rhythm profile was observed during the second stage (day two).
- The top three athletes were fastest in all stages.

Estratégia tática de corredores de elite participantes da Ice Ultra 2023: um estudo seccional

Introdução

As ultramaratonas são realizadas por distâncias superiores a 50 quilômetros (km) ou duração superior a 6 horas(1). Esses eventos podem durar múltiplos dias, sendo frequentemente realizados em trilhas, montanhas e estradas de asfalto, que apresentam variações climáticas e de temperatura nos locais de competição(2). Em geral, o desempenho em competições de ultramaratona envolve diversos aspectos relacionados ao atleta e ao ambiente(3).

As estratégias competitivas durante as corridas envolvem a variação na produção de potência/velocidade ao longo de um evento, visando contribuir para a regulação do gasto energético e a conclusão da tarefa no menor tempo possível(4). Corredores de longa distância de elite e, também, amadores adotam diferentes estratégias de *pacing* (ritmo de passadas) durante competições de longa duração. Dentre essas

estratégias, estão os padrões "J" e "U". O padrão J preconiza que se inicie a corrida com ritmo mais baixo e aumente-se até o fim da prova. O padrão U compõe-se de corrida de ritmos rápidos no começo e no final da competição, com perfis negativos (aumento da velocidade para a corrida) e positivos (diminuição da velocidade para a corrida), têm sido destacados(5). Essas estratégias podem ser observadas em estudos sobre corridas de maratona, porém, poucos estudos as exploraram no contexto das ultramaratonas(6). Evidências indicam que um perfil de ritmo de passadas negativo foi utilizado por corredores de elite em provas de 100 km(7) e 161 quilômetros(8).

Além da distância percorrida, o desempenho atlético pode ser influenciado por fatores ambientais como temperatura, relevo, altitude e tipo de terreno(9). Nesse contexto, o aprimoramento técnico, além do condicionamento físico, é fundamental para o desempenho nas ultramaratonas,

especialmente quando realizadas em condições climáticas extremas, como as regiões de neve. Estudos prévios destacaram o efeito prejudicial da exposição dos atletas a temperaturas extremas (abaixo de 0°C) na capacidade de realizar exercício intenso prolongado, além de haver risco de desenvolvimento de distúrbios fisiológicos(10). Em climas polares, os efeitos sobre o humor, sono e desempenho estão bem documentados(11). Além disso, corredores de ultramaratona podem enfrentar um risco aumentado para problemas de pele(12). Assim, estratégias de desempenho em ultramaratonas sob condições climáticas extremas requerem cuidados adicionais, incluindo o treinamento em condições que promovam o aprimoramento da capacidade de termorregulação, sempre com a manutenção da hidratação adequada, mesmo em intensidades moderadas. Controlar o estado de hidratação é crucial para completar o percurso de corrida(13). Além dos riscos mencionados, eventos de longa duração, podem aumentar a prevalência de problemas digestivos e desregulações em diversos órgãos, como os músculos esqueléticos(10).

As condições ambientais extremas podem influenciar o comportamento dos atletas durante a competição, alterando suas estratégias de ritmo de passadas. Principalmente quando a prova apresenta demandas específicas roupas e equipamentos, as quais aumentam a carga durante a corrida, ainda, quando realizada em mais de um dia de competição, há um aumento no grau de dificuldade e no tempo de recuperação. Por outro lado, competições realizadas em vários dias com longos percursos diários permitem que os competidores compartilhem informações sobre o percurso e outros indicadores, proporcionando maior controle e antecipação de eventos adversos.

O presente estudo teve como objetivo identificar as estratégias de ritmo de passadas utilizadas por ultramaratonistas participantes da competição Ice Ultra 2023, realizada na Suécia, durante cinco dias

consecutivos em condições extremas de clima frio.

Métodos

Desenho de estudo e amostra

Estudo observacional, com amostra representativa de atletas de elite de corrida de longa duração (*endurance*) (20 homens e 11 mulheres), no qual foram utilizados dados secundários quanto aos resultados dos atletas de ambos os sexos. Os dados foram obtidos na plataforma digital oficial da Ice Ultra 2023(14). O critério de elegibilidade foi estar inscrito no evento, que foi realizado Lapônia sueca, no mês de fevereiro. A competição, configurou-se em uma corrida de 225km realizada em cinco estágios (cinco dias de evento), respectivamente, 60, 44, 42, 64 e 15km/dia, em condição climática de frio extremo. O critério de inclusão foi ter concluído todas as etapas da competição. Os critérios de exclusão foram não terminar o percurso e não iniciar a prova (largada).

Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética para seres humanos sob número CAEE: 77061323.0.0000.5546.

Variáveis de estudo

A variável desfecho foi o desempenho (em tempo de corrida) no The Ice Ultra 2023. As variáveis exposição foram as estratégias de ritmo de passadas (J e U) e velocidade (km/h) em cada estágio. As covariáveis foram: a altitude e temperatura ambiente (C°) descreveram as condições em cada estágio da prova; idade e sexo, como variáveis de descrição da amostra.

Desempenho na competição Ice Ultra

Os resultados individuais quanto ao tempo gasto para concluir o percurso de 225km foram avaliados e estratificados em três grupos: os resultados dos três primeiros colocados (Top 3), 10 primeiros colocados (Top 10) e vinte primeiros colocados (Top 20).

Estratégias de ritmo de passadas

A estratégia de ritmo de passadas foi examinada pela média da velocidade

registrada em cada um dos cinco estágios (cinco dias de competição), nos quais, as distâncias foram, respectivamente, distribuídas da seguinte maneira: 60, 44, 42, 64 e 15km. Calculada a média da velocidade configurou-se no ponto de ritmo no estágio, assim, foram apresentados: ponto 1, ponto 2, ponto 3 ponto 4 e ponto 5.

Análise estatística

Foram realizadas, análises descritivas (frequência, média \pm desvio padrão) para apresentar as principais características dos competidores (número de finalistas e ritmo). O tempo de corrida e o ritmo de passadas foram analisados estratificados por etapas e classificações (Top 3, Top 10 e Top 20). A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para análise entre etapas foi utilizada ANOVA *two-way* entre dois fatores (classificação estratificada por grupos de desempenho e etapas), seguida do post hoc de Bonferroni. Na ANOVA *two-way*, o tamanho do efeito foi apresentado através do “eta quadrado parcial” (η_p^2) e do *d* de Cohen. Foram calculadas diferenças de velocidade (valores Δ) para cada corrida ao longo das diferentes etapas e grupos de desempenho (Top 3, Top 10 e Top 20). As análises estatísticas e gráficas foram realizadas nos softwares *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 20[®], e *Graphpad Prism* versão 8.00, respectivamente, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Depois de aplicados os critérios de exclusão, a população de estudo foi composta por 20 homens (64,5%) e 11 mulheres (35,5%). (Figura 2a). O percurso (250km) foi composto de campos, florestas, montanhas sob neve e rios congelados, em clima polar sob variação térmica de 5°C a -40°C durante o dia e -10°C a -40°C à noite.

A representação gráfica do percurso pode ser observada na Figura 1. O estágio cinco, também chamado de *The sprint* porque, em geral, nesses últimos 15km do percurso, os

atletas procuram imprimir uma velocidade máxima até a chegada.

Ao final dos cinco dias da competição, o tempo total das cinco etapas da Ice ultra foi de 40:39 \pm 9:38 h: min. Em relação ao ritmo de corrida verificou-se que o ritmo durante o estágio 2 (14:57 \pm 2:66min/km; $p < 0,0001$) da Ice Ultra foi mais lento quando comparado ao ponto de ritmo no estágio 1 (10:15 \pm 1:53min/km), ponto 3 (12:36 \pm 2:22min/km), ponto 4 (11:49 \pm 1:87min/km) ponto 5 (9:50 \pm 2:26min/km) (Figura 2b). A taxa de finalistas foi de 70,9% (Figura 2c).

Durante a prova ($F=17,684$; $n_2p=0,744$) (Figura 3), a velocidade dos corredores Top 3 no ponto 1 (8,39 \pm 0,74km/h), ponto 2 (6,16 \pm 0,86km/h), ponto 3 (7,07 \pm 0,97km/h), ponto 4 (7,13 \pm 0,64 km/h) e ponto 5 (9,06 \pm 0,88 km/h) foi maior ($p < 0,001$) quando comparado aos Top 20 corredores.

Os corredores Top 10 apresentaram velocidade maior que todos os pontos percorridos pelos corredores Top 20 no ponto 5 (7,30 \pm 0,37km/h; $p < 0,001$).

A Tabela 1 apresenta as diferenças das médias da velocidade (valores Δ) ao longo de cada estágio do percurso, segundo grupos de desempenho (Top 3, Top 10 e Top 20). Nos estágios 1 e 2 houve redução percentual de 26,5%, 32,1% e 35,3% na velocidade grupos Top 3, Top 10 e Top 20, respectivamente, sendo que houve aumento de velocidade nos estágios subsequentes até o último estágio 5.

Discussão

Os principais achados do presente estudo foram que houve uma tendência parabólica (velocidades mais rápidas no começo e fim de prova) na estratégia de corrida ao longo dos dias de competição, com um perfil de ritmo negativo (aumento do ritmo de passada durante a corrida) durante o estágio dois na competição Ice Ultra. Observou-se que, nos 20 corredores com melhores resultados (ou índices), houve uma diminuição nos padrões de velocidade entre os dias de competição, enquanto os três primeiros colocados exibiram uma maior estratégia de ritmo e maior variabilidade entre os estágios.

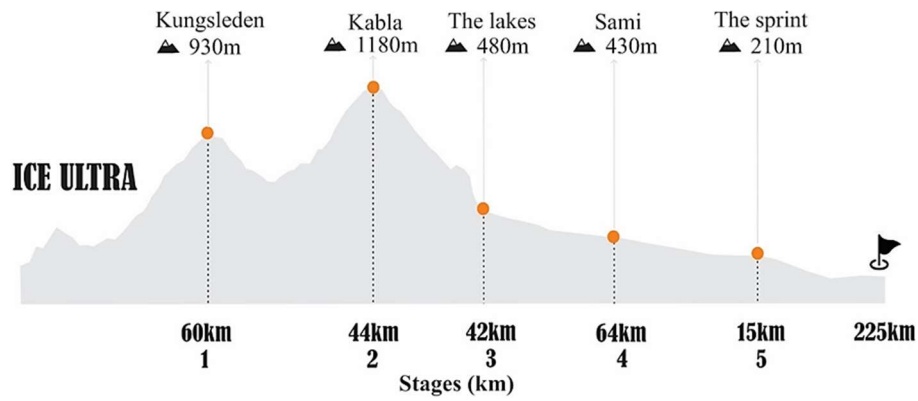


Figura 1 – Etapas e altitude e estágios da competição Ice Ultra 2023, na Lapônia sueca.

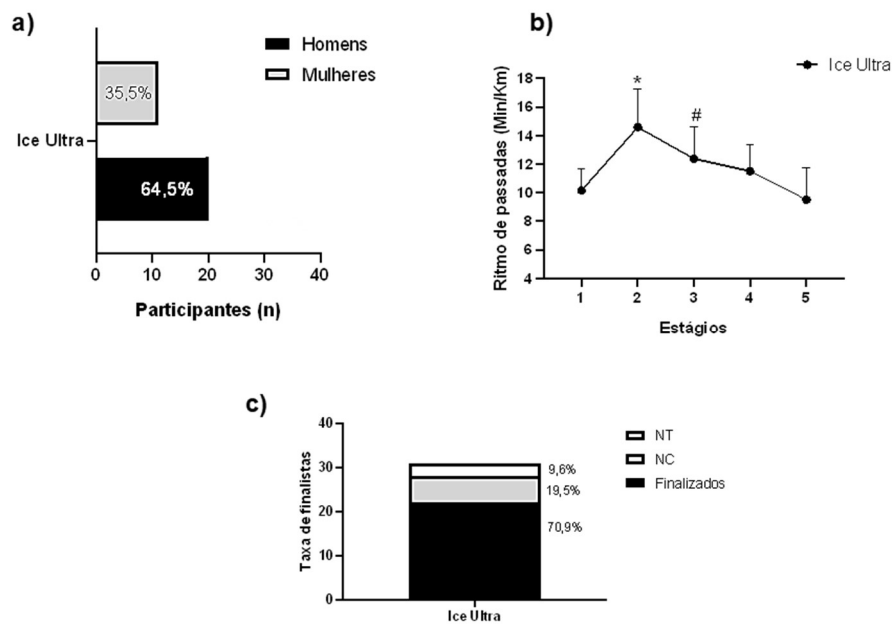


Figura 2 – 2.a) Porcentagem de finalistas; 2.b) Ritmo de corrida entre etapas.*Ice ultra: ponto2 vs .ponto1; ponto3; ponto4; ponto5; $p < 0,001$; 2.c) Taxa de finalistas: NT: Não terminou; NC: Não começou.

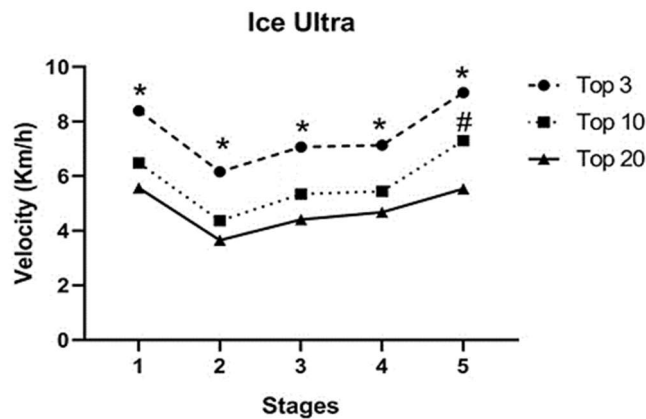


Figura 3 – Comparação da velocidade média (Km) por categorias de desempenho na competição Ice Ultra.

* Top 3- ponto1, ponto2, ponto3, ponto4 e ponto5 vs Top 10 e 20 etapas; $p < 0,001$. # Top 10-ponto5 vs Top 20 estágios; $p < 0,001$.

Tabela 1. Diferença de velocidade entre etapas de ambas as provas, para diferentes grupos de atuação

Etapa	Ice Ultra											
	Top 3				Top 10				Top 20			
	Diferença das médias (Δ)	Cohen's d	<i>r</i>	<i>r</i> ²	Diferença das médias (Δ)	Cohen's d	<i>r</i>	<i>r</i> ²	Diferença das médias (Δ)	Cohen's d	<i>r</i>	<i>r</i> ²
1-2	2,23 (0,14)	2,77	0,995	1,00	2,11 (0,15)	4,53	0,948	0,90	1,91 (0,18)	6,44	0,609	0,37
2-3	-0,90 (0,22)	-0,99	0,977	0,95	-0,97 (0,20)	-2,31	0,913	0,83	-0,76 (0,29)	-2,55	0,639	0,41
3-4	-0,06 (0,32)	-0,07	1,000	1,00	-0,09 (0,14)	- 0,28	0,916	0,84	-0,11 (0,15)	- 0,60	0,906	0,82
4-5	-1,92 (0,23)	-2,50	1,000	1,00	-1,86 (0,24)	-5,16	0,777	0,60	-1,29 (0,13)	- 1,45	0,925	0,86

O desempenho em corrida no gelo pode ser influenciado por vários fatores. Primeiro, os corredores utilizavam roupas, calçados e equipamentos térmicos mais pesados em temperaturas próximas a -40°C . Além disso, as botas usadas na neve eram até 1.500 gramas mais pesadas do que os tênis de corrida tradicionais, sendo que a energia.

A participação na competição foi predominantemente masculina, o que se observa em competições de longa distância de até 100 km e acima de 360 km(17). No entanto, considera-se que uma participação de cerca de 40% do seguimento feminino na competição em estudo foi uma proporção importante, pois, se aproxima dos 50%, apesar de toda a alto esforço físico necessário para a participação em eventos dessa natureza. Na literatura, recentemente, foi identificado um aumento na participação do público feminino em outros eventos, incluindo maratonas, que durante anos foram predominantemente compostos por indivíduos do sexo masculino(7). Em ultramaratonas, a evidência indica um aumento anual na participação de mulheres(17).

Quanto ao número de participantes, observou-se uma baixa participação de corredores (<50 corredores por competição), em comparação com eventos não extremos(18). Apesar disso, segundo pesquisas recentes, é fato que o número de finalistas em ultramaratonas tem aumentado(17,19), sendo que nas provas realizadas em várias etapas, esse número aumentou exponencialmente de 1992 a 2010(17). As corredoras representavam em média 16,4% do total de participantes, com a maioria dos finalistas sendo da Europa, principalmente da França, seguida pelos Estados Unidos, Ásia, África, Austrália e países sul-americanos(19).

Durante as cinco etapas, observou-se que os corredores do Ice Ultra gradualmente aumentaram o ritmo de passadas após a etapa 2, possivelmente devido ao fator inclinação distribuído ao longo do percurso. Também foi observado um padrão mais conservador com menos variação da intensidade da corrida nos 20 melhores

corredores de ambas as competições, refletindo possivelmente, a ênfase na conclusão do percurso em vez da competição pelo primeiro lugar. No entanto, os três melhores corredores classificados (Top 3) apresentaram maior variabilidade na velocidade, potencialmente permitindo uma posição destacada na classificação final. Neste contexto, a experiência do corredor desempenha um papel crucial no gerenciamento do ritmo e na adaptação a diferentes altitudes sem comprometer o gasto energético(20).

O processo de variação de intensidade e corrida mais rápida em percursos envolve um certo grau de risco calculado, no qual o atleta induz maiores distúrbios homeostáticos(21). Portanto, uma estratégia de ritmo ideal em competições de vários dias deve equilibrar o uso de reservas energéticas para reduzir os distúrbios homeostáticos. A falha nessa estratégia pode resultar em uma queda substancial na velocidade em momentos críticos da competição, associada à depleção de glicogênio muscular em corridas prolongadas(22).

Ao se observar o relevo nos diferentes estágios do percurso, este emergiu como um fator determinante no padrão estratégico da corrida. No Ice Ultra, uma redução na velocidade dos corredores foi observada nas etapas iniciais, seguida por um aumento gradual até as últimas etapas, provavelmente, favorecido pela inclinação do percurso, decorrente das diferenças de altitudes entre os estágios (Figura 1). Os corredores tenderam a experimentar uma redução mais significativa na velocidade ao longo das etapas, especialmente entre as duas primeiras etapas. Os resultados do tamanho do efeito indicaram um efeito mais substancial, especialmente quando houve variações significativas na altimetria e na distância. Além disso, podem ser atribuídas a desafios ambientais, como o percurso da corrida e as condições climáticas (vento e temperatura), bem como a fatores individuais, incluindo histórico de treinamento, planejamento tático, nutrição, fadiga e humor(23–25). A investigação contínua dessas relações pode fornecer

informações valiosas para otimizar o desempenho e compreender como os atletas se adaptam a diferentes condições e desafios de corrida.

Pontos fortes e limitações do estudo

O ponto forte do presente estudo foi que a realização de um estudo quanto a estratégias utilizadas por atletas de elite são importantes para esclarecer questões relacionadas ao desempenho em quaisquer modalidades esportivas, destacando que se trata de população de difícil acesso. Nesse sentido, estes resultados contribuem para esclarecer a questão quanto ao ritmo de passada empregado em corrida de *endurance* que, no caso, foi de 250 km.

Uma limitação o tamanho amostral reduzido, comum quando se trata do nível mais alto no esporte de alto rendimento, por esse motivo, optou-se por não se estratificar por sexo, o que poderia trazer esclarecimentos adicionais, sobretudo para a participação feminina em eventos dessa natureza. A metodologia ora empregada pode ser utilizada em estudos futuros, a fim de se aumentar o tamanho amostral, sendo que se sugere que sejam acessados dados de pelo menos cinco anos no Ice Ultra, assim que forem realizadas mais edições da competição.

Conclusão

O presente estudo teve como objetivo investigar as estratégias de ritmo de corrida de ultramaratonistas competitivos ao longo de cinco dias em condições extremamente frias. Os resultados revelaram que os corredores com melhor desempenho conseguiram ajustar seu ritmo de passadas com maior eficiência de acordo com as demandas de relevo entre os estágios estando em ambiente de temperaturas muito baixas. Em contrapartida, os corredores com desempenho menor, apresentaram estratégias de ritmo de passadas com pouca variação de ritmo. Correr no gelo foi potencialmente mais lento relacionado não apenas ao relevo, mas também ao equipamento e roupas necessários.

Agradecimentos

Agradecemos a todos integrantes do clube de corrida da Universidade de Sergipe.

Declaração de conflitos de interesse

Os autores declaram que não ter conflitos de interesses, no presente estudo.

Declaração de financiamento

Este projeto recebeu apoio de uma bolsa CAPES, *Finance Code* 001 and CAPES/PROCAD-2013.

Referências

1. Scheer V, Krabak BJ. Musculoskeletal Injuries in Ultra-Endurance Running: A Scoping Review. *Frontiers in Physiology*. 2021;12: 664071. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.664071>.
2. Waśkiewicz Z, Nikolaidis P, Chalabaev A, Rosemann T, Knechtle B. Motivation in ultra-marathon runners. *Psychology Research and Behavior Management*. 2018;Volume 12: 31–37. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S189061>.
3. Knechtle B, Chlíbková D, Papadopoulou S, Mantzorou M, Rosemann T, Nikolaidis PT. Exercise-Associated Hyponatremia in Endurance and Ultra-Endurance Performance—Aspects of Sex, Race Location, Ambient Temperature, Sports Discipline, and Length of Performance: A Narrative Review. *Medicina*. 2019;55(9): 537. <https://doi.org/10.3390/medicina55090537>.
4. Fernandes AL. Estratégia de estimulação: mecanismo regulatório, influência de fatores ambientais e ritmos circadianos. *ACTA Brasileira do Movimento Humano*. 2015;5(2): 114–138. <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/actabrasileira/article/view/2847>
5. Casado A, Hanley B, Jiménez-Reyes P, Renfree A. Pacing profiles and tactical behaviors of elite runners. *Journal of Sport and Health Science*. 2021;10(5): 537–549. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.011>.

6. García-Manso JM, Martínez-Patiño MJ, De La Paz Arencibia L, Valverde-Esteve T. Tactical behavior of high-level male marathon runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2021;31(3): 521–528. <https://doi.org/10.1111/sms.13873>.
7. Knechtle B, Rosemann T, Zingg M, Stiefel M, Rüst C. Pacing strategy in male elite and age group 100 km ultra-marathoners. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2015; 71. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S79568>.
8. Hoffman MD. Pacing by Winners of a 161-km Mountain Ultramarathon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014;9(6): 1054–1056. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0556>.
9. Costa RJS, Knechtle B, Tarnopolsky M, Hoffman MD. Nutrition for Ultramarathon Running: Trail, Track, and Road. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2019;29(2): 130–140. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0255>.
10. Bouscaren N, Millet GY, Racinais S. Heat Stress Challenges in Marathon vs. Ultra-Endurance Running. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2019;1: 59. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00059>.
11. Leon LR, Bouchama A. Heat Stroke. In: Prakash YS (ed.) *Comprehensive Physiology*. 1st ed. Wiley; 2015. p. 611–647. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140017>. [Accessed 24th September 2024].
12. Krabak BJ, Waite B, Schiff MA. Study of Injury and Illness Rates in Multiday Ultramarathon Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(12): 2314–2320. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318221bfe3>.
13. McGowan V, Hoffman MD. Characterization of Medical Care at the 161-km Western States Endurance Run. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2015;26(1): 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2014.06.015>.
14. Hall J. *Ice Ultra 2023 | Final Results. Beyond the Ultimate*. 2023. <https://www.beyondtheultimate.co.uk/ice-ultra-2023-stage-five/> [Accessed 24th September 2024].
15. Shorten MR. The energetics of running and running shoes. *Journal of Biomechanics*. 1993;26: 41–51. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(93\)90078-S](https://doi.org/10.1016/0021-9290(93)90078-S).
16. Ebben WP, Davies JA, Clewien RW. Effect of the Degree of Hill Slope on Acute Downhill Running Velocity and Acceleration. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008;22(3): 898–902. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a4149>.
17. De Souza RF, Santos MMS, Thuany M, Dos Santos Silva D, De Jesus Alves MD, Oliveira DPM, et al. Ultramarathon Evaluation above 180 km in relation to Peak Age and Performance. Masanovic B (ed.) *BioMed Research International*. 2022;2022: 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/1036775>.
18. Scheer V. Participation Trends of Ultra Endurance Events. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2019;27(1): 3–7. <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000198>.
19. Knechtle B, Abou Shoak, Rüst, Lepers R, Rosemann T. European dominance in multistage ultramarathons: an analysis of finisher rate and performance trends from 1992 to 2010. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2013; 9. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S39619>.
20. Damsted C, Parner ET, Sørensen H, Malisoux L, Nielsen RO. ProjectRun21: Do running experience and running pace influence the risk of running injury—A 14-week prospective cohort study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019;22(3): 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.08.014>.
21. Périard JD, Eijsvogels TMH, Daanen HAM. Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*. 2021;101(4): 1873–1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>.

22. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*. 2011;29(sup1): S91–S99. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>.
23. Cuk I, Markovic S, Weiss K, Knechtle B. Running Variability in Marathon—Evaluation of the Pacing Variables. *Medicina*. 2024;60(2): 218. <https://doi.org/10.3390/medicina60020218>.
24. Bianchi D, Miller DJ, Lastella M. Sleep–Wake Behaviour of 200-Mile Ultra-Marathon Competitors: A Case Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(5): 3006. <https://doi.org/10.3390/ijerph19053006>.
25. Haney T, Mercer J. A Description of Variability of Pacing in Marathon Distance Running. *International Journal of Exercise Science*. 2011;4(2): 133–140. <https://doi.org/10.70252/RHGB2099>.
26. Jones AM, Kirby BS, Clark IE, Rice HM, Fulkerson E, Wylie LJ, *et al*. Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. 2021;130(2): 369–379. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00647.2020>.
27. Pycke JR, Billat V. Marathon Performance Depends on Pacing Oscillations between Non Symmetric Extreme Values. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(4): 2463. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042463>.