

AGRUPAMENTO DE VARIÁVEIS DE TREINAMENTO DE ULTRAMARATONISTAS

Everton, Adriana Nunes da Fonseca¹; Junior, Homero da Silva Nahum^{2,3};

Barreto, Ana Cristina Lopes y Glória²; Brasil, Roxana Macedo²

4

Resumo

A Ultramaratona foi conceituada como qualquer corrida com distância superior à 42.195 km. No Brasil, o número de participantes seria muito pequeno, mas teria aumentado nos últimos anos. Então, o objetivo desse estudo foi agrupar variáveis de treinamento de ultramaratonistas. O grupo de voluntários composto por 72 ultramaratonistas, 55 homens, idades entre 32 e 65 anos, e praticantes há 12 meses. Empregado foi o método aglomerativo, tendo a distinção estabelecida por função de distância. O algoritmo codificado em R foi o k-médias. Encontrou-se cinco Clusters, o primeiro agrupou Idade e Experiência. O Cluster 2 deteve variáveis relacionadas às escolhas (Ambiente, Outro Esporte, Profissional de Educação Física, Função e Sexo). Enquanto o de número 3 refletiu o planejamento do treinamento (Corrida Sessão, Intensidade da Corrida e treinamento de Força) e o Cluster 4 reuniu os elementos Acompanhamento (com menção à equipe técnica) Prova e Lesão. O Volume de Corrida ficou no Grupo 5. Concluiu-se que os resultados apontaram para a formação de três clusters que concentraram as variáveis de treinamento.

Palavras-chave: Exercício físico; Planejamento; Desporto; Estatística; Análise de grupo.

Abstract

The Ultramarathon was defined as any race longer than 42,195 km. In Brazil, the number of participants would be very small, but it would have increased in recent years. Therefore, the objective of this study was to group training variables for ultramarathon runners. The group of volunteers comprised 72 ultramarathon runners, 55 men, aged between 32 and 65 years old, and have been practicing for 12 months. The agglomerative method was used, with the distinction established by distance function. The algorithm coded in R was k-means. Five Clusters were found, the first grouped Age and Experience. Cluster 2 contained variables related to choices (Environment, Other Sport, Physical Education Professional, Function and Sex). While number 3 reflected the training planning (Run Session, Run Intensity and Strength training) and Cluster 4 brought together the elements of Monitoring (with mention of the technical team), Race and Injury. Running Volume was in Group 5. It was concluded that the results pointed to the formation of three clusters that concentrated the training variables.

Keywords: Physical exercise; Planning; Sport; Statistic; Cluster analysis.

Introdução

De acordo com Hair *et al.* (2009), a análise de agrupamento (ou conglomerado) seria um conjunto de métodos estatísticos para classificar elementos (variáveis, pessoas, estado de saúde, valência física, produtos, atrações turísticas, identificação de comportamentos e

¹ Graduanda em Educação Física no Centro Universitário Celso Lisboa – RJ/Brasil

² Docente do Curso de Educação Física do Centro Universitário Celso Lisboa – RJ/Brasil

³ Docente da Escola de Saúde da Universidade Candido Mendes – RJ/Brasil

fraudes, e exercícios, por exemplo) em grupos (clusters) pela similaridade (Ribeiro *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2020; Mello *et al.*, 2018; Barbosa, 2014).

A obtenção de grupos foi aplicada no estudo de fenômenos como a violência urbana e escolar (Garcia-Silva, Lima Júnior e Caruso, 2022), educação (Hocama, Gomes e Both, 2023; Paula, 2022; Santos, Lima e Ramos, 2022) e saúde (Oliveira *et al.*, 2023; Rezende *et al.*, 2023; Maciel *et al.*, 2023; Melo, Ferreira e Teixeira, 2014). Na Educação Física, os agrupamentos foram empregados em sedentarismo (Marques *et al.*, 2016), padrões de equilíbrio (Silveira, Pivetta e Mota, 2017), dor muscular (Nogueira *et al.*, 2014), suplementação (Rossi e Horita, 2017), basquete (Canuto, 2022; Almas, 2015), ginástica artística (Sterkowicz e Sterkowicz, 2005), taekwondo (Ricardo e Couto, 2023), futebol (Melo *et al.*, 2022) e corrida (Costa, 2022).

No domínio da corrida, Chollet *et al.* (2023) avaliaram o impacto fisiológico da rigidez dos calçados, dado que essa impactaria em, aproximadamente, $\pm 3,00\%$ na economia de corrida. A obtenção de três grupos possibilitou concluir que o aumento da rigidez do calçado foi positivo aos atletas de alto nível e negativa naqueles medianos.

Watari *et al.* (2018) buscaram identificar grupos de corredores com dor femoropatelar em razão do padrão de aceleração pélvica, o que seria mais exequível do que a utilização de dados cinemáticos 3D. Os autores revelaram que os padrões de marcha eram influenciados pela dicotomia sexual, pois apesar dos homens terem sido reunidos em um único grupo, as mulheres foram divididas em dois. Em um deles, as corredoras detiveram padrão aceleração análogo ao masculino, enquanto no segundo grupo houve pico de aceleração anterior e maior velocidade vertical.

Contrariando a investigação anterior, Jauhiainen *et al.* (2020) utilizaram dados cinemáticos 3D de 291 corredores saudáveis e lesionados, tendo encontrado cinco grupos, porém com distribuição de lesões semelhantes, logo, concluíram que o padrão de marcha e a localização da lesão seriam independentes. A lesão, também, foi objeto de estudo de Senevirathna *et al.* (2020), os quais objetivaram identificar a possibilidade de agrupar corredores acometidos ou não por lesão em função do padrão de marcha cinética. Embora tenham conseguido dividir os atletas em dois grupos, esses não apresentaram associação com lesão ou sexo.

Diversos outros autores se dedicaram à aplicação de métodos de agrupamento, porém direcionados à lesão (Sancho *et al.*, 2023; Martin *et al.*, 2022; Dingenen *et al.*, 2020; Willwacher *et al.*, 2016), biomecânica (Santos *et al.*, 2023; Matabuena *et al.*, 2023; Langley,

2023; Phinyomark *et al.*, 2015) e fisiologia (Cendali, D'Alessandro e Nemkov, 2023; Cao *et al.*, 2023; Rose *et al.*, 2023). Aparentemente, a avaliação do regime de treinamento não despertaria similar atenção, o que incluiria a ultramaratona, pois Spring *et al.* (2022) se dedicaram aos aspectos neurofisiológicos pós-competição; Lipman *et al.* (2014), às lesões renais advindas da prática; e Wickström *et al.* (2019) discutiram a lesão pelo uso excessivo, por exemplo. Em razão do exposto, o presente estudo objetivou agrupar variáveis de treinamento de ultramaratonistas.

Materiais e Métodos

O grupo de voluntários foi composto por 72 ultramaratonistas, dos quais 55 homens, com idades entre 32 e 65 anos, e praticantes da modalidade há, no mínimo, 12 meses ininterruptos. Os dados foram coletados subjetivamente, por questionário, gerando 14 variáveis.

No corrente estudo foi empregado método hierárquico (Manly e Alberto, 2019), pois não se estabeleceu, inicialmente, o número de clusters e o banco de dados era pequeno (72 observações), apesar de ser inflexível, ou seja, não permitiu a troca de variável entre os grupos. Especificamente, o método aglomerativo foi utilizado, nesse os elementos foram amalgamados em etapas, possibilitando que grupos menores fossem incorporados a outros, até se obter um único cluster (Lattin, Carroll e Green, 2010). Logo, várias opções de agrupamentos eram possíveis (Hair *et al.*, 2009). A distinção foi estabelecida por função de distância, no caso a euclidiana quadrada (Lattin, Carroll e Green, 2010; Mingoti, 2007).

O algoritmo empregado foi o k-médias (Pinheiro *et al.*, 2023; Souza, Oliveira e Januário, 2023; Silva *et al.*, 2023) codificado no ambiente virtual Anaconda® Navigator 2.2.0 (Anaconda Inc.), empregando o Jupyter Notebook 6.4.8 (Projeto Jupyter) para codificar em Python® 3.11.4 (Python Software Foundation), empregando as bibliotecas Scikit-learn 0.24.2 (Pedregosa *et al.*, 2011), Scipy® 1.6.2 (SciPy.org) e Matplotlib® 3.4.2 (Matplotlib).

Discussão

Na amalgamação, as variáveis seriam submetidas às etapas de combinação. Nesse processo, inicialmente, cada variável ocuparia um grupo, então a distância entre as variáveis foi estimada de acordo o método selecionado, cujas possibilidades eram (Hartigan e Wong, 1978; Hartigan, 1975):

- Euclidiana (ou Euclidiana Quadrada): métrica comumente empregada, utilizada nesse estudo. Estimada pelos dados brutos, não sendo afetada pela inclusão de novas variáveis (ou dados extremos, *outliers*), porém escalas distintas entre as variáveis impacta significativa e intensamente. A fórmula utilizada seria:

$$\text{Distância } (x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

- Euclidiana Quadrada: a retirada da raiz quadrada da métrica anterior, torna a importância da variável proporcional a sua distância.

$$\text{Distância } (x, y) = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2$$

- Manhattan (ou Quarteirão da Cidade, *city-block*): simplesmente, a soma da diferença entre as variáveis. As estimativas tenderiam a ser similares àquelas da Euclidiana, todavia, haveria atenuação do efeito de elevadas diferenças (*outliers*).

$$\text{Distância } (x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

- Chebychev (ou do Tabuleiro de Xadrez): caracterizada pelo espaço vetorial no qual a distância entre dois vetores seria a maior das diferenças em qualquer dimensão.

$$\text{Distância } (x, y) = \text{máximo} |x_i - y_i|$$

- De Potência: empregada quando houver necessidade de controlar a intensidade de alguma dimensão que influencie a caracterização do indivíduo. Para tanto, p é o atributo de controle da intensidade da dimensão e o r controla as grandes diferenças entre os indivíduos. Imperativo, destacar que se $p = r = 2$, então a estimativa será igual à Euclidiana.

$$\text{Distância } (x, y) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{1/r}$$

- Porcentagem de Desacordo: indicada para variáveis categóricas.

$$\text{Distância } (x, y) = \frac{\text{Total de } x_i \neq y_i}{i}$$

Sequencialmente, aplicou-se uma dentre diversas regras de ligação, combinação ou amálgama, buscando similaridade entre as variáveis e a determinação dos agrupamentos, propriamente dita, essa obtida pela distância entre pares de grupos, cujas possibilidades seriam (Sneath e Sokal, 1973):

- Ligação Única (vizinho mais próximo): emprego da menor distância de duas variáveis naqueles *clusters*;
- Ligação Completa (vizinho mais distante): emprego da maior distância de duas variáveis naqueles *clusters*. Esse método seria adequado quando as variáveis em essência caracterizariam grupos distintos, por exemplo, dobras cutâneas e equilíbrios;
- Média Não Ponderada: estimada como a distância média entre todos os pares de variáveis nos dois grupos diferentes. Substituto eficiente dos métodos anteriores;
- Média Ponderada: similar ao anterior, porém haveria ponderação pelos tamanhos dos grupos, quantidades de variáveis em cada um. Logo, adequado seria quando essa característica for muito distinta entre os *clusters*;
- Centróide Não Ponderado: distância entre os centros geométricos dos grupos;
- Centróide Ponderado (ou Mediana): análogo ao anterior, porém cada centro geométrico é estimado em razão do número de variáveis existentes no grupo;
- Ward: as distâncias entre pares de grupos seriam determinadas pela minimização da soma dos quadrados, tal qual a realização da análise de variância (Ward Jr., 1963). Não obstante a elevada eficiência, os grupos tenderiam a ser pequenos.

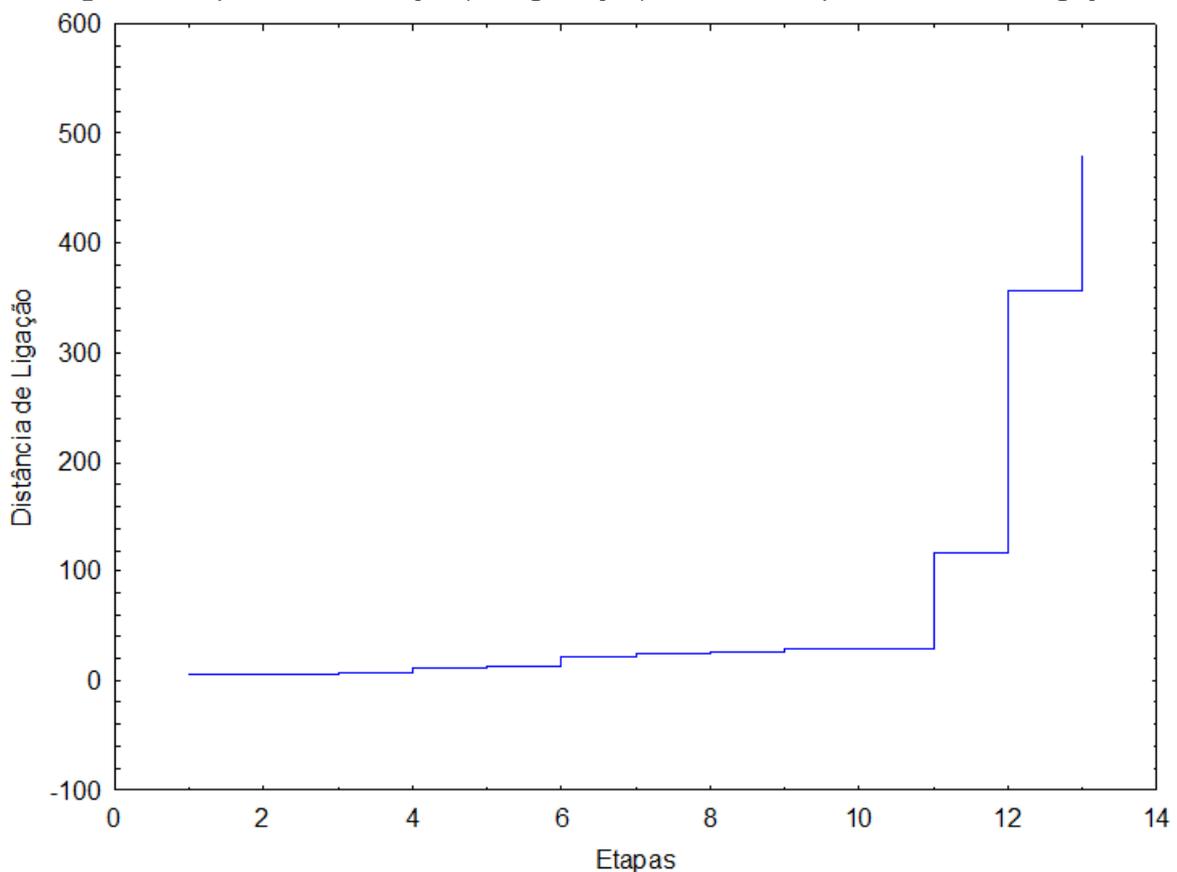
No atual estudo, a distância euclidiana quadrada associada ao centroide ponderado possibilitou a combinação de 11 variáveis a distâncias pequenas (Figura 1), entretanto, especialmente, as duas últimas variáveis se apresentaram mais distantes das outras. A observação da Figura 2 revelou diversas possibilidades de formação de agrupamentos, porém destacou-se o grupo formado por Idade e Experiência, o que convergiu à expectativa, dada a ordem de grandeza de aferição das variáveis.

Intuitivamente, a relação entre aquelas variáveis poderia guiar o agrupamento obtido, porém, fundamental seria destacar que não, necessariamente, existiria explicação estatística ou matemática para tal. No caso em tela, a interdependência estimada pela covariância resultou em $cov(\text{Idade}, \text{Experiência}) \cong 7,27$, portanto irrelevante. Além disso,

não foi possível identificar comportamentos similares entre as variáveis, pois as correlações de Pearson ($r = 0,34$), Spearman ($\rho = 0,26$) e Kendall ($\tau = 0,18$) foram baixas, impossibilitando explicar uma variável a partir da outra, que pese, estatisticamente significativas, valor- $p < 0,05$.

Então, o resultado poderia ser explicado pela maturação biológica ou influência dos pais, caso fossem crianças ou adolescentes conforme demonstrado respectivamente por Vieira *et al.* (2022) e Milan *et al.* (2023). Porém, esses autores destacaram que a prática e o desempenho esportivos seriam influenciados pelo ambiente familiar, aspecto enriquecido pelo perfil dos treinadores (Santos Junior *et al.*, 2023; Cheuczuk *et al.*, 2016) e de cada profissional que assistiria o atleta (Schiavenato, 2021).

Figura 1: Etapas da Combinação (amalgamação) das Variáveis pela Distância de Ligação



Fonte: Os autores (2024)

Logo, em adultos a relação entre as variáveis, ora em pauta, poderia ser explicada pela associação com o controle dos eventos de ansiedade (Catelan, 2023; Fonseca, 2019) e fatores de restrição comportamentais ou físicos, o conhecimento desses fundamentaria o desenho do treinamento (Machado e Araújo, 2010), favorecendo a aquisição de padrões de

coordenação na amplitude dos domínios esportivos (Tooth *et al.*, 2023), o controle dos aspectos econômicos (Martinez e Wiart, 2023), e perfil sociodemográfico e motivacional (Cruz *et al.*, 2023), por exemplo. Em última análise, a prática desportiva por adultos denotaria um espaço multidimensional de valores, significados e sentidos (Monteiro, Brauner e Lopes Filho, 2014).

O Volume de Corrida (CorridaVol), representando as distâncias percorridas (ΔS) pelos atletas semanalmente, também, se destacou nas ligações (Figura 2), valeria salientar que tal variável poderia ser entendida como o trabalho (τ) realizado pelo atleta, logo $\tau = F_r \cdot \Delta S \cdot \cos\theta$, entendendo que a $F_r = m \cdot \vec{a}$, e que a força e o deslocamento possuem o mesmo sentido, logo formando o^o ($\cos\theta = \cos 0 = 1$, então $\tau = m \cdot \vec{a} \cdot \Delta S$. Portanto, o volume treinado seria o esforço em joules do atleta para deslocar a própria massa corporal (m) sob determinada aceleração (\vec{a}).

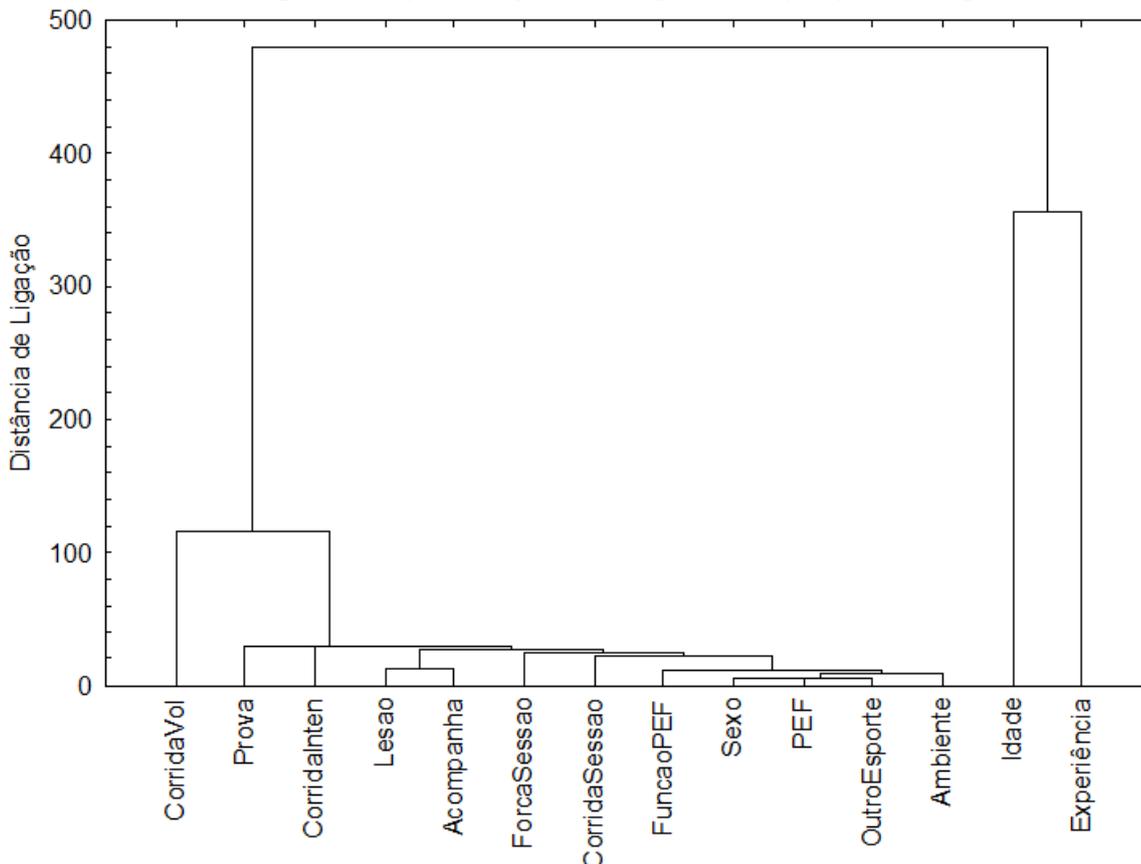
Entendido sob a perspectiva mecânica, então CorridaVol deveria ser elemento do grupo que conteria Lesão, porém a unidade de medida (km) dela, possivelmente influenciou a existência do *cluster* de variável única, o qual, possivelmente, era próximo daquele que deteve a Lesão. O motivo residiria no calçado (propriamente dito + palmilha) utilizado, pois esse deveria proporcionar o melhor uso possível dos impactos no solo (Andrade e Santos, 2022), simultaneamente ao desfavorecimento de lesões nos pés, tornozelos e joelhos (Melo *et al.*, 2023).

A ocorrência de lesão encontraria convergência à prescrição inadequada ou inexistente, sobretudo, se o par volume – intensidade de treinamento não guardasse convergência à realidade do atleta. Poderia haver necessidade de sessões específicas de treino de força, por exemplo, no enfraquecimento póstero-lateral do quadril, o qual poderia desenvolver a acentuada adução e rotação interna do quadril, queda pélvica contralateral, rotação do joelho e pronação do pé, caracterizando o joelho valgo dinâmico (De Almeida, Matos e Pereira Neto, 2023).

Complementando, Sampaio *et al.* (2023) demonstraram que a exposição a exercícios extenuantes, conseqüentemente promotores da elevação dos níveis de fadiga, acarretariam alterações nos picos angulares das articulações envolvidas no movimento, aumentando o risco de lesões musculoesqueléticas, sobretudo no complexo articular dos joelhos. Tal constatação era esperada, pois senso comum seria a relação entre fadiga e mitigação da coordenação motora. Todavia, o relato dos autores seria particularmente relevante na ciência de que a ultramaratona se caracterizaria pelos altos níveis de fadiga,

os quais poderiam ser agravados na existência de inadequação no padrão de sono (Barbosa, 2023; Thompson *et al.*, 2020; Van Cutsem *et al.*, 2017; Watson, 2017; Wijesuriya, Tran e Craig, 2007) ou nutricional (Duo *et al.*, 2023; Neves *et al.*, 2017; Roth *et al.*, 2021).

Figura 2: Representação da Solução de Grupos por Dendograma



Fonte: Os autores (2024)

Não obstante a relevância dos aspectos supracitados, comumente, a relação entre lesão ou desconforto com o esforço careceria de explicitação, conforme defendido por Carvalho (2023) nos eventos de dor muscular tardia e os exercícios de alta intensidade com ações excêntricas. Essa situação tenderia a reduzir a produção de força e amplitude de movimento, concomitantemente ao aumento da rigidez muscular e articular. Portanto, ultramaratonistas apresentariam modificações negativas na cinemática da corrida, comprometendo a performance (Willwacher, Sanno e Bruggemann, 2020; Tokinoya *et al.*, 2020). A referida associação levou à recomendação de sessão regenerativa, posteriormente ao esforço (Bustos-Viviescas *et al.*, 2023; Vretaros, 2022; SantAnna *et al.*, 2022).

Sinteticamente, a prática da ultramaratona requisitaria, compulsoriamente, a periodização sistemática do treinamento, não somente considerando a carga de treinamento (Marques Junior, 2023), mas distribuindo-a em razão das competições no domínio do tempo e características fisiológicas, mecânicas e evolutivas (táticas e técnicas) do atleta (Rosa e Santini, 2020; Kochhann, 2017; Rezende, 2013; Millet *et al.*, 2011).

O conteúdo percorrido foi ratificado pelos agrupamentos (Tabela 1), especialmente na consideração de que o *Cluster 1* concentrou Experiência e Idade, fatores intrínsecos não modificáveis (Trindade, 2020). Possivelmente, em razão de tal característica, tenha detido as maiores distâncias em relação aos demais grupos (Tabela 2). O *Cluster 2* deteve as variáveis relacionadas às próprias escolhas, portanto fatores extrínsecos modificáveis, ambiente de treino, prática de Outro Esporte, assistência de profissional de Educação Física (PEF), a Função desse, e o Sexo do atleta, único intrínseco não modificável, na percepção daquele autor.

Tabela 1: Resultados Descritivos, \bar{x} : média; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; PEF: profissional de Educação Física

Cluster	Variável	\bar{x}	s	CV	Distância
1	Experiência	4,39	2,94	66,96	21,02
	Idade	45,49	9,26	20,36	21,02
2	Ambiente	101,96	0,93	0,91	0,73
	Outro Esporte	101,64	0,48	0,48	0,66
	PEF	101,42	0,50	0,49	0,49
	Função PEF	102,90	1,04	1,01	1,29
	Sexo	101,24	0,43	0,42	0,82
3	Corrida Sessão	103,21	2,75	2,66	2,07
	Corrida Intensidade	104,85	2,89	2,76	2,40
	Força Sessão	105,13	2,45	2,33	1,68
4	Acompanhamento	106,79	0,87	0,82	1,34
	Prova	107,65	3,51	3,26	2,36
	Lesão	108,14	0,35	0,32	1,51
5	Corrida Volume	116,31	11,15	9,59	0,00

Fonte: Os autores (2024)

Aquelas características do grupo 2, justificariam, pelo menos parcialmente, a proximidade ao Cluster 3 (Tabela 1), no qual a totalidade das variáveis refletiriam o planejamento do treinamento. Especialmente pela distância do grupo 5 (Tabela 2), conjecturar a necessidade de avaliar detidamente a aplicação dos princípios de treinamento (Marque Junior, 2023) pareceria ser razoável.

Tabela 2: Distâncias entre os *Clusters*

Cluster	2	3	4	5
1	5938,83	6343,01	6850,18	8511,61
2		9,66	33,94	328,25
3			13,64	247,49
4				195,24

Fonte: Os autores (2024)

O treinamento de força quando adequadamente prescrito tenderia a melhorar a biomecânica dos corredores de resistência (Arruda *et al.*, 2022), favorecendo a economia de movimento e coordenação intramuscular (Støren *et al.*, 2008), não ignorando a possibilidade de empregá-lo como funcional (Santos e Ferreira, 2022), destarte a coerência das variáveis contidas no grupo 3, justificando a distância de 13,64 do Cluster 4 (Tabela 2), o qual concentrou fatores extrínsecos modificáveis (Acompanhamento, menção à equipe técnica) e não modificáveis (Prova). Considerando que a disputa deveria ser inserida no volume treinado, então esperado era que o Cluster 5 guardasse menor distância do antecessor.

Considerações Finais

Objetivando agrupar 14 variáveis de treinamento de 72 ultramaratonistas, o modelo desenvolvido resultou em cinco agrupamentos, desses três concentraram as variáveis de treinamento, apontando a necessidade da realização de trabalhos conjuntos específicos sobre os respectivos grupos.

Aos estudos futuros recomenda-se o desenvolvimento de modelos de classificação, especialmente, à luz da aprendizagem de máquina, para verificar se os agrupamentos seriam necessários e suficientes à separação dos atletas. Investigar a utilização de medidas da relação volume-intensidade em substituição a essas variáveis pode fornecer resultados mais exequíveis aos atletas. As prescrições de treinamento poderiam ser submetidas à análise de envoltória, visando identificar aquela que fosse mais eficiente em razão da distância.

Referências

ALMAS, SP. Análise das estatísticas relacionadas ao jogo que discriminam as equipes vencedoras das perdedoras no basquetebol profissional brasileiro. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 29, n. 4, p. 551-558, 2015.

ANDRADE, RE; SANTOS, TRT. Selection of running shoes by amateur runners: characterization and association with the self-reported history of injury. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 29, n. 4, p. 386-396, 2022.

ARRUDA, IA *et al.* Efeitos do treinamento de força na melhora da biomecânica da corrida. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 2, p. 219–228, 2022.

BARBOSA, AG. **Análise de cluster da variabilidade orçamentária na administração pública federal**. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração). Programa de Pós-graduação em Administração. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de Brasília. Brasília (DF), 2014.

BARBOSA, BT. **Efeito da privação parcial do sono e da fadiga mental no desempenho de atletas treinados de voleibol de praia**. Tese (Doutorado em Educação Física). Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física. Universidade de Pernambuco. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa (PB), 2023.

BUSTOS-VIVIESCAS, BJ *et al.* Clasificación de los medios y métodos empleados en el entrenamiento funcional de alta intensidad: una reflexión crítica. **Revista Científica Salud Uninorte**, v. 39, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.14482/sun.39.01.234.567>

CANUTO, SCM. **Indicadores estatísticos de desempenho no basquetebol**: análise longitudinal e fatores discriminantes de vitória e derrota. Dissertação (Mestrado em Educação Física). Programa de Pós-Graduação em Educação Física. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão (SE), 2022.

CAO, L *et al.* Functional network segregation is associated with higher functional connectivity in endurance runners. **Neuroscience Letters**, v. 812, 137401, 2023.

CARVALHO, JS. **Efeitos tardios de correr uma meia-maratona sobre a cinemática de corredores**. Dissertação (Mestre em Ciências do Movimento e Reabilitação). Pós-Graduação em Ciências do Movimento e Reabilitação. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria (RS), 2023.

CATELAN, VV. **Efeitos da ansiedade em atletas de alto nível**: uma revisão bibliográfica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Educação Física). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru (SP), 2023.

CENDALI, F; D’ALESSANDRO, A; NEMKOV, T. Dried blood spot characterization of sex-based metabolic responses to acute running exercise. **Analytical Science Advances**, v. 4, n. 1-2, p. 37-48, 2023.

CHEUCZUK, F *et al.* Qualidade do Relacionamento Treinador-Atleta e Orientação às Metas como Preditores de Desempenho Esportivo. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 32 n. 2, p. 1-8, 2016.

CHOLLET, M *et al.* Individual physiological responses to changes in shoe bending stiffness: a cluster analysis study on 96 runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 123, p. 169–177, 2023.

COSTA, HBS. **Lesões musculoesqueléticas desencadeadas pelos praticantes de corrida no atletismo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Fisioterapia). Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco. São Luís (MA), 2022.

CRUZ, LMC *et al.* Perfil sociodemográfico, socioeconômico e motivacional de triatletas brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, v. 30, e2022_0178, 2023.

DE ALMEIDA, YL; MATOS, M; PEREIRA NETO, PP. Correlação do valgo dinâmico do joelho com a fraqueza do complexo pósterolateral do quadril. **Revista Cathedral**, v. 5, n. 1, p. 24-35, 2023.

DINGENEN, B *et al.* Subclassification of recreational runners with a running-related injury based on running kinematics evaluated with marker-based two-dimensional video analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 44, p. 99-106, 2020.

DUO, Y *et al.* Nutritional intervention on post-training fatigue in college athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 29, e2022_0713, 2023.

FONSECA, LGA. **Efeitos de um programa de treinamento mental no desempenho esportivo e bem-estar subjetivo de atletas da natação**. Dissertação (Mestrado Interdisciplinar em Ciências da Saúde). Instituto de Saúde e Sociedade. Universidade Federal de São Paulo. Santos (SP), 2019.

GARCIA-SILVA, S; LIMA JUNIOR, P; CARUSO, H. A violência urbana e escolar nas periferias de Brasília. **Educação & Sociedade**, v. 43, e248105, 2022.

HAIR, JF *et al.* **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre (RS): Bookman, 2009.

HARTIGAN, JA. **Clustering algorithms**. Hoboken (EUA): John Wiley & Sons, 1975.

HARTIGAN, JA; WONG, MA. Algorithm AS 136: a K-means clustering algorithm. **Applied Statistics**, v. 28, p. 100–108, 1978.

HOCAMA, L; GOMES, NM; BOTH, J. Contribuição do estágio curricular em educação especial na autopercepção dos licenciandos em educação física. **Caderno de Educação Física e Esporte**, v. 21, e29562, 2023.

JAUHIAINEN, S *et al.* A hierarchical cluster analysis to determine whether injured runners exhibit similar kinematic gait patterns. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 30, n. 4, p. 732-740, 2020.

KOCHHANN, RK. **Efeitos da síndrome do overtraining em uma atleta de ultramaratona**: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Educação Física). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul. Santa Rosa (RS), 2017.

LANGLEY, B. Fatigue related changes in rearfoot eversion: a means of functionally grouping runners? **European Journal of Sport Science**, v. 23, n. 3, p. 363-371, 2023.

LATTIN, J; CARROLL, JD; GREEN, PE. **Análise de dados multivariados**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

LIPMAN, GS *et al.* A Prospective Cohort Study of Acute Kidney Injury in Multi-stage Ultramarathon Runners: The Biochemistry in Endurance Runner Study (BIERS). **Research in Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 185-192, 2014.

MACHADO, AA; ARAÚJO, D. Contexto esportivo e as restrições comportamentais: reflexões a luz da Psicologia Bioecológica. **Motriz**, v.16 n.2 p.432-439, 2010.

MACIEL, FV *et al.* Fatores associados à qualidade do sono de estudantes universitários. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, p. 1187-1198, 2023.

MANLY, BFJ; ALBERTO, JAN. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. Porto Alegre (RS): Bookman, 2019.

MARQUE JUNIOR, N. Carga de treino do microciclo da periodização esportiva. **Revista de Investigación Cuerpo, Cultura y Movimiento**, v. 13, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.15332/2422474X>.

MARQUES, A *et al.* Identificação de padrões de atividade física e comportamentos sedentários em adolescentes, com recurso à avaliação momentânea ecológica. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 38–45, 2016

MARTIN, JA *et al.* A hierarchical clustering approach for examining potential risk factors for bone stress injury in runners. **Journal of Biomechanics**, v. 141, 111136, 2022.

MARTINEZ, SD; WIART, L. Le développement de l'eSport en Belgique: écosystème économique et stratégies de marque. **Communication & Organisation**, v. 63, n. 1, p. 237-251, 2023.

MATABUENA, M *et al.* Estimating Knee Movement Patterns of Recreational Runners Across Training Sessions Using Multilevel Functional Regression Models. **The American Statistician**, v. 77, n. 2, p. 169-181, 2023.

MELLO, PL *et al.* Jornada de trabalho flexível: um estudo por meio da análise de cluster. **Revista Pensamento & Realidade**, v. 33, n. 1, p. 52-69, 2018.

MELO, APC *et al.* Football player ranking generated by multivariate methods. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, e534111133901, 2022.

MELO, DF *et al.* Uso do tênis no desempenho da corrida e lesões acometidas entre os corredores. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 2, p. 5590–5599, 2023.

MELO, NCV; FERREIRA, MAM; TEIXEIRA, KMD. Condições de vida dos idosos no brasil: uma análise a partir da renda e nível de escolaridade. **Oikos: Revista Brasileira de Economia Doméstica**, v. 25, n.1, p. 004-019, 2014.

MILAN, FJ *et al.* A família faz parte da equipe: ampliando o diálogo sobre a presença dos pais no esporte. **Revista Pensar a Prática**, v.26, e.74446, 2023.

MILLET, GY *et al.* Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. **PLoS One**, v. 6, n. 2, 17059, 2011.

MINGOTI, SA. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte (MG): UFMG, 2007.

MONTEIRO, AO; BRAUNER, MG; LOPES FILHO, BJP. O desempenho desportivo: um mosaico de valores, sentidos e significados. **Movimento**, v. 20, n. 2, p. 541-567, 2014.

NEVES, DCG *et al.* Consumo de suplementos alimentares: alerta à saúde pública. **Revista Brasileira de Economia Doméstica**, v. 28, n. 1, p. 224-238, 2017.

NOGUEIRA, FRD *et al.* Dor muscular e atividade de creatina quinase após ações excêntricas: uma análise de cluster. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 4, p. 257-261, 2014.

OLIVEIRA, ECA *et al.* Análise da mortalidade por esquistossomose no estado de Pernambuco. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 7, e13001, 2023.

PAULA, AA. **Mineração de dados para análise de desempenho de alunos do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Educacionais em Rede). Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede. Centro de Educação. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria (RS), 2022.

PEDREGOSA, F *et al.* Scikit-learn: machine learning in Python. **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, n. 85, p. 2825-2830, 2011.

PEREIRA, IFS *et al.* Padrões alimentares de idosos no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 1091-1102, 2020.

PHINYOMARK, A *et al.* Kinematic gait patterns in healthy runners: A hierarchical cluster analysis. **Journal of Biomechanics**, v. 48, n. 14, p. 3897-3904, 2015.

PINHEIRO, RM *et al.* Computer vision by unsupervised machine learning in seed drying process. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, e018922, 2023.

REZENDE, AAB *et al.* Distribuição da COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal: uma análise espacial. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 1, p. 131-141, 2023.

REZENDE, FN. **Efeito da ultramaratona 24h sobre biomarcadores de inflamação e dano tecidual em atletas de elite e amadores**. Dissertação (Mestrado em Educação Física). Programa de Pós-graduação em Educação Física. Instituto de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba (MG), 2013.

RIBEIRO, LCS *et al.* Padrões de crescimento econômico dos municípios do MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 3, e212613, 2020.

RICARDO, NS; COUTO, ACP. Intersecções entre lazer e esporte performance: uma análise das práticas de lazer dos atletas olímpicos de taekwondo do Brasil. **Licere**, v. 26, n. 1, p. 207-238, 2023.

ROSA, GC; SANTIN, FS. Efeitos fisiológicos do exercício físico prolongado: estudo de caso de uma atleta de ultraendurance. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, v. 46, n. 81, p. 27-33, 2020.

ROSE, S *et al.* Enduring stress: A quantitative analysis on coping profiles and sport well-being in amateur endurance athletes. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 65, 102365, 2023.

ROSSI, L; HORITA, CM. Applicability of cluster analysis to study the adequacy of hydroelectrolytic supplements for athletes. **O Mundo da Saúde**, v. 40^a, p. 419-432, 2017.

ROTH, R *et al.* Acute leg and trunk muscle fatigue differentially affect strength, sprint, agility, and balance in young adults. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 8, p. 2158-2164, 2021.

SAMPAIO, ESL *et al.* Comparação da cinemática da corrida em sujeitos saudáveis pré e pós exposição a fadiga: serie de casos. **Open Science Research XI**, v. 11, p. 376-389, 2023.

SANCHO, I *et al.* Achilles tendon forces and pain during common rehabilitation exercises in male runners with Achilles tendinopathy. A laboratory study. **Physical Therapy in Sport**, v. 60, p. 26-33, 2023.

SANTANNA, JPC *et al.* Lesão muscular: Fisiopatologia, diagnóstico e tratamento. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 57, n. 1, p. 1-13, 2022.

SANTOS JUNIOR, EL *et al.* O perfil dos treinadores esportivos de associações atléticas acadêmicas da Universidade Federal de Goiás. **Corpoconsciência**, v. 27, e14135, 2023.

SANTOS, AO; FERREIRA, RBM. **Treinamento funcional para corridas de rua**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Educação Física). Centro Universitário Internacional UNINTER. Duque de Caxias (RJ), 2022.

SANTOS, TRT *et al.* Vertical stiffness and lower limb inter-joint coordination in older versus younger runners. **Journal of Biomechanics**, v. 157, 111705, 2023.

SANTOS, YHS; LIMA, LC; RAMOS, ICO. Permanência no Ensino Superior: um estudo para uma coorte de ingressantes cotistas e não cotistas na UFRN. **Revista do PPGCS – UFRB – Novos Olhares Sociais**, v. 5, n. 1, p. 131-155, 2022.

SCHIAVENATO, G. **Construção de um quadro de referência de desempenho em esportes: estado da arte e survey com equipe técnica.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas). Instituto de Ensino e Pesquisa Ciências Econômicas. São Paulo, 2021.

SENEVIRATHNA, AM *et al.* Differences in kinetic variables between injured and uninjured rearfoot runners: A hierarchical cluster analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 33, n. 2, p. 160-168, 2022.

SILVA, LL *et al.* Análise das atividades interativas de um jogo sério usando aprendizagem de máquina: um estudo para pessoas com deficiência intelectual. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 21, n. 1, p. 160-169, 2023.

SILVEIRA, MC; PIVETTA, FM; MOTA, CB. Atletas de diferentes esportes não apresentam padrões distintos de equilíbrio. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 2, n. 1, p. 43-49, 2017.

SNEATH, PH; SOKAL, RR. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification.** San Francisco (EUA): W. H. Freeman, 1973.

SOUZA, PO; OLIVEIRA, JMP; JANUÁRIO, LH. Influência da gordura do braço sobre medida indireta da pressão sanguínea: uma abordagem estatística e de machine learning. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 120, n. 5, e20220484, 2023.

SPRING, JN *et al.* Alterations in spontaneous electrical brain activity after an extreme mountain ultramarathon. **Biological Psychology**, v. 171, 108348, 2022.

STERKOWICZ, K; STERKOWICZ, K. Comparative analysis of the Olympic Games during men's artistic gymnastics between 1988 and 2000. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 4, n. 4, p. 113-126, 2005.

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

THOMPSON, C *et al.* Understanding the influence of a cognitively demanding task on motor response times and subjective mental fatigue/boredom. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 14, n. 01, p. 33-45, 2020.

TOKINOYA, K *et al.* Relationship between early-onset muscle soreness and indirect muscle damage markers and their dynamics after a full marathon. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 18, n. 3, p. 115-121, 2020.

TOOTH, C *et al.* Approche préventive des lésions d'épaule chez le joueur de tennis. **Journal de Traumatologie du Sport**, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2023.06.013>.

TRINDADE, A. **Força e potência: alto rendimento e prevenção de lesão no futebol.** Rio de Janeiro: Independente, 2020.

VAN CUTSEM, J *et al.* Effects of mental fatigue on endurance performance in the heat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 49, n. 8, p. 1677–1687, 2017.

VIEIRA, MM *et al.* Maturação biológica e desempenho em jovens nadadores. **Caderno de Educação Física e Esporte**, v. 20, e-27647, 2022.

VRETAROS, A. Crioterapia na recuperação física dos jogadores de basquetebol. **Recisatec - Revista Científica Saúde e Tecnologia**, v. 2, n. 3, e2394, 2022.

WARD Jr., JH. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

WATARI, R *et al.* Runners with patellofemoral pain demonstrate sub-groups of pelvic acceleration profiles using hierarchical cluster analysis: an exploratory cross-sectional study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 19, n. 120, 2018.

WATSON, AM. Sleep and athletic performance. **Current Sports Medicine Reports**, v. 16, n. 6, p. 413–418, 2017.

WICKSTRÖM, W *et al.* Perceptions of Overuse Injury Among Swedish Ultramarathon and Marathon Runners: Cross-Sectional Study Based on the Illness Perception Questionnaire Revised (IPQ-R). **Frontiers in Psychology**, v. 10, article 2406, 2019.

WIJESURIYA, N; TRAN, Y; CRAIG, A. The psychophysiological determinants of fatigue. **International Journal of Psychophysiology**, v. 63, n. 1, p. 77–86, 2007.

WILLWACHER, S *et al.* The free moment in running and its relation to joint loading and injury risk. **Footwear Science**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2016.

WILLWACHER, S; SANNO, M; BRUGGEMANN, GP. Fatigue matters: an intense 10 km run alters frontal and transverse plane joint kinematics in competitive and recreational adult runners. **Gait Posture**, v. 76, p. 277- 283, 2020.