



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO INTEGRADO DE SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO



**ATLETAS OLÍMPICOS BRASILEIROS APRESENTAM MAIOR
LONGEVIDADE QUE A POPULAÇÃO GERAL? UM ESTUDO DE COORTE
RETROSPECTIVO**

ALINE ORTEGA SOLOAGA

Campo Grande – MS

2021



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO INTEGRADO DE SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO



**ATLETAS OLÍMPICOS BRASILEIROS APRESENTAM MAIOR
LONGEVIDADE QUE A POPULAÇÃO GERAL? UM ESTUDO DE COORTE
RETROSPECTIVO**

ALINE ORTEGA SOLOAGA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento, área de concentração 21, para obtenção do título de Mestre pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Orientadora: Dr^a Christianne de Faria Coelho Ravagnani

Campo Grande – MS

2021

**ATLETAS OLÍMPICOS BRASILEIROS APRESENTAM MAIOR
LONGEVIDADE QUE A POPULAÇÃO GERAL? UM ESTUDO DE COORTE
RETROSPECTIVO**

ALINE ORTEGA SOLOAGA

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento, área de concentração 21, para
obtenção do título de Mestre pela Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).
Orientadora: Dr^a Christianne de Faria
Coelho Ravagnani

Resultado: _____ Campo Grande-MS, ____ de _____ de 2021.

COMPOSIÇÃO DE BANCA EXAMINADORA

(Presidente)

Prof^a. Dr^a. Christianne de Faria Coelho Ravagnani
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

(Membro Titular)

Prof. Dr. Daniel Boullosa
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

(Membro Titular)

Prof. Dr. Leonardo de Souza Fortes
Instituição: Universidade Federal da Paraíba

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter iluminado o meu caminho, e por ter me dado força, coragem e Fé. Aos meus pais, Rosely e João, que sacrificaram e abdicaram de muitos projetos pessoais para que eu tivesse a oportunidade de estudar e investir na minha formação pessoal e profissional. Aos meus irmãos Anderson, Amanda e Tatiana que sempre me ajudaram em todos os momentos que precisei e a minha filha Alice que com muito carinho me compreendia nos momentos mais difíceis da minha trajetória. A professora Dra. Christianne de Faria Coelho Ravagnani pela orientação, por sua cumplicidade, compreensão, dedicação, confiança, paciência e amizade. Minhas palavras são infinitas em agradecimento a você. E sou muito grata por tudo! Aos meus colegas e professores do Curso de Pós-Graduação pelo ensino e companheirismo. A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

Objetivo: Investigar se atletas olímpicos brasileiros vivem mais que a população geral.

Métodos: Trata-se de um estudo de coorte retrospectivo com análise de dados secundários. Foram contemplados dados de todos os atletas brasileiros, de ambos os sexos, idade e modalidades disputadas a partir da sétima edição dos Jogos Olímpicos Modernos (1920) até a vigésima quinta edição (1992). Os dados foram obtidos de duas principais bases: o sítio eletrônico do Comitê Olímpico Brasileiro e o livro Atletas Olímpicos Brasileiros, da autora Katia Rubio. Dados como sexo, data de nascimento, data de óbito, modalidade e sub-modalidade esportiva ou prova, foram coletados. Foram feitas comparações entre os atletas vs população geral pareada pela idade e entre atletas de força/ potência (FP) vs resistência/ misto (RM). **Resultados:** Mais de 54,37% dos atletas têm 79,75% mais chances de viver mais do que o esperado para a população em geral. A expectativa de vida dos atletas foi maior do que a expectativa de vida da população em geral. Não houve diferença na expectativa de vida ao comparar atletas de FP (69 anos) vs RM (68,6 anos), valor de $p = 0,90$. **Conclusão:** os atletas olímpicos brasileiros vivem mais do que o esperado para a população geral pareada por sexo e idade. Porém, não há diferenças entre os atletas que praticam esportes com características de FP e RM, no que diz respeito à longevidade.

Palavras-chave: modalidade, expectativa de vida, idade, sexo

ABSTRACT

Objective: To investigate whether Brazilian Olympic athletes live longer than the general population. **Methods:** This is a retrospective cohort study with secondary data analysis. Data from all Brazilian athletes of both sexes, age and sports played from the seventh edition of the Modern Olympic Games (1920) to the twenty-fifth edition (1992) were included. Data were obtained from two main databases, the website of the Brazilian Olympic Committee and the book *Atletas Olímpicos Brasileiros*, by author Katia Rubio. Data such as gender, date of birth, date of death, sport modality and sub-modality or racing were collected. Comparisons were made between athletes vs general population matched by sex and age and between strength/power (FP) vs endurance/mixed athletes (RM). **Results:** More than 54.37% of athletes are 79.75% more likely to live longer than expected for the general population. There was no difference in life expectancy when comparing athletes from FP (69 years) vs RM (68.6 years) sports, p value = 0.90. **Conclusion:** Brazilian Olympic athletes live longer than the general population matched by sex and age. However, there are no differences between athletes who play sports with FP and RM characteristics, with regard to longevity.

Keywords: modality, life expectancy, age, sex

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Conceitos	13
2.2 Longevidade e prática regular de exercício físico.....	13
2.3 Benefícios prática regular de exercício físico.....	15
2.4 Longevidade de atletas	17
2.5 Longevidade: diferenças entre esportes	19
3 OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo Geral	22
3.2 Objetivos Específicos	22
4 METODOLOGIA	23
4.1 Desenho do estudo	23
4.2 Critérios de seleção dos dados	23
4.3 Análise dos dados	26
5 RESULTADOS	28
5.1 Tempo de vida dos atletas	28
5.2 Atletas olímpicos <i>versus</i> população geral	29
5.3 Tempo de vida dos atletas de força/ potência <i>versus</i> resistência/ mistos.....	33
6 DISCUSSÃO	35
6.1 Atletas <i>versus</i> população geral.....	35
6.2 Atletas de força/ potência <i>versus</i> resistência/ mistos.....	37
6.3 Limitações do estudo e pontos fortes.....	38
7 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICES	48
APÊNDICE 1 – EXEMPLO DO CÁLCULO PARA A LONGEVIDADE	46
APÊNDICE 2 – ARTIGO CIENTÍFICO	47
APÊNDICE 3 – CONFIRMAÇÃO DA SUBMISSÃO	69

LISTA DE SIGLAS

COB	Comitê Olímpico Brasileiro
BDNF	Brain-derived Neurotrophic Factor
DASNT	Departamento de Análise em Saúde e Vigilância das Doenças Não Transmissíveis
DCNT	Doenças Crônica Não Transmissíveis
DCV	Doenças Cardiovasculares
E	Expectativa de Vida
F_i	Data de Falecimento
FP	Força e Potência
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I_i	Idade que o Atleta Competiu
IMC	Índice de Massa Corporal
MET	Metabolic Equivalent Intensity Level
MLB	Major League Baseball
NBA	National Basketball Association
N_i	Data de Nascimento dos atletas
OMS	Organização Mundial da Saúde
RM	Resistência e Misto
S	Função de sobrevivência
T_i	Tempo de Vida
UFMS	Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela 1. Tipos de esportes, modalidades e subcategorias adotadas no presente estudo.....	24
Tabela 2. Evidência em relação a $T > E$	27
Tabela 3. Características dos atletas olímpicos brasileiros ($n = 523$).....	28
Tabela 4. Análise das probabilidades dos atletas viverem mais do que o esperado para a população geral.....	32
Tabela 5. Evidência em relação a $T > E$	32
Tabela 6. Tempo de vida dos atletas olímpicos brasileiros vivos e mortos conforme o tipo de esporte.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do estudo.....	28
Figura 2. Distribuição de frequências e <i>boxplot</i> do tempo de vida dos atletas mortos e vivos.....	29
Figura 3. Distribuição de frequências e <i>boxplot</i> do tempo de vida dos atletas mortos e vivos.....	30
Figura 4. Estimador de Kaplan-Meier e função de sobrevivência ajustada.....	30
Figura 5. Função de sobrevivência ajustada e $S(60)$	31
Figura 6. Tempo de vida observado e esperado para atletas olímpicos brasileiros.....	33
Figura 7. Gráfico de Kaplan-Meier para os tempos de vida dos atletas brasileiros olímpicos por tipos de esporte.....	34

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice .1 Exemplo dos cálculos para a longevidade	46
Apêndice .2 Artigo Científico	47
Apêndice .3 Confirmação de submissão	69

1 INTRODUÇÃO

Os benefícios da prática regular de exercícios físicos já estão bem descritos na literatura (HILLS; STREET; BYRNE, 2015; WARBURTON; BREDIN, 2016), independente da condição de saúde ou da população estudada. Existem evidências de que em crianças (DONNELLY et al., 2016), adolescentes (GRANGER et al., 2017), adultos (SHIN; LEE; BELYEA, 2018) e idosos (WANIGATUNGA et al., 2019) a prática de exercício físico regular é benéfica para saúde de forma geral.

Os exercícios físicos podem ser, em relação à intensidade, didaticamente classificados em: leves, moderados e vigorosos. Dessa forma, aqueles de moderada à vigorosa intensidade estão mais associados à prevenção de doenças cardiovasculares, hipertensão, obesidade, diabetes, osteoporose e alguns tipos de câncer (GUALANO; TINUCCI, 2011; KETTUNEN et al., 2015; LAINE et al., 2015, 2016; OWEN et al., 2010; SALTIN; GRIMBY, 1968; TERAMOTO; BUNGUM, 2010; U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2008).

Estima-se que pessoas fisicamente ativas possuem aproximadamente de 3,5 a 4 anos a mais de expectativa de vida em relação aos inativos, e esse valor dobra (5 a 8 anos a mais de vida) ao comparar atletas de elite *versus* não-atletas (REIMERS; KNAPP; REIMERS, 2012). Em se tratando dos atletas de elite, observa-se que eles possuem maior expectativa de vida comparados à população geral (LAINE et al., 2016). Segundo Garatachea et al. (2014), isto se dá pelo fato de que os benefícios promovidos pela prática de exercícios neutralizariam a relação causa-efeito de doenças supracitadas, aumentando assim a longevidade e reduzindo os riscos de doenças em comparação à população geral.

No estudo de coorte retrospectivo realizado por Clarke et al. (2015), no qual medalhistas olímpicos foram comparados com coortes correspondentes da população em geral pareados por país, idade, sexo e ano de nascimento, os resultados mostraram que os medalhistas vivem mais do que a população em geral. Segundo os autores, tal vantagem pode ser devida aos fatores genéticos, estilo de vida e pela característica do exercício (força/potência, *endurance* ou misto).

De acordo com Teramoto e Bungum (2010), nos esportes de *endurance* e mistos, os atletas tendem a sobreviver mais do que a população em geral. Entretanto, no esporte de potência, essa tendência não é evidenciada e a possível explicação para esta discrepância é que a prática de exercícios de *endurance* pode ser mais eficaz na redução da mortalidade.

Em uma nota ao editor, escrito por Wall (2016), o autor destacou evidências sobre a vantagem de sobrevivência dos atletas olímpicos em relação à população em geral, independentemente de país, sexo, esporte ou medalha. No entanto, atualmente, pode ser prematuro tirar conclusões sobre a vantagem de sobrevivência de ser um atleta de elite, mesmo em países em desenvolvimento, uma vez que a maioria dos estudos sobre o assunto referem-se a países desenvolvidos.

Nas três revisões de Teramoto e Bungum (2010), Garatachea et al. (2014) e Lemez e Baker (2015), todos os 81 estudos incluídos eram da Europa, América do Norte, Oceania e Ásia. Os atletas eram predominantemente dos Estados Unidos, França, Itália, Bélgica, Noruega, Suécia, Finlândia, Nova Zelândia, Holanda, Alemanha, Japão, Polônia e Reino Unido. Pelo que sabemos, nenhum estudo foi realizado com atletas brasileiros até o momento. Ademais, na revisão de Teramoto e Bungum (2010), alguns trabalhos não incluíram atletas do sexo feminino.

Desta forma, o objetivo deste estudo é investigar se atletas olímpicos brasileiros vivem mais do que o esperado para população geral pareada por sexo e idade, além de descrever se o tipo de esporte está relacionado com a maior longevidade.

Hipotetizamos que:

- 1) Assim como na América do Norte e Europa, os atletas olímpicos brasileiros vivem mais que a população geral; e
- 2) Que a maior vantagem se dá para os atletas de esportes de Resistência/Misto (RM) em comparação aos de Força/Potência (FP).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceitos

Nesses tópicos serão definidos alguns termos de interesse do estudo, tais como: atividade física, exercício físico, esporte, longevidade, expectativa de vida, taxa de sobrevivência e de mortalidade.

Conforme Caspersen, Powell e Christenson (1985), atividade física é qualquer movimento que seja resultado da contração muscular voluntária e que leve a um gasto energético acima daquele do repouso. Já o exercício físico é um tipo de atividade física organizada na qual algumas variáveis como intensidade, duração, ritmo e frequência da atividade são controladas.

Segundo Matsudo et al. (2005), esporte é também um tipo de atividade física, porém sua prática envolve a busca pelo melhor desempenho, ou seja, o sujeito tenta realizar a tarefa da melhor forma, no menor tempo e no maior número de vezes possível.

Segundo o dicionário Houaiss, longevidade significa a característica ou qualidade de longo, duração da vida mais longa que o comum. Com novas tecnologias e avanços médicos, a tendência é de aumento progressivo na longevidade humana. A longevidade de atletas pode ser medida comparando-a com a duração de vida de uma população geral. A expectativa de vida ou esperança de vida é o número médio de anos que a população de um país pode esperar viver, caso sejam mantidas as mesmas condições de vida no momento do nascimento (STOCKWELL; SHRYOCK; SIEGEL, 1973).

A taxa de sobrevivência é a percentagem de indivíduos que continuam vivos cinco anos após o diagnóstico da doença, dividida pela percentagem da população em geral do mesmo sexo e idade que continua viva após cinco anos (BRENNER; ARNDT, 2005). Contudo, em estudos com longevidade de populações saudáveis (ex. atletas), essa é uma medida comumente utilizada.

A taxa de mortalidade refere-se ao conjunto dos indivíduos que morreram em determinado intervalo do tempo (PEREIRA, 2004).

2.2 Longevidade e prática regular de exercício físico

Em 1940, a expectativa de vida ao nascer da população brasileira era de 42,8 anos para homens e 48,3 anos para mulheres. Ao todo, a expectativa de vida aumentou 30,5 anos entre 1940 e 2017, chegando a 76,0 anos (ALBUQUERQUE; SENNA, 2005; “Em 2015, esperança de vida ao nascer era de 75,5 anos | Agência de Notícias | IBGE”, [s.d.]). Em 2018 a expectativa de vida da população masculina aumentou para 72,8 anos, enquanto a feminina passou para 79,9 anos (“Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047 | Agência de Notícias | IBGE”, [s.d.]). As tábuas de vida do IBGE foram iniciadas em 1940 e, portanto, não existem dados referentes aos anos de 1920 e 1930.

A maior longevidade de uma população está relacionada a diversos fatores que vão desde a prática de exercício físico, acesso aos serviços sanitários, acesso à educação, saneamento básico, moradia e por outros hábitos que constituem o estilo de vida (ex. tabagismo, ingestão de bebidas alcóolicas e alimentação) (BARATA, 1997).

Conjectura-se que, até o ano de 2025, o Brasil será o sexto país em número de idosos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2005). Pessoas inativas possuem risco de desenvolverem doença arterial coronariana quase duas vezes maior quando comparadas às pessoas que fazem alguma atividade física regular (TEICHOLZ; KREULEN; HERMAN, 1976).

A prática regular de exercício físico, tanto de força quanto de resistência, promove melhora: da força muscular, do equilíbrio, da coordenação motora, da resistência cardiorrespiratória e aumentam a densidade mineral óssea (WHO, 2018). Adicionalmente, diminuem o percentual de gordura corporal, diminuem o nível de triglicérides, diminuem os níveis basais de insulina e aumentam a sensibilidade das células para insulina (WILLIAMS et al., 2007). Ademais, sabe-se que a médio e longo prazo, a prática regular de exercício físico previne a obesidade, hipertensão arterial e diabetes, todos estes fatores de risco para as doenças cardiovasculares (SKINNER, 1987).

No estudo de Paffenbarger (1988), com aproximadamente 16.000 ex-alunos de Harvard acompanhados ao longo de 16 anos, foi verificado que os indivíduos que começaram a praticar esportes apresentaram 21% menor chance de morte do que os fisicamente inativos. No estudo de Blair et al. (1989), uma amostra de mais de 13.000 homens e mulheres foi acompanhada e analisada durante uma média de oito anos. Os autores encontraram uma associação inversa forte entre atividade física e mortalidade (BLAIR et al., 1989). Nesses estudos, as taxas de mortalidade total observadas em

indivíduos que apresentaram melhores níveis de aptidão física, foram menores, assim como as doenças cardiovasculares e câncer (BLAIR et al., 1989; PAFFENBARGER, 1988).

Após alguns anos, Lee, Hsieh e Paffenbarger (1995), utilizando a mesma amostra dos alunos de Harvard de Paffenbarger (1988), analisaram as associações entre a atividade física vigorosa e não vigorosa com a longevidade. Os autores observaram que a relação inversa entre a atividade física e longevidade apenas foi encontrada com as atividades físicas vigorosas (menor que 6 MET - medida de intensidade de esforço), sugerindo que os benefícios da atividade física sobre a longevidade sejam mais pronunciados nos indivíduos que executam atividades mais vigorosas.

2.3 Benefícios da prática regular de exercício físico

Pritchett et al. (2003) observaram que a regularidade exibe uma relação inversa com a mortalidade total, por causas cardiovasculares ou respiratórias. Os indivíduos que se exercitaram mais, mostraram um melhor perfil de saúde. Sabe-se que o exercício regular ocasiona uma série de adaptações morfofuncionais no organismo, o que evidencia um aspecto positivo no controle e prevenção de algumas doenças, como, por exemplo, na doença aterosclerótica coronariana, hipertensão arterial sistêmica, acidente vascular encefálico, doença vascular periférica, obesidade, diabetes mellitus tipo II, osteoporose, osteoartrose, neoplasias de colón, mama, próstata, pulmões, ansiedade e depressão (QUIÑONES et al., 2002).

Algumas hipóteses têm sido propostas na literatura para explicar a vantagem em termos de sobrevivência para os atletas de elite em comparação à população não atlética. Apesar de não se apresentarem dispostas por ordem de importância ou influência, passaremos a discorrer um pouco sobre essas possíveis explicações a seguir.

Conforme Silverman e Deuster (2014), existem quatro vias biológicas pelas quais a prática regular de exercício físico influencia na longevidade e na promoção de uma maior resiliência ao corpo humano: a) o exercício atua como uma barreira contra transtornos e doenças crônicas relacionadas ao estresse; b) otimiza as respostas neuroendócrinas e fisiológicas aos estressores físicos e psicossociais; c) promove ação anti-inflamatória nos sistemas e; d) aumenta a neuroplasticidade e expressão do fator de crescimento neurotrófico (BDNF).

Em outros trabalhos de revisão, realizados por Heinonen et al. (2014), Viña et al. (2016) e Reimers, Knapp e Reimers (2012), os autores comentaram sobre as mudanças fisiológicas nos sistemas/órgão do corpo humano, provenientes da prática regular de exercício físico.

Heinonen e cols. (2014) destacam que, a longo prazo, no cérebro observam-se um maior tamanho, melhor desempenho cognitivo, atraso nas doenças degenerativas e uma otimização sináptica em várias áreas cerebrais. Ademais, o exercício físico aumenta a liberação do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), o que provavelmente promoverá não apenas a saúde do cérebro, mas também o metabolismo geral do corpo inteiro. No sistema muscular, observa-se uma melhora na capacidade respiratória celular, melhora no metabolismo da captação da insulina, promove a angiogênese e assim leva a um maior fluxo sanguíneo, de nutrientes e substratos.

No coração, a prática regular de exercícios físicos leva a uma série de adaptações fisiológicas chamada remodelação cardíaca. Conforme o tipo de exercício (*endurance* ou força/potência), ocorre um tipo de remodelação. Os exercícios de *endurance* levam à remodelação excêntrica, na qual ocorre um aumento de cardiomiócitos em série, ocasionando o aumento das câmaras cardíacas. Já nos exercícios de força e potência, ocorre a remodelação concêntrica, na qual há um aumento de cardiomiócitos de forma transversal, ocasionando uma hipertrofia das câmaras cardíacas (MAGALHÃES et al., 2008). Conforme Heinonen et al. (2014), independentemente do tipo de exercício físico, ocorre um aumento na sensibilidade e no transporte de cálcio nos cardiomiócitos, aumento do débito cardíaco, da massa e do volume cardíaco de forma geral (HEINONEN et al., 2014).

No sistema ósseo, tem-se que a prática regular de exercício físico leva a longo prazo um aumento na liberação de células-tronco da medula óssea. No fígado, pâncreas e intestino há uma melhor absorção de insulina e aumento do estado metabólico desses órgãos, levando à melhor absorção dos alimentos e manutenção do sistema imune, adicionalmente há um menor acúmulo de gordura visceral proveniente da regularidade da prática de exercícios (HEINONEN et al., 2014).

Viña e colaboradores (2016), em seu artigo de revisão, discutiram sobre o exercício físico e a longevidade, voltando à atenção ao fato de que exercício é capaz de retardar o início da fragilidade e, assim, promover uma maior longevidade. Segundo os autores a fragilidade é uma síndrome clínica que leva à diminuição das reservas biológicas, má regulação dos sistemas fisiológicos, resultando em riscos à saúde dos

indivíduos. Neste caso, pode evoluir para incapacidades, menores independências, hospitalizações e morte precoce. Desta forma, o exercício representa um fator ambiental que aumenta a expectativa de vida e da saúde, diminuindo o risco de envelhecimento e morte prematura. As mudanças de longo prazo no organismo relacionadas à adaptação ao exercício em pessoas idosas é o atraso no início da fragilidade (VIÑA et al., 2016).

Na revisão de Reimers, Knapp e Reimers (2012), os autores identificaram que os mecanismos ligados aos efeitos da prática regular de exercício físico incluem a redução das concentrações de triglicerídeos, apolipoproteína B (excesso desta leva à aterogênese) e do cálcio da artéria coronária. Adicionalmente há um aumento das lipoproteínas de alta densidade. Todos estes mecanismos são voltados à proteção do sistema cardiovascular. Por fim, citam que a regularidade na prática de exercícios leva ao aumento da vascularização, do metabolismo energético e a resistência celular e tecidual ao estresse oxidativo (REIMERS; KNAPP; REIMERS, 2012).

Diversos autores apontam menor risco de diabetes tipo 2 e das doenças cardiovasculares naqueles sujeitos praticantes regulares de exercícios físicos, os quais explicam também o aumento da longevidade de modo significativo (BÄCKMAND et al., 2010; KETTUNEN et al., 2015; LAINE et al., 2014; SALTIN; GRIMBY, 1968; TERAMOTO; BUNGUM, 2010).

A prática de exercícios físicos tem efeitos positivos para o sistema imunológico, pois são estimulados na imunidade inata e na adaptativa, como a diminuição de eventos infecciosos virais ou bacterianos (COSTA ROSA; VAISBERG, 2002). Nos exercícios moderados ocorre a potencialização nas funções dos neutrófilos, macrófagos, células NK e dos linfócitos T e B.

Os estudos supramencionados mostram associação entre exercício físico e longevidade; no entanto, a maior parte deles é feita com a população geral não atlética. O tópico a seguir abordará os estudos envolvendo a longevidade de atletas.

2.4 Longevidade de atletas

Estima-se que indivíduos comprometidos com exercícios habituais exibem níveis reduzidos de doenças cardiovasculares, obesidade, hipertensão, câncer e depressão, e vivem 6 anos a mais em relação aos fisicamente inativos (PERK et al., 2012; SARNA et

al., 1993). Ademais, a prática de exercício físico, a longo prazo, contribui na proteção contra sobrepeso, obesidade e acúmulo de tecido adiposo visceral (LEE et al., 2012).

Maron e Thompson (2018) examinaram entre os anos de 1954 a 1960 a longevidade de 20 atletas de 14 países que percorreram uma milha em menos de 4 min. Desses 20 atletas, 18 (90%) desfrutaram da maior longevidade, vivendo de 80 a 88 anos, superando em 12 anos a expectativa de vida da época. No estudo de revisão realizado por Garatachea et al. (2014), os autores mostram que atletas de elite vivem mais tempo que a população em geral, e que os efeitos benéficos do exercício para a saúde estão particularmente na redução de doenças cardiovasculares e risco de câncer. Kujala e Essay (2005) e Kujala et al. (2001) rastrearam a longevidade de atletas finlandeses que participaram de vários esportes, e observaram que corredores de longa distância e esquiadores de fundo vivem mais do que a população em geral. No tocante aos atletas praticantes de esportes de força/potência, os corredores e esquiadores apresentam menores chances de desenvolverem doenças cardiovasculares e pulmonares.

Segundo Laine et al. (2014) os atletas da classe elite têm uma expectativa de vida maior e apresentam menor risco de doenças não transmissíveis. Segundo Whyte, Gilll e Cathart (2010) exercícios crônicos de alta intensidade (*sprint*) podem ser considerado eficazes para a manutenção da saúde. Ratificando, Kusy e Zielinski (2015) relataram que o modelo de treinamento em *sprint* também está associado à maior longevidade, não somente os esportes de *endurance*.

Laine et al. (2014) observaram que os ex-atletas de elite do sexo masculino com histórico de exercício físico vigoroso apresentaram menor percentual de gordura corporal e menor risco de síndrome metabólica. Sarna et al. (1993) relatou que os ex-atletas são fisicamente mais ativos à medida que envelhecem em relação a população em geral da mesma idade. Esses achados sugerem uma influência positiva do estilo de vida mais saudável sobre os fatores de risco para doenças entre os atletas na fase de aposentadoria.

Os resultados do estudo de Garber et al. (2011) sugerem que ex-atletas de elite precisam adotar estilos de vida fisicamente ativos, e, a partir disso, ocorrerá a diminuição do risco de doenças e incapacidades nos últimos anos de vida, mantendo a saúde e o bem-estar (MELEKOĞLU et al., 2019). Segundo Rampinini et al. (2007), ex-atletas fisicamente ativos apresentaram menor idade biológica em comparação com ex-atletas inativos.

2.5 Longevidade: diferenças entre esportes

Indivíduos categorizados como “elite” são atletas altamente treinados, envolvidos em competições de alto nível (DE SOUZA JUNIOR; PEREIRA, 2008). É importante destacar que cada indivíduo tem sua capacidade de adaptação, seja por herança genética ou mesmo pelo estímulo proporcionado pelo treinamento, e que, por consequência, os níveis de adaptação e manutenção do processo adaptativo são os pontos diferenciais nos atletas de alto nível e fisicamente ativos (LOPES, 2005).

Teramoto e Bungum (2010), em uma revisão narrativa sobre a longevidade de atletas, encontraram resultados de sobrevivência mais favoráveis para atletas comparados à população geral. Contudo, observaram também que a vantagem parece estar relacionada com os atletas de *endurance*, por exemplo (corredores de longa distância) e esportes mistos (futebol), em relação aos atletas de esportes de potência (levantadores de peso).

No estudo envolvendo esquiadores finlandeses, Schnohr (1971) mostrou que esses atletas viveram de 6 a 7 anos a mais do que a população masculina em geral entre os anos de 1931 e 1940, denotando um efeito positivo de treinamento aeróbio. De acordo com Sarna et al. (1993), os ciclistas executaram sessões extenuantes de exercícios em seus primeiros anos de vida com a expectativa de que esses hábitos de exercícios certamente explicam o aumento de 17% na longevidade média quando comparado com a população em geral. A idade das mortes foi de 73,5 anos da população em geral contra 81,5 anos dos ex-participantes do Tour de France (SANCHIS-GOMAR et al., 2011). Os ciclistas são atletas de *endurance* e que tendem a ter hábitos mais saudáveis que a população geral, porque pessoas com problemas de saúde têm menos possibilidade de se tornarem ciclistas (KUJALA et al., 2001). Outros hábitos de estilo de vida dos ciclistas também podem colaborar para o aumento da longevidade média entre os ex-participantes do Tour de France (FOGELHOLM; KAPRIO; SARNA, 1994).

No estudo de Kujala et al. (2001), foi observado que atletas finlandeses de elite praticantes de esportes de *endurance* e esportes mistos viveram mais que a população em geral do que os atletas em esportes de força. Nos estudos dos medalhistas olímpicos independentemente do país, medalha ou esporte, os atletas viveram mais do que a população em geral (CLARKE et al., 2015). Os que receberam medalhas em esportes de *endurance*, por exemplo, (corrida de longa distância, esqui cross-country) e esportes mistos (atletismo, futebol, hóquei no gelo, basquete e corrida de curta distância) mostraram uma vantagem de sobrevivência maior do que os medalhistas em esportes de

força (arremesso de campo, levantamento de peso, luta livre e boxe) (LEE-HEIDENREICH; LEE-HEIDENREICH; MYERS, 2017).

Diante dos estudos de Lee-Heidenreich, Lee-Heidenreich e Myers (2017), os resultados demonstraram diferenças na sobrevivência em atleta de elite com saltos em altura olímpicos e corredores de maratona que viveram mais do que lançadores de disco e velocistas de elite. Segundo os autores, essa diferença foi atribuída ao peso corporal dos atletas, onde os atletas mais pesados (maior peso corporal) apresentaram menores expectativa de vida em comparação aos atletas mais leves (menor peso corporal).

Kusy e Zielinski (2015) ressaltam que atletas *sprinters* (velocistas) da categoria *masters* também são beneficiados pelos mesmos efeitos benéficos promovidos por praticantes de esportes de *endurance*. Os autores comentam que o treino de *sprint* induz benefícios metabólicos e cardiovasculares que normalmente estão relacionados ao treinamento prevalentemente aeróbico, como o aumento no consumo máximo de oxigênio, maior sensibilidade à insulina, maior oxidação de gordura e carboidratos em repouso, redução da pressão arterial sistólica, redução da circunferência da cintura e do quadril; indicando que exercícios de alta intensidade e portanto, prevalentemente anaeróbios, podem ser também uma estratégia eficaz na manutenção da saúde.

Entretanto, apesar dessas adaptações benéficas provocadas pelo treino de velocistas, os estudos de Parssinen et al. (2000) e Lindqvist et al. (2014) mostraram que levantadores de peso de elite, conhecidos por terem um alto índice de massa corporal (IMC), apresentaram taxa de mortalidade mais alta do que a população em geral. Ex-atletas halterofilistas e levantadores de pesos de mais idade apontam riscos maiores de serem obesos e diabéticos (KUSY; ZIELIN, 2015; TERAMOTO; BUNGUM, 2010).

Foi observado nos estudos de Lee-Heidenreich, Lee-Heidenreich e Myers (2017) que a sobrevivência entre os atletas de elite olímpicos ectomorfos (por exemplo, salto em altura, maratona) e mesomorfos (por exemplo, arremessadores de disco, corredores de 100 m) era diferente, sendo que os atletas ectomorfos teriam uma sobrevivência mais longa em comparação aos mesomorfos. Um dos fatores influenciadores deste achado está na estrutura corporal dos atletas, ou seja, o índice de massa corporal (IMC). A Organização Mundial da Saúde recomenda que a população mantenha um IMC de 18-25 quilograma por metro ao quadrado (kg/m^2) (WHO, 2000). Um IMC mais alto está associado a uma maior mortalidade até mesmo em atletas (LEE-HEIDENREICH; LEE-HEIDENREICH; MYERS, 2017).

Neste contexto, a recente revisão sistemática e meta-análise de McHugh e colaboradores (2020) observaram que atletas com maior massa corporal apresentam maior prevalência de fatores de risco para doenças cardiovasculares. Segundo os autores, os atletas de futebol americano apresentam maiores riscos, enquanto que atletas de rúgbi, futebol e beisebol apresentam menores riscos. Adicionalmente, os autores ressaltam que os benefícios cardioprotetores do exercício físico não são capazes de eliminar os riscos de doenças cardiovasculares no futuro. Reafirmando a ideia de que independentemente da população estudada, um IMC elevado está associado à uma menor longevidade.

Além do IMC maior, é possível que atletas de força/ potência mantenham piores hábitos de saúde comparados aos atletas de *endurance*. Desde a década de 1950, o uso de anabolizantes androgênicos esteroides tem sido frequente em ex-atletas de esporte de potência entre as idades de 20 a 50 anos, indicando um aumento da mortalidade em 45% em relação a população masculina em geral (LINDQVIST et al., 2014). O uso de anabolizantes tornou-se evidente em esportes onde o objetivo é o aumento da força muscular (PARKINSON; EVANS, 2006).

Uma correlação entre anabolizantes e sintomas depressivos também foi descrita no estudo de Fudala et al. (2003). As diferenças na mortalidade ou na longevidade entre atletas de força e outros grupos de atletas podem ser, em parte, resultado do uso de esteroides anabolizantes, que é constantemente mencionado entre os levantadores de peso (CURRY; WAGMAN, 1999; THIBLIN; PETERSSON, 2005). Foi documentado que a utilização de esteroides a longo prazo causa grandes consequências à saúde como por exemplo: doença cardiovascular e disfunção hepática podendo resultar em morte prematura (SJÖQVIST; GARLE; RANE, 2008).

No estudo de Hawton e Heeringen (2009) e Parssinen et al. (2000), foi analisado que o aumento da taxa de suicídio esta fortemente associado com o abuso de drogas. Parssinen et al. (2000) constataram que a causa da mortalidade em três dos oito atletas falecidos foi suicídio, no entanto, a causa provável foi o uso de anabolizantes.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Verificar se atletas olímpicos brasileiros vivem mais do que o esperado para a população geral, pareada por sexo e idade.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar os anos vividos pelos atletas olímpicos brasileiros; e
- Analisar se existem diferenças na expectativa de vida dos atletas de acordo com os tipos de esporte.

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho do estudo

Foi realizado um estudo de coorte retrospectivo com análise de dados secundários no período de maio de 2019 a setembro de 2020. A pesquisa contemplou os dados de todos os atletas olímpicos brasileiros, de ambos os sexos, idade e modalidades disputadas a partir da sétima edição dos Jogos Olímpicos Modernos, realizada na cidade de Antuérpia (Bélgica) em 1920, até a vigésima quinta edição, realizada em Barcelona (Espanha) no ano de 1992. Foram excluídos aqueles medalhistas com informações incompletas, tais como a data de nascimento e/ou data de óbito.

4.2 Critérios de seleção dos dados

Foram adotadas como fontes de dados o sítio eletrônico do Comitê Olímpico Brasileiro (COB), através do link <https://www.cob.org.br/>. No campo “Time Brasil”, foi selecionado o subcampo “Atletas” e nesta página foi possível ter acesso às informações dos atletas olímpicos, conforme a modalidade, categoria, edição dos jogos olímpicos e conquista de medalhas. A outra fonte de pesquisa utilizada foi o livro: *Atletas Olímpicos Brasileiros*, da autora Katia Rubio (2015). Foram extraídos os seguintes dados dos atletas: sexo, data de nascimento, data de óbito, causa do óbito, a modalidade (ex. atletismo) e sub-modalidade, ou prova que o atleta competiu nas olimpíadas (ex. 100m). Quando se fez necessário, utilizou-se a busca de informações em sites adicionais, como os das federações esportivas, *Wikipédia* e outros para complementar as informações (ex. se o atleta ainda estava vivo e qual modalidade competiu).

A expectativa de vida da população brasileira foi determinada por meio das tábuas de vida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível no link: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9490-em-2015-esperanca-de-vida-ao-nascer-era-de-75-5-anos.>>.

Para a comparação entre os tipos de esporte, os atletas foram subdivididos em dois grupos distintos (Força/Potência e Resistência/Misto). As modalidades e suas respectivas subcategorias para os dois tipos de esporte encontram-se descritas na Tabela 1. Adotou-

se para essa subdivisão os critérios semelhantes usados por outro estudo (RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020), no qual os esportes de Força e Potência foram os predominantemente anaeróbios e os de Resistência e Misto foram os esportes que requeiram mais de 10 minutos de esforço contínuo, ou esportes em que o desempenho é predominantemente composto de esforços intermitentes repetidos por mais de 10 minutos de esforço.

Tabela 1. Tipos de esportes, modalidades e subcategorias adotadas no presente estudo.

Subgrupos (n)	Esporte (n)	Subcategorias
Força/ Potência - FP (n= 227)	Natação (31)	50m, 100m livre, costas, peito, borboleta e em equipe.
	Atletismo (58)	Salto em altura, à distância, levantamento de peso, lançamento de disco, martelo, 100m, 200m e outros.
	Vela (41)	Soling, Star, Tempest, Flying Dutchman.
	Judô (11)	Conforme peso.
	Hipismo (12)	Adestramento equestre, hipismo e saltos.
	Ginástica Artística (1)	Anéis, cavalo com alças, barras paralelas, barras fixas, solo, salto, barras assimétricas e trave de equilíbrio.
	Nado Sincronizado (3)	Equipe.
	Saltos Ornamentais (5)	Individual, sincronizado, plataforma de 3m e trampolim de 3m.
	Tiro (34)	Rifle, Pistola e alvo.
	Boxe (22)	Conforme peso: galo, leve, médio, pesado.
	Lutas (2)	Greco-romana, estilo livre e luta feminina
Resistência/Misto -RM (n= 296)	Esgrima (7)	Espada, florete e sabre.
	Futebol (81)	Equipe.
	Basquetebol (52)	Equipe.
	Voleibol (38)	Equipe.
	Tênis (5)	Individual, dupla, misto e <i>indoor</i> .
	Pentatlo Moderno (6)	Equipe.
	Remo (34)	Skiff simples, dois sem, skiff duplo, quatro sem, quatro skiff, oito com, skiff duplo e leve.
	Polo Aquático (13)	Equipe.
	Ciclismo (14)	BMX, ciclismo de estrada, trilha e mountain bike.
	Cross-country (1)	Individual.

	Atletismo (22)	Meia maratona, maratona, longa distância, 400m, 800m e outras modalidades.
	Natação (30)	400m, 800m, 1.500 nado livre, nado costas, peito, borboleta e revezamento.

4.3 Análise dos dados

Os dados foram tabulados em uma planilha no software Excel e as análises estatísticas foram feitas utilizando o Software R (R CORE TEAM, 2020). Como o principal interesse é no tempo de vida dos atletas, definimos $T_i = F_i - N_i/365$ como sendo o tempo de vida do i -ésimo atleta (em anos), onde N_i é a data de nascimento e F_i é a data de falecimento para os atletas mortos; e fixamos $F_i = 31/12/2019$ para os medalhistas vivos, para $i = 1, \dots, n$.

Para o desenvolvimento das análises consideramos as seguintes etapas:

- (i) Análise descritiva. Nesta etapa, apresentamos as medidas resumo referentes aos tempos de vida dos atletas, utilizando gráficos em barras e o *boxplot*.
- (ii) Ajuste de um modelo de sobrevivência. O interesse no ajuste deste modelo é devido ao fato de que este nos permite calcular, por exemplo, a probabilidade de um atleta i ter um tempo de vida (T_i) maior igual a expectativa de vida (E) da população geral.

Como a base de dados é composta pelos tempos de vida dos atletas mortos e vivos, então para o ajuste do modelo do item (ii), assumimos que os tempos de vida dos atletas vivos são observações censuradas à direita do tipo I (COLOSIMO; GIOLO, 2006; LOUZADA-NETO, FRANCISCO; PEREIRA, 2000). Além disso, consideramos que os anos vividos (T_i) vieram de uma distribuição log-normal com parâmetros μ e σ^2 . Para estimar os parâmetros, foi considerado o método de máxima verossimilhança (CASELLA; BERGER, 2018).

Para comparar a vida útil dos atletas olímpicos e da população em geral, apresentamos duas abordagens:

Para responder à pergunta, utilizamos as seguintes duas medidas:

- (1) Seja E_i a expectativa de vida da população no ano, em que, o i -ésimo medalhista competiu em uma olimpíada pela primeira vez e I_i a idade que o atleta competiu em uma olimpíada pela primeira vez, para $i = 1, \dots, n$. Então, calculamos a probabilidade do i -ésimo atleta ter um tempo de vida T_i maior do que a expectativa de vida E_i dado a informação de que o tempo de vida deste atleta é maior do que a idade I_i , para $i = 1, \dots, n$. Utilizando uma notação matemática, temos o interesse no valor da seguinte probabilidade condicional.

$$(Equação 1) \quad P(T_i > E_i | T_i > I_i) = \frac{S(E_i)}{S(I_i)}$$

onde $S(\cdot)$ é a função de sobrevivência do modelo Log-normal, para $i = 1, \dots, n$.

De acordo com o valor da probabilidade dada na Equação (1), propomos a seguinte interpretação em relação à evidência de que o tempo de vida dos atletas é maior do que a expectativa de vida da população geral.

Tabela 2. Evidência em relação a $T > E$.

$P(T_i > E_i T_i \geq I_i)$	Evidência
0.50 – 0.55	Inconclusiva
0.55 – 0.65	Fraca
0.65 – 0.75	Moderada
0.75 – 0.85	Forte
≥ 0.85	Muito Forte

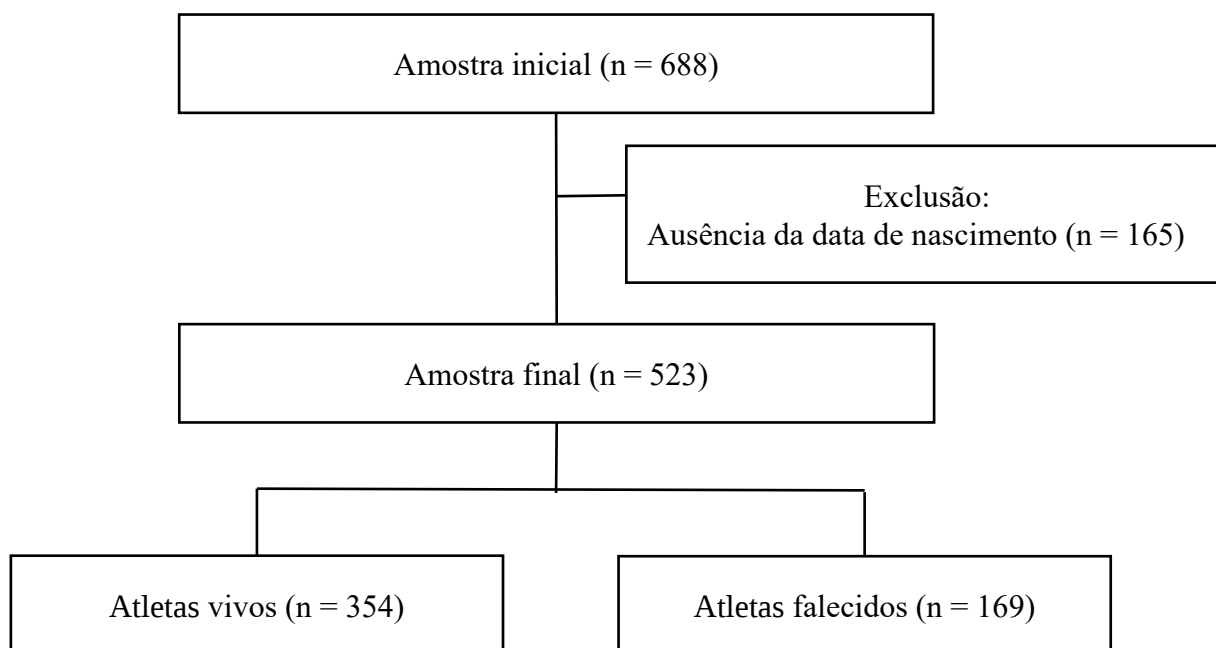
(2) Utilizando o modelo ajustado, calculamos o tempo de vida esperado, $\mathcal{E}(T_i)$, para cada um dos atletas, para $i = 1, \dots, n$. A partir do modelo ajustado $S(t)$, o tempo de vida esperado é dado pela seguinte expressão $\mathcal{E}(T_i) = A_t / S(I_i)$, onde $A_t = \exp \{ \mu + \sigma^2 / 2 \}$, para $i = 1, \dots, n$. Então, comparamos os valores dos tempos de vida esperados com os tempos de vida registrados através da aplicação de um teste t-Student. Para aplicação deste teste, fixamos o nível de significância em $\alpha = 0,05$.

Para comparar a média de vida dos atletas dos esportes FP e RM, foi utilizado o teste Qui-quadrado e fixamos o nível de significância em $\alpha = 0,05$.

5 RESULTADOS

Dos 688 atletas que compuseram a base de dados inicial, 165 foram excluídos por não conterem informação relacionada à data de nascimento. Dos 523 atletas olímpicos que permaneceram no estudo, 169 já faleceram e 354 ainda estão vivos (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma do estudo.



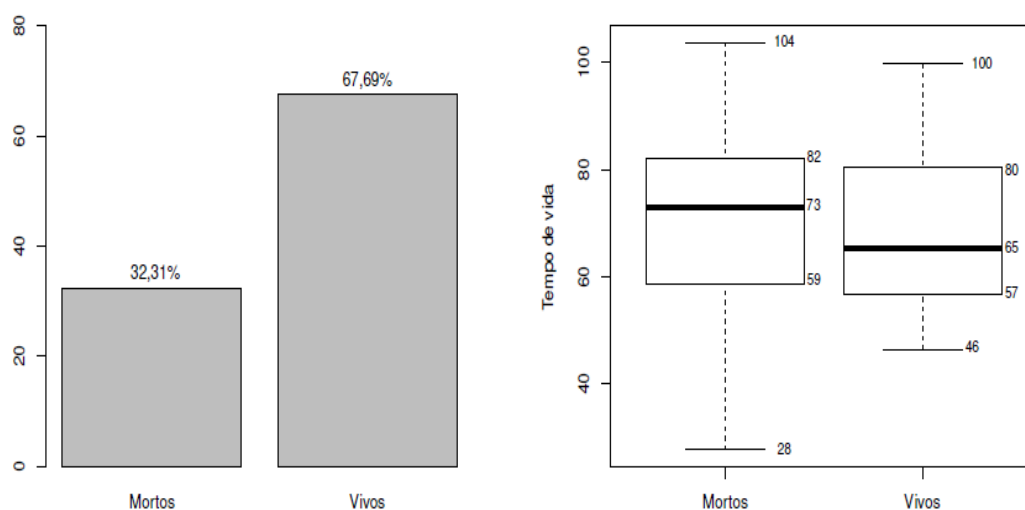
A Tabela 3 apresenta as características dos atletas olímpicos brasileiros, levando em consideração o sexo e se está vivo ou não.

Tabela 3. Características dos atletas olímpicos brasileiros (n = 523).

Variáveis	Homens	Mulheres	Total
População total	465 (88,91%)	58 (11,09%)	523 (100%)
Atletas vivos	304 (88,09%)	50 (11,90%)	354 (100%)
Atletas mortos	161 (27,00%)	8 (4,73%)	169 (100%)

5.1 Tempo de vida dos atletas

A Figura 2(a) mostra o gráfico em barras da distribuição de frequências das quantidades de atletas mortos e vivos. A Figura 2(b) mostra o *boxplot* dos tempos de vida dos medalhistas mortos e vivos. Dentre aqueles já falecidos, o menor tempo de vida registrado foi de 28 anos e o maior tempo de vida foi de 104 anos. Além disso, o tempo de vida mediano foi de 73 anos, com primeiro e terceiro quartis iguais a 59 e 82 anos, respectivamente. Dentre os vivos, o menor e o maior tempo de vida é de 46 e 100 anos, respectivamente. O tempo de vida mediano é de 65 anos, com primeiro e terceiro quartis iguais a 57 e 80 anos, respectivamente.



(a) Distribuição de frequências.

(b) *Boxplot*.

Figura 2. Distribuição de frequências e *boxplot* do tempo de vida dos atletas mortos e vivos.

5.2 Atletas olímpicos versus população em geral

A Figura 3 mostra o gráfico em barras da distribuição de frequências das quantidades de atletas mortos e vivos, e o *boxplot* dos tempos de vida dos atletas por situação (morto ou vivo) e sexo. Dos atletas falecidos, somente 4,73% (8 atletas) são do sexo feminino. Dos atletas vivos, o percentual de atletas do sexo feminino é de 14,12% (50 atletas).

Como podemos notar na Figura 3(b), o valor mediano do tempo de vida dos atletas mortos do sexo feminino é maior do que dos atletas do sexo masculino. Para os atletas vivos, este cenário se altera, sendo o tempo de vida mediano dos atletas do sexo masculino maior do que o das atletas do sexo feminino.

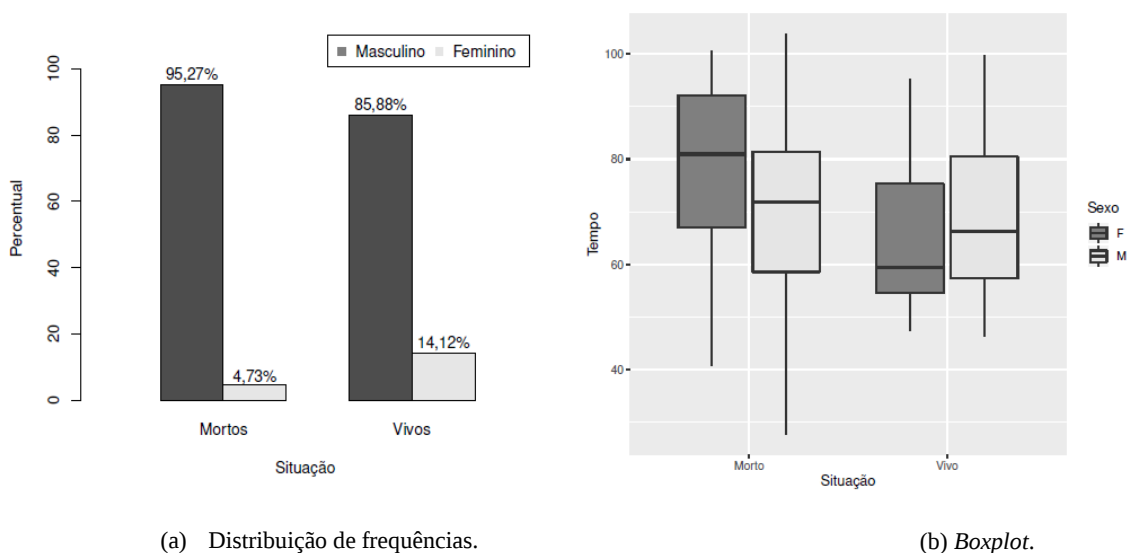


Figura 3. Distribuição de frequências e *boxplot* do tempo de vida aos atletas mortos e vivos.

A Figura 4 mostra as estimativas de Kaplan-Meier (linha em negrito) e a função de sobrevivência do modelo Log-normal (linha azul) para os parâmetros $\mu = 4,2956$ e $\sigma = 0,2310$, ilustrando a probabilidade de os atletas olímpicos brasileiros viverem mais em comparação com o esperado sobrevivência da população em geral.

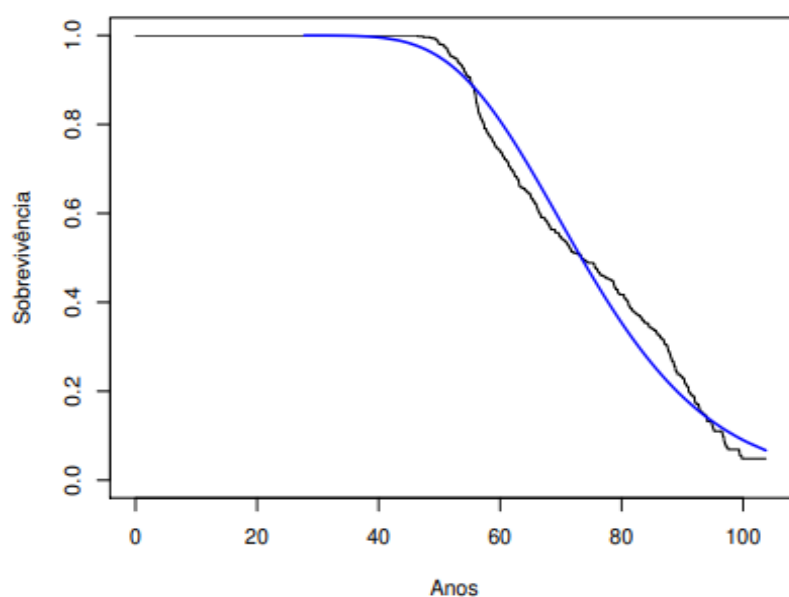


Figura 4. Estimador de Kaplan-Meier e função de sobrevivência ajustada.

Usando a função de sobrevivência obtida, podemos calcular, por exemplo, a probabilidade de um atleta viver mais de 60 anos. Esta probabilidade é dada por $S(60)$, e, geometricamente, é a área sombreada abaixo da curva $S(t)$ a partir de $t = 60$, como se pode ver na Figura 5.

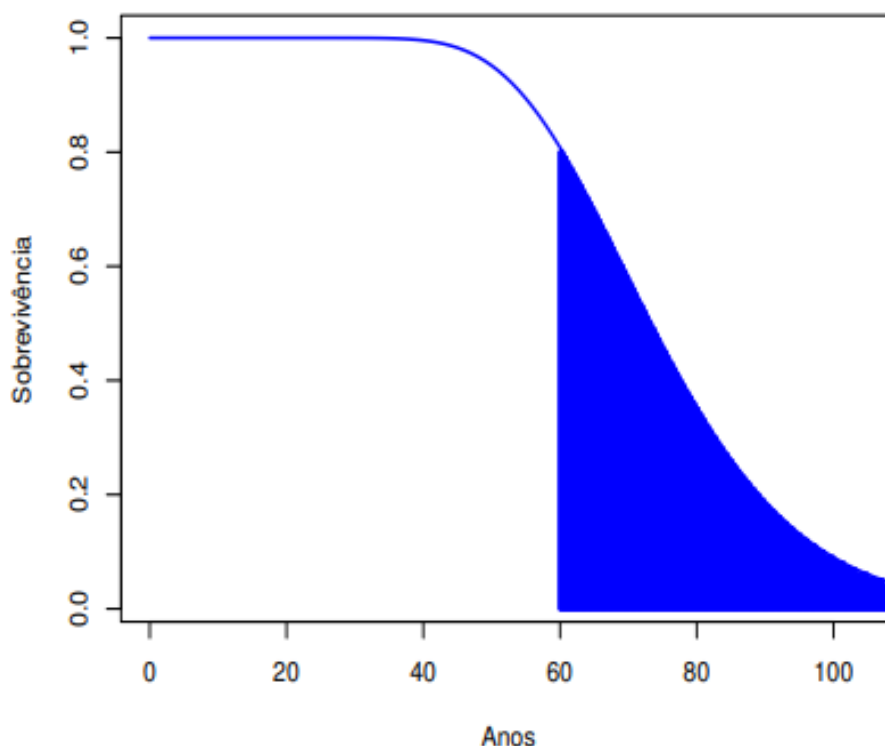


Figure 5. Função de sobrevivência ajustada e $S(60)$.

Utilizando a Equação (1), calculamos para todos os $n = 523$ atletas a probabilidade do tempo de vida T_i ser maior do que a expectativa de vida E_i condicional, na informação de que os atletas possuem tempo de vida maior do que a idade I_i em que competiram em uma olimpíada pela primeira vez, para $i = 1, \dots, n$.

A Tabela 4 mostra as estatísticas resumo das probabilidades calculadas. A menor e a maior probabilidade obtida foram de 0.5437 e 0.8982, respectivamente. O valor da mediana é 0.8062. Ou seja, mais de 50% dos atletas apresentaram probabilidade maior que 0.8062 de viver mais do que o esperado para a população geral. Em média, a probabilidade de um atleta olímpico ter tempo de vida maior do que a expectativa de vida é de 0.7975. De acordo com a classificação proposta na Tabela 3, em média, há uma forte indicativo de que o tempo de vida dos atletas olímpicos é maior do que a expectativa de vida da população.

Tabela 4. Análise das probabilidades dos atletas viverem mais do que o esperado para a população geral.

Mínimo	1ºQ	Mediana	Média	Desvio-Padrão	3ºQ	Máximo
0,5437	0,7650	0,8062	0,7975	0,0600	0,8403	0,8982

A Tabela 5 mostra a quantidade e percentual de atletas classificados em cada uma das faixas de evidências proposta na Tabela 3. Somente em um caso a evidência é inconclusiva. Por outro lado, em 82% dos casos temos evidências forte ou muito forte.

Tabela 5. Evidência em relação a $T > E$.

$P(T_i > E_i T_i \geq I_i)$	Evidência	Quantidade	Percentual
0.50 0.55	Inconclusiva	1	0,1912%
0.55 0.65	Fraca	14	2,6769%
0.65 0.75	Moderada	79	15,1052%
0.75 0.85	Forte	329	62,9063%
≥ 0.85	Muito Forte	100	19,1205%

Além das probabilidades calculadas de acordo com a Equação (1), também calculamos o tempo de vida esperado, $E(T_i)$, para cada um dos atletas, para $i = 1, \dots, n$. A partir do modelo ajustado $S(t)$, o tempo de vida esperado é dado pela seguinte expressão $E(T_i) = At/S(I_i)$, onde $At = \exp \{4, 2956 + 0,2310^2/2\}$, para $i = 1, \dots, n$.

A Figura 6 mostra os valores de (T_i) (linha em negrito) e as expectativas de vida da população quando o i -ésimo atleta participou de sua primeira olimpíada (linha vermelha). Note que o tempo de vida esperado dos 523 atletas é maior do que a expectativa de vida da população, conforme o teste t-Student.

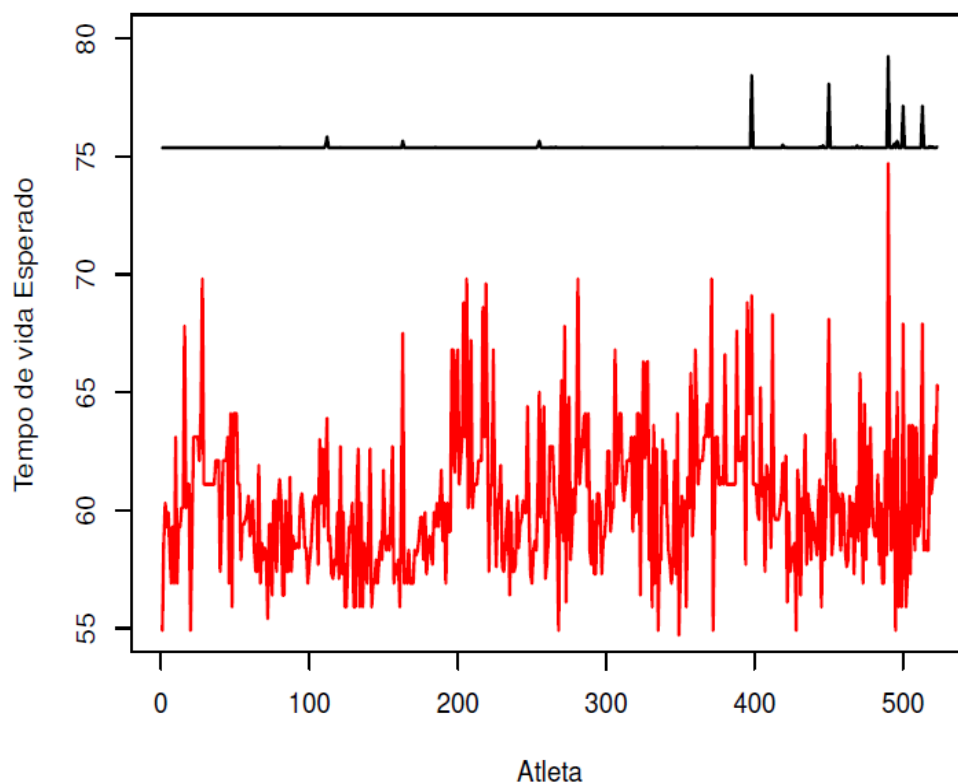


Figure 6. Tempo de vida observado e esperado para atletas olímpicos brasileiros.

5.3. Tempo de vida dos atletas de força/ potência *versus* resistência/ mistos

A Tabela 6 mostra as estatísticas resumo dos tempos de vida dos atletas vivos e mortos em relação aos tipos de esporte FP e RM. Note que, para os atletas vivos, o tempo médio de vida dos que praticam esportes de FP e RM é de 69,05 e 68,56 anos, respectivamente. Já para os atletas mortos, o tempo médio de vida foi de 71,64 anos para os que praticavam esportes do tipo FP, e de 68.28 anos para os atletas que praticavam esportes do tipo RM. Os resultados revelam que não há evidências para diferença dos tempos de vida dos atletas praticantes de esportes com classificação FP e RM ($p= 0,90$).

Tabela 6. Tempo de vida dos atletas olímpicos brasileiros vivos e mortos, conforme o tipo de esporte.

Medidas	Vivos		Mortos	
	FP	RM	FP	RM
Mínimo	46,44	48,58	27.75	29.97
1º Quartil	56.43	57.21	64.18	57.13
Mediana	65.10	65.49	74.61	68.65
Média	69.05	68.56	71.64	68.28
Desvio Padrão	14.16	13.46	18.08	17.68
3º Quartil	81.23	79.42	83.55	80.15
Máximo	99.39	99.78	103.75	100.86

A Figura 7 mostra o gráfico de Kaplan-Meier para os tempos de vida dos atletas de acordo com os tipos de esporte. Note que as duas curvas estão próximas, indicando que não há evidências para diferença entre o tempo médio de vida dos atletas brasileiros de FP comparados aos de RM.

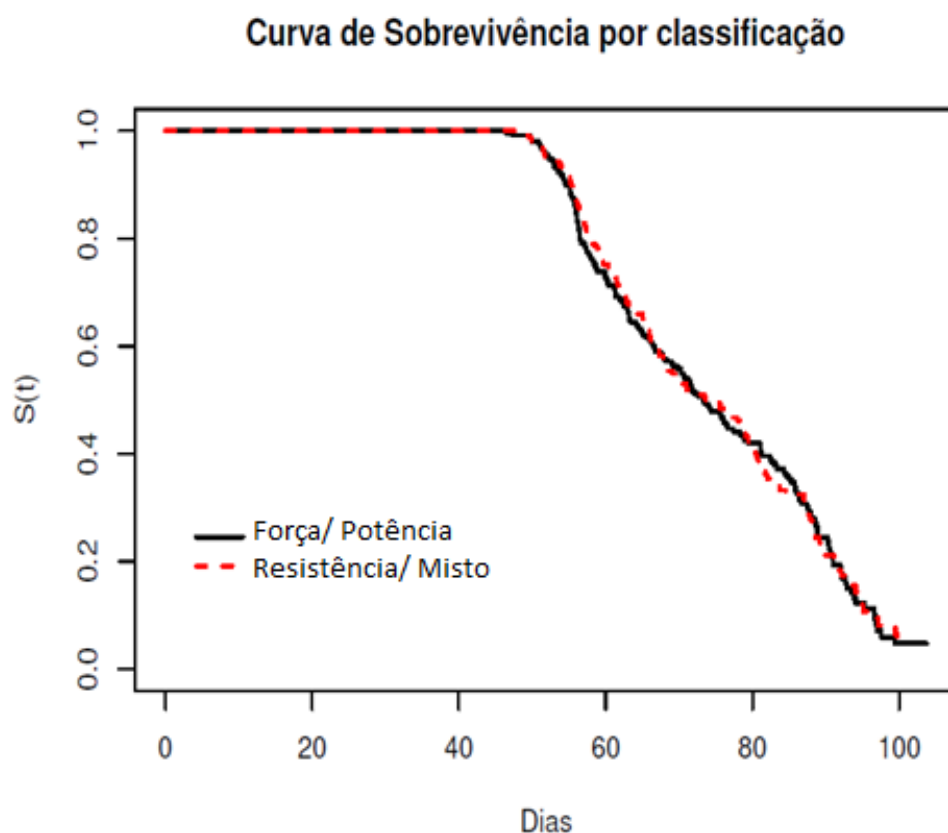


Figura 7. Gráfico de Kaplan-Meier para os tempos de vida dos atletas brasileiros olímpicos por tipos de esporte.

6 DISCUSSÃO

Este estudo é o primeiro a investigar a longevidade entre atletas brasileiros. Os resultados sugerem que os atletas olímpicos brasileiros vivem mais do que o esperado para a população em geral, com probabilidade de 79%. Além disso, em nossa amostra, a longevidade dos atletas com FP não foi significativamente diferente da dos atletas com RM, conforme relatado anteriormente em estudos de países desenvolvidos.

6.1. Atletas versus população geral

Nossos achados confirmam estudos anteriores de que atletas de elite vivem mais do que a população em geral (CLARKE et al., 2015; COATE; SUN, 2013; GAJEWSKI; POZNAŃSKA, 2008; GARATACHEA et al., 2014; LEMEZ; BAKER, 2015; ONGE; ROGERS; KRUEGER, 2008; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). Especificamente, dois estudos anteriores studies (CLARKE et al., 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020), fornecem fortes evidências sobre a maior longevidade dos atletas olímpicos em comparação com a população em geral. Clarke et al. (2015) examinaram 15.174 medalhistas olímpicos de 9 países desenvolvidos e mostraram que os atletas viveram aprox. 2,8 anos a mais do que a população em geral. Em meta-análise recente incluindo cerca de 165.000 ex-atletas de elite de ambos os sexos de diferentes modalidades esportivas, Runacres et al. (2020) refutaram a hipótese da curva em forma de 'J' para a relação entre mortalidade e exercícios vigorosos, mostrando uma maior longevidade para os atletas quando comparados à população em geral.

Para atingir o status olímpico, um atleta investe muitos anos de treinamento físico, portanto, espera-se que alguns mecanismos fisiológicos associados aos sistemas cardiovascular, neuromuscular e imunológico desencadeados por exercícios físicos vigorosos sistemáticos possam influenciar a saúde física e psicológica e, consequentemente, aumentar a longevidade pela desaceleração do processo de envelhecimento (GREMEAUX et al., 2012). Por exemplo, o consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) na idade adulta foi previamente associado a menores taxas de mortalidade, provavelmente porque o ponto de partida mais alto dos indivíduos com

maiores valores de VO₂máx na juventude (ex. atletas) pode permitir uma maior saúde e capacidade funcional na idade avançada (GREMEAUX et al., 2012) .

Infelizmente, não foi possível registrar a causa da morte da maioria dos atletas do presente estudo. Contudo, a redução da mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis pode ser o principal fator explicativo para a maior longevidade dos nossos olímpicos concordando com os recentes achados de 8.124 atletas norte-americanos (ANTERO et al., 2020). Antero et al. (2020) mostraram que a vantagem da longevidade para os atletas dos EUA, em comparação com a população em geral, foi atribuída principalmente ao menor risco de morte por doenças cardiovasculares, seguido por câncer, doenças respiratórias, causas externas, doenças endócrinas e metabólicas e doenças do sistema digestivo. No entanto, as taxas de mortalidade devido a distúrbios do sistema nervoso e doenças mentais não foram diferentes da população em geral (ANTERO et al., 2020).

Quando consideramos a transição epidemiológica que o Brasil viveu a partir da década de 30, com mudanças importantes no perfil da mortalidade por doenças infecciosas para as doenças não transmissíveis, como as principais causas de morte (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE., 2005; SILVA JUNIOR JB, GOMES FBC, CEZÁRIO AC, 2003) , podemos sugerir que os óbitos da amostra foram, principalmente, devido a doenças não transmissíveis e senilidade, visto que a maioria dos atletas olímpicos morreu depois de 1980.

Vale ressaltar que após um período de destreinamento, os efeitos positivos do exercício sistemático vigoroso são reversíveis e apresentam diferentes taxas de declínio (LAMBERT, 2016). A esse respeito, pouco se sabe sobre o potencial do efeito “legado” do exercício vigoroso sistemático durante a juventude sobre a morbimortalidade de atletas na aposentadoria. A maioria dos estudos acerca da longevidade não avaliou o estilo de vida dos atletas nessa fase (ANTERO-JACQUEMIN et al., 2015; CLARKE et al., 2015; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). Portanto, a questão sobre o quanto o exercício físico realizado antes da aposentadoria influencia na longevidade dos atletas permanece amplamente desconhecida, pois parte desse resultado pode ser devido às facetas do estilo de vida.

Um estudo prévio observou que ex-atletas com estilo de vida sedentário apresentaram maior risco de desenvolver doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares (WITKOWSKI; SPANGENBURG, 2008). Por outro lado, ex-atletas com estilo de vida fisicamente ativo após a aposentadoria tiveram melhor composição

corporal e menor risco de doenças cardiovasculares, síndrome metabólica e doença hepática gordurosa não alcoólica (KUJALA et al., 2001; LAINE et al., 2015; LYNCH et al., 2007; ZACCAGNI; ONISTO; GUALDI-RUSSO, 2009). Esses achados reforçam o impacto do estilo de vida na morbidade e mortalidade dos atletas na aposentadoria.

No entanto, a longevidade também tem outros componentes ambientais (por exemplo, acesso a serviços de saúde, nutrição e riqueza) e genéticos (CLARKE et al., 2015; KONING; AMELINK, 2012). Assim, não podemos excluir a hipótese de que nossos atletas façam parte de um seleto grupo de indivíduos geneticamente predispostos a viver mais. No entanto, esta hipótese não foi confirmada em um estudo prévio (CLARKE et al., 2015; KONING; AMELINK, 2012).c. Nossos achados mostram que o efeito negativo esperado de ser um cidadão de um país em desenvolvimento parece não desempenhar um papel na redução da longevidade como tínhamos hipotetizado.

6.2. Atletas de força/potência versus resistência/misto

Curiosamente, não houve diferença estatisticamente significativa na longevidade entre os atletas de força e potência comparados aos de resistência e misto. Esse resultado difere de estudos anteriores (CLARKE et al., 2015; KELLER, 2019; LEE-HEIDENREICH; LEE-HEIDENREICH; MYERS, 2017; LEMEZ; BAKER, 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). A literatura tem mostrado com frequência uma maior longevidade para atletas de resistência (por exemplo, maratonistas, ciclistas), com ganhos de 4 a 8 anos de vida quando comparados à população em geral (CLARKE et al., 2015; KUJALA et al., 2001; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; SANCHIS-GOMAR et al., 2011). No entanto, outras evidências anteriores (ANTERO et al., 2020) não confirmaram diferenças entre os tipos de esportes, exceto para algumas modalidades específicas (ou seja, esgrima, tiro) com risco de morte semelhante ao da população em geral.

Algumas explicações para a maior sobrevivência dos atletas EM foram sugeridas anteriormente, incluindo níveis de exercícios físicos mais vigorosos (KUJALA et al., 2001; LAINE et al., 2015); uma maior proporção de fibras de contração lenta conferindo proteção metabólica e cardiovascular (KUJALA et al., 2001; TERAMOTO; BUNGUM, 2010); e maior aptidão aeróbia associada a menor risco de diversas doenças

cardiovasculares, inflamatórias e pulmonares (LEMEZ; BAKER, 2015; TERAMOTO; BUNGUM, 2010), além de alguns tipos de câncer (HÅLLMARKER et al., 2015).

Enquanto isso, atletas de FP tendem a ter maior massa corporal e índice de massa corporal (IMC), ambos fatores independentemente associados à mortalidade (LEE-HEIDENREICH; LEE-HEIDENREICH; MYERS, 2017; LEMEZ; BAKER, 2015)c. Além disso, o uso de esteroides anabolizantes é mais frequente em atletas de FP (LINDQVIST et al., 2014; PÄRSSINEN M et al., 2000), tornando-os mais vulneráveis a doenças cardiovasculares, hepáticas (SJÖQVIST; GARLE; RANE, 2008) e depressão (FUDALA et al., 2003)c. Assim, especula-se que, em nossa amostra, alguns desses fatores não tenham exercido influência.

Alternativamente, o baixo número de atletas reduziu o poder estatístico de nosso estudo e não permitiriam outras comparações entre FP e RM (RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020). Além disso, as diferenças entre os estudos para classificação do tipo de esporte também merecem consideração. Por exemplo, no estudo de Kujala et al. (2001) os autores alocaram corredores de *cross country* e esquiadores de fundo no grupo de atletas de “endurance”; os velocistas, levantadores de peso e lançadores de atletismo foram designados para o grupo “potência/velocidade”; enquanto um terceiro grupo denominado “outros” compreendeu atletas de futebol, hóquei no gelo, basquete, boxeadores, lutadores e outras subdisciplinas de atletismo.

Em nosso estudo, agrupamos atletas de resistência e esportes coletivos no grupo RM, incluindo atletas de diferentes modalidades com diversos níveis de aptidão aeróbia. Esse é um aspecto importante que deve ser considerado na comparação de estudos sobre o tema. Decidimos criar apenas dois grupos com demandas metabólicas aparentemente diferentes por causa da amostra reduzida disponível para comparações. Nesse sentido, resolvemos alocar os atletas de voleibol ($n = 38$) para o grupo FP, em função da grande demanda de esforços curtos e velozes desempenhados pelos atletas durante os treinos e partidas, a diferença não significativa entre os grupos se manteve, confirmando a consistência de nossos critérios.

Curiosamente, o estudo de Lee-Heidenreich et al. (2017) incluindo os 20 primeiros ex-saltadores olímpicos masculinos e femininos, arremessadores de disco, maratonistas e corredores de 100 m mostraram que a expectativa de vida dos saltadores e corredores de maratona era maior do que a dos arremessadores e velocistas, o que pode ser explicado pela massa corporal inferior do primeiro grupo. Esta descoberta sugere que as diferenças na longevidade dos atletas podem ser atribuídas a outros fatores (por

exemplo, massa corporal) diferentes do perfil metabólico do esporte. Dessa maneira, novos estudos devem verificar o efeito relativo de diferentes facetas da aptidão física, incluindo aptidão aeróbia e composição corporal sobre a longevidade.

6.3. Limitações do estudo e pontos fortes

Este é o primeiro estudo a avaliar a longevidade dos atletas olímpicos brasileiros. No entanto, algumas limitações devem ser destacadas: (1) Não foi possível encontrar informações sobre a data de nascimento de alguns atletas. Assim, 165 atletas foram finalmente excluídos de nossa amostra, o que pode ter implicado em menor poder estatístico. No entanto, a maioria dos estudos anteriores exibiu limitações semelhantes (ANTERO et al., 2020; CLARKE et al., 2015), embora em nosso estudo esses 165 representassem 23,98% da amostra total. (2) Como as características socioeconômicas da maioria dos atletas brasileiros não estavam disponíveis, não controlamos nossa análise para esses fatores. No entanto, como os atletas olímpicos brasileiros possuem um perfil étnico e social semelhante ao da população em geral, podemos desconsiderar essa potencial influência. Em contrapartida, nosso estudo apresenta uma amostra com diferenças importantes nas características socioeconômicas comparadas a países desenvolvidos (3). Dada a baixa representatividade de atletas do sexo feminino neste estudo, quando comparada a estudos anteriores (ANTERO et al., 2020; CLARKE et al., 2015), as análises não foram realizadas por sexo. Porém esse fato pode não representar uma limitação, considerando Antero-Jacquemin et al. (2015), que assumem que atletas de elite masculinos e femininos compartilham determinantes comuns para maior longevidade.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que os atletas olímpicos brasileiros vivem mais do que a população geral pareada por sexo e idade, sendo que a probabilidade de um atleta olímpico ter tempo de vida maior do que a expectativa de vida da população é, em média, de 79,75%. Entretanto, não há diferenças entre atletas praticantes de esporte com característica de força/potência e resistência/misto, no tocante à longevidade.

REFERÊNCIAS

- AL-MALLAH, M. H.; SAKR, S.; AL-QUNAIBET, A. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: an Update. **Current Atherosclerosis Reports**, v. 20, n. 1, 2018.
- ALBUQUERQUE, F. R. P. DE C.; SENNA, J. R. X. **Tábuas de Mortalidade por sexo e grupos de idade – Grandes Regiões e Unidades da Federação - 1980 , 1991 e 2000.** [s.l.: s.n.].
- ANDERSEN, K. et al. Risk of arrhythmias in 52 755 long-distance cross-country skiers: A cohort study. **European Heart Journal**, v. 34, n. 47, p. 3624–3631, 2013.
- ANTERO-JACQUEMIN, J. et al. Mortality in Female and Male French Olympians: A 1948-2013 Cohort Study. **American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 6, p. 1505–1512, 2015.
- ANTERO, J. et al. Female and male US Olympic athletes live 5 years longer than their general population counterparts : a study of 8124 former US Olympians. p. 1–8, 2020.
- BÄCKMAND, H. et al. Former athletes' health-Related lifestyle behaviours and self-rated health in late adulthood. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 10, 2010.
- BARATA, T. **Atividade Física e Medicina Moderna.** [s.l.: s.n.].
- BARKER, L. A.; HARRY, J. R.; MERCER, J. A. Relationships between countermovement jump ground reaction forces and jump height, reactive strength index, and jump time. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 1, p. 248, 1 jan. 2018.
- BLAIR, S. N. et al. Physical Fitness and All-Cause Mortality: A Prospective Study of Healthy Men and Women. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, v. 262, n. 17, 1989.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. A vigilância , o controle e a prevenção das doenças crônicas não transmissíveis: DCNT no contexto do Sistema Único de Saúde Brasileiro - Situação e Desafios Atuais. **Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde**, p. 80, 2005.
- BRENNER, H.; ARNDT, V. Long-term survival rates of patients with prostate cancer in the prostate-specific antigen screening era: Population-based estimates for the year 2000 by period analysis. **Journal of Clinical Oncology**, v. 23, n. 3, 2005.
- BYBERG, L. et al. Total mortality after changes in leisure time physical activity in 50 year old men: 35 Year follow-up of population based cohort. **BMJ (Online)**, v. 338, n. 7700, p. 936, 2009.
- CARL J. CASPERSEN; KENNETH E. POWELL; GREGORY M. CHRISTENSON. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research Synopsi. **Public Health Reports**, v. 100, n. April, 1985.
- CASELLA, G.; BERGER, R. L. **Statistical inference Second Edition.** [s.l.: s.n.].
- CLARKE, P. M. et al. Survival of the fittest : retrospective cohort study of the longevity of Olympic medallists in the modern era. p. 898–902, 2015.
- COATE, D.; SUN, R. Survival estimates for elite male and female Olympic athletes and tennis championship competitors. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 6, p. 722–727, 2013.

COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. **Análise de Sobrevivência Aplicada**. 1ª edição ed. São Paulo: [s.n.].

COSTA ROSA, L. F. P. B.; VAISBERG, M. W. Influências do exercício na resposta imune. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 4, p. 167–172, ago. 2002.

CURRY, L. A.; WAGMAN, D. F. Qualitative description of the prevalence and use of anabolic androgenic steroids by United States powerlifters. **Perceptual and Motor Skills**, v. 88, n. 1, 1999.

DE SOUZA JUNIOR, T. P.; PEREIRA, B. **Conceitos fisiológicos do treinamento físico-esportivo: Estresse, homeostase e alostase** *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 2008.

DONNELLY, J. E. et al. **Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016.

Em 2015, esperança de vida ao nascer era de 75,5 anos | Agência de Notícias | IBGE. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9490-em-2015-esperanca-de-vida-a0-nascer-era-de-75-5-anos>>. Acesso em: 3 set. 2021.

FOGELHOLM, M.; KAPRIO, J.; SARNA, S. Healthy lifestyles of former finnish world class athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 2, 1994.

FUDALA, P. J. et al. An Evaluation of Anabolic-Androgenic Steroid Abusers Over a Period of 1 Year: Seven Case Studies. **Annals of Clinical Psychiatry**, v. 15, n. 2, p. 121–130, 2003.

GAJEWSKI, A. K.; POZNAŃSKA, A. Mortality of top athletes, actors and clergy in Poland: 1924-2000 follow-up study of the long term effect of physical activity. **European Journal of Epidemiology**, v. 23, n. 5, p. 335–340, 2008.

GARATACHEA, N. et al. Elite Athletes Live Longer Than the General. **Mayo Clinic Proceedings**, p. 1–6, 2014.

GARBER, C. E. et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, 2011.

GÓMEZ-GALLEGO, F. et al. Are elite endurance athletes genetically predisposed to lower disease risk? **Physiological Genomics**, v. 41, n. 1, p. 82–90, 2010.

GRANGER, E. et al. **A systematic review of the relationship of physical activity and health status in adolescents** *European journal of public health*, 2017.

GREMEAUX, V. et al. Exercise and longevity. **Maturitas**, v. 73, n. 4, p. 312–317, 2012.

GUALANO, B.; TINUCCI, T. Sedentarismo, exercício físico e doenças crônicas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, n. spe, 2011.

HÅLLMARKER, U. et al. Cancer incidence in participants in a long-distance ski race (Vasaloppet, Sweden) compared to the background population. **European Journal of Cancer**, v. 51, n. 4, p. 558–568, 2015.

HAWTON, K.; VAN HEERINGEN, K. Suicide. **The Lancet**, v. 373, n. 9672, p. 1372–1381, 2009.

- HEINONEN, I. et al. **Organ-specific physiological responses to acute physical exercise and long-term training in humans** *Physiology*, 2014.
- HILLS, A. P.; STREET, S. J.; BYRNE, N. M. Physical Activity and Health: “What is Old is New Again”. In: **Advances in Food and Nutrition Research**. [s.l: s.n.]. v. 75.
- KELLER, K. Life Expectancy of Olympic Wrestling Champions in Comparison to the General Population. **Journal of Community Health**, v. 44, n. 1, p. 61–67, 2019.
- KETTUNEN, J. A. et al. All-cause and disease-specific mortality among male, former elite athletes: An average 50-year follow-up. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 13, 2015.
- KONING, R. H.; AMELINK, R. Medium-term Mortality of Dutch Professional Soccer Players. **Economic and Labour Relations Review**, v. 23, n. 2, p. 55–68, 2012.
- KUJALA, U. M. et al. **Disease-specific mortality among elite athletes [6]** *Journal of the American Medical Association*, 2001.
- KUJALA, U. M. Essay: Does training adversely affect long-term health? **Lancet**, v. 366, n. SUPPL. 1, 2005.
- KUSY, K.; ZIELIN, J. Sprinters versus Long-distance Runners : How to Grow Old Healthy. p. 57–64, 2015.
- KYU, H. H. et al. **Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: Systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013** *BMJ (Online)*, 2016.
- LAINE, M. K. et al. A former career as a male elite athlete - Does it protect against type 2 diabetes in later life? **Diabetologia**, v. 57, n. 2, 2014.
- LAINE, M. K. et al. Former male elite athletes have better metabolic health in late. p. 1–7, 2015.
- LAINE, M. K. et al. Former male elite athletes have better metabolic health in late life than their controls. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 26, n. 3, 2016.
- LAMBERT, M. I. General adaptations to exercise: Acute versus chronic and strength versus endurance training. In: **Exercise and Human Reproduction: Induced Fertility Disorders and Possible Therapies**. [s.l: s.n.].
- LEE-HEIDENREICH, J.; LEE-HEIDENREICH, D.; MYERS, J. Differences in life expectancy between olympic high jumpers , discus throwers , marathon and 100 meter runners. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, p. 4–9, 2017.
- LEE, M.; HSIEH, C. C.; PAFFENBARGER, R. S. Exercise Intensity and Longevity in Men: The Harvard Alumni Health Study. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, v. 273, n. 15, 1995.
- LEE, S. J. et al. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys a randomized, controlled trial. **Diabetes**, v. 61, n. 11, 2012.
- LEMEZ, S.; BAKER, J. Do Elite Athletes Live Longer ? A Systematic Review of Mortality and Longevity in Elite Athletes. **Sports Medicine - Open**, p. 1–14, 2015.
- Life expectancy and Healthy life expectancy Data by country**. Disponível em: <https://apps.who.int/gho/athena/data/GHO/WHOSIS_000001,WHOSIS_000015,WHO

SIS_000002,WHOSIS_000007.html?profile=ztable&filter=COUNTRY:*>. Acesso em: 3 set. 2021.

LINDQVIST, A. et al. Increased mortality rate and suicide in Swedish former elite male athletes in power sports. p. 1000–1005, 2014.

LOPES, C. R. Análise das Capacidades de Resistência, Força e Velocidade na Periodização de Modalidades Intermitentes. 2005.

LOUZADA-NETO, FRANCISCO; PEREIRA, B. DE B. Modelos em análise de sobrevivência. **Cad. saúde colet**, n. 1, p. 9–26, 2000.

LYNCH, N. A. et al. Older elite football players have reduced cardiac and osteoporosis risk factors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 7, p. 1124–1130, 2007.

MAGALHÃES, F. C. et al. Hipertrofia cardíaca induzida pelo treinamento físico: eventos moleculares e celulares que modificam o fenótipo. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 7, n. 1, 2008.

MARON, B. J.; THOMPSON, P. D. **Longevity in elite athletes: the first 4-min milers**The Lancet, 2018.

MATSUDO, V. K. et al. Dislipidemias e a promoção da atividade física: uma revisão na perspectiva de mensagens de inclusão. **Rev. bras. ciênc. mov**, 2005.

MCHUGH, C. et al. **A career in sport does not eliminate risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of the cardiovascular health of field-based athletes**Journal of Science and Medicine in Sport, 2020.

MELEKOĞLU, T. et al. The Effects of a Physically Active Lifestyle on the Health of Former Professional Football Players. **Sports**, v. 7, n. 4, 2019.

O'KEEFE, J. H.; LAVIE, C. J.; GUAZZI, M. Part 1: Potential Dangers of Extreme Endurance Exercise: How Much Is Too Much? Part 2: Screening of School-Age Athletes. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 57, n. 4, p. 396–405, 2015.

ONGE, J. M. S.; ROGERS, R. G.; KRUEGER, P. M. Major league baseball players' life expectancies. **Social Science Quarterly**, v. 89, n. 3, p. 817–830, 2008.

OWEN, N. et al. Too much sitting: The population health science of sedentary behavior. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 38, n. 3, 2010.

PAFFENBARGER, R. S. Contributions of epidemiology to exercise science and cardiovascular health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 5, 1988.

PARKINSON, A. B.; EVANS, N. A. Anabolic androgenic steroids: A survey of 500 users. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 4, 2006.

PÄRSSINEN M et al. The Effect of Su-praphysiological Doses of Anabolic Androgenic Steroids on Collagen Metabolism. **Int J Sports Med**, v. 21, p. 406–411, 2000.

PEREIRA, S. D. Conceitos e Definições da Saúde e Epidemiologia. **Centro de Vigilância Sanitária**, p. São Paulo, 2004.

PERK, J. et al. **European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012)**European Heart Journal, 2012.

PRITCHETT, A. M. et al. Left atrial volume as an index of left atrial size: A population-based study. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 41, n. 6, 2003.

Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047 | Agência de Notícias | IBGE. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047>>. Acesso em: 8 set. 2021.

QUINONES, M. A. et al. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. **Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography**, v. 15, n. 2, 2002.

R, T. **R Core Team (2020)**. Disponível em: <<http://www.r-project.org/index.html>>.

RAMPININI, E. et al. Variation in top level soccer match performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 12, 2007.

REIMERS, C. D.; KNAPP, G.; REIMERS, A. K. **Does physical activity increase life expectancy? A review of the literature** *Journal of Aging Research*, 2012.

RUBIO, K. **Atletas Olímpicos Brasileiros**. 1ª Edição ed. São Paulo: SESI-SP, 2015.

RUNACRES, A.; MACKINTOSH, K. A.; MCNARRY, M. A. Health Consequences of an Elite Sporting Career : Long - Term Detriment or Long - Term Gain ? A Meta - Analysis of 165 , 000 Former Athletes. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2020.

SALTIN, B.; GRIMBY, G. Physiological analysis of middle-aged and old former athletes. Comparison with still active athletes of the same ages. **Circulation**, v. 38, n. 6, 1968.

SANCHIS-GOMAR, F. et al. Increased average longevity among the Tour de France cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 8, p. 644–647, 2011.

SARNA, S. et al. Increased life expectancy of world class male athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 25, n. 2, p. 237–44, fev. 1993.

SCHNOHR, P. LONGEVITY AND CAUSES OF DEATH IN MALE ATHLETIC CHAMPIONS. **The Lancet**, v. 298, n. 7738, 1971.

SHIN, C. N.; LEE, Y. S.; BELYEA, M. Physical activity, benefits, and barriers across the aging continuum. **Applied Nursing Research**, v. 44, 2018.

SILVA JUNIOR JB, GOMES FBC, CEZÁRIO AC, M. L. Doenças e agravos não transmissíveis: bases epidemiológicas. **Rouquayrol MZ, Almeida Filho N. Epidemiologia & saúde**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Medsi, p. 289–311, 2003.

SILVERMAN, M. N.; DEUSTER, P. A. **Biological mechanisms underlying the role of physical fitness in health and resilience** *Interface Focus*, 2014.

SJÖQVIST, F.; GARLE, M.; RANE, A. **Use of doping agents, particularly anabolic steroids, in sports and society** *The Lancet*, 2008.

SKINNER, J. S. **Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases**. 3ª ed. [s.l.] Lippincott Williams & Wilkins, 1987.

STOCKWELL, E. G.; SHRYOCK, H. S.; SIEGEL, J. S. The Methods and Materials of Demography. **Demography**, v. 10, n. 1, 1973.

TAKEUCHI, T. et al. Mortality of Japanese Olympic athletes: 1952-2017 cohort study. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 5, n. 1, p. 1–7, 2019.

TEICHOLZ, L.; KREULEN, T.; HERMAN, M. ET AL. Problems in

echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. **Am J Cardiol**, v. 37, n. January, p. 7–11, 1976.

TERAMOTO, M.; BUNGUM, T. J. Mortality and longevity of elite athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 4, p. 410–416, 2010.

THIBLIN, I.; PETERSSON, A. **Pharmacoepidemiology of anabolic androgenic steroids: A review** *Fundamental and Clinical Pharmacology*, 2005.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report 2008. **Washington DC US**, v. 67, n. 2, 2008.

VAN DER WALL, E. E. **A longer life at the top of Mount Olympus?** *Netherlands Heart Journal*, 2016.

VIÑA, J. et al. **Exercise: The lifelong supplement for healthy ageing and slowing down the onset of frailty** *Journal of Physiology*, 2016.

WANIGATUNGA, A. A. et al. Association of Total Daily Physical Activity and Fragmented Physical Activity with Mortality in Older Adults. **JAMA Network Open**, v. 2, n. 10, 2019.

WARBURTON, D. E. R.; BREDIN, S. S. D. **Reflections on Physical Activity and Health: What Should We Recommend?** *Canadian Journal of Cardiology*, 2016.

WHO. **Obesity : Preventing and managing the global epidemic. World Health Organization: Technical Report Series** WHO Technical Report Series, no. 894., 2000.

WHO. **Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IG.** [s.l: s.n.].

WHYTE, L. J.; GILL, J. M. R.; CATHCART, A. J. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 59, n. 10, 2010.

WILLIAMS, M. A. et al. **Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: A scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism** *Circulation*, 2007.

WITKOWSKI, S.; SPANGENBURG, E. E. Reduced physical activity and the retired athlete: a dangerous combination? **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 12, p. 952–953, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Envelhecimento ativo: uma política de saúde. p. 62, 2005.

ZACCAGNI, L.; ONISTO, N.; GUALDI-RUSSO, E. Biological characteristics and ageing in former elite volleyball players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 6, p. 667–672, 2009.

APÊNDICE 1

Exemplo dos cálculos para estimar a expectativa de vida da população geral e a diferença para o atleta em termos de longevidade:

Ano de nascimento do atleta: 1940

Idade em que o atleta participou das olimpíadas em 1960: 20 anos

Expectativa de vida para o adulto jovem nascido em 1940 e vivo no ano de 1960 era de $36,91 + 20 = 56,91$ anos (segundo IBGE).

Ano de morte do atleta: 2007

Idade de morte do atleta: 67 anos

Longevidade no ano de participação da olimpíada = idade de morte - expectativa de vida aos 20 anos = $67 - 56,91 = 10,09$ anos homens.

- A expectativa de vida dos jovens adultos nascidos em 1940, portanto 20 anos em 1960 (ano de participação nas Olimpíadas), era 56,91 anos. Logo, esse atleta viveu 10,09 anos a mais que os jovens de 20 anos em 1960.

1	Table
2	COUNTRY: TÁBUAS DE MORTALIDADE BRASIL - HOMENS - 1940
3	
4	C. Adjusted Abridged Life Table: Male
5	-----
6	Age, Width, nMx, max, nqx, lx, ndx, nLx, SPx, Tx, ex
7	x n
8	-----
9	0 1 0,17324 0,330 0,15523 100.000 15.523 89.600 0,82062 4.286.311 42,86
10	1 4 0,02026 1,352 0,07690 84.477 6.496 320.708 0,94219 4.196.711 49,68
11	5 5 0,00343 2,500 0,01703 77.981 1.328 386.586 0,98539 3.876.003 49,70
12	10 5 0,00245 2,500 0,01215 76.653 931 380.938 0,98302 3.489.417 45,52
13	15 5 0,00442 2,500 0,02187 75.722 1.656 374.469 0,97034 3.108.479 41,05
14	20 5 0,00767 2,500 0,03762 74.066 2.786 363.363 0,95852 2.734.009 36,91
15	25 5 0,00931 2,500 0,04549 71.279 3.243 348.290 0,94969 2.370.646 33,26
16	30 5 0,01139 2,500 0,05535 68.037 3.766 330.768 0,93914 2.022.356 29,72
17	35 5 0,01380 2,500 0,06669 64.271 4.286 310.636 0,92490 1.691.588 26,32
18	40 5 0,01756 2,500 0,08410 59.984 5.045 287.308 0,90607 1.380.952 23,02
19	45 5 0,02209 2,500 0,10466 54.939 5.750 260.321 0,88211 1.093.644 19,91
20	50 5 0,02842 2,500 0,13266 49.189 6.526 229.633 0,84815 833.323 16,94
21	55 5 0,03811 2,500 0,17397 42.664 7.422 194.764 0,80047 603.689 14,15
22	60 5 0,05210 2,500 0,23047 35.242 8.122 155.904 0,74008 408.925 11,60
23	65 5 0,07009 2,500 0,29819 27.120 8.087 115.381 0,65803 253.021 9,33
24	70 5 0,10137 2,500 0,40436 19.033 7.696 75.924 0,54121 137.640 7,23
25	75 5 0,15179 2,500 0,55018 11.337 6.237 41.090 0,33420 61.716 5,44
26	80 + 0,24724 4,045 1,00000 5.099 5.099 20.626 20.626 4,04
27	

APÊNDICE 2

ARTIGO CIENTÍFICO

Do Brazilian Olympians live longer? The case of a developing country in the tropics

Short title: Longevity of Brazilian Olympians

ABSTRACT

Aim: To verify if Brazilian Olympic athletes live longer than the general population, and if there are differences between sport modalities.

Methods: This is a retrospective cohort study with secondary data analysis. Data from Brazilian athletes of both sexes, from the 7th edition (1920) to the 25th edition (1992) of the Modern Olympic Games were included. Sex, date of birth, date of death, sport competed were recorded when available. Comparisons were made between athletes vs. age-matched controls from the general population; and between sport modality (strength/power [SP] vs. endurance/mixed [EM]).

Results: Brazilian Olympic athletes were 79.75% more likely to live longer than expected for the general population. However, there were no differences between SP (69 years) vs. EM (68.6 years) athletes ($p = 0.90$).

Conclusion: Brazilian Olympic athletes live longer than the general population matched by sex and age. However, contrary to previous reports, there are no differences between athletes from different sports type.

Keywords: Athletes; Longevity; Physical activity; Sports.

What is already known?

- Elite athletes from developed countries live longer than the general population.
- The longevity advantage is often seen in endurance athletes but not in power and strength athletes.

What are the new findings?

- Brazilian Olympic athletes lived longer than the expected for the general population, which was consistent with previous studies in other countries.
- Brazilian athletes from strength/power sports do not differ from endurance/mixed athletes in terms of longevity, differing from previous studies.

- This is the first South American study that analyzed the longevity of Olympic athletes.

BACKGROUND

A dichotomous view exists between the beneficial effects of physical exercise and the risks of strenuous efforts (O'KEEFE; LAVIE; GUAZZI, 2015). Prospective studies have demonstrated that additional increases of exercise from moderate levels i.e. 3600 MET minutes/ week (KYU et al., 2016) can be beneficial for health and longevity, thus suggesting that the more the physical activity the better these outcomes (AL-MALLAH; SAKR; AL-QUNAIBET, 2018; BYBERG et al., 2009). However, other studies have identified a greater cardiac risk related to frequent strenuous efforts (ANDERSEN et al., 2013).

Athletes are a selected population who may yield insights on the associations between high levels of physical training over time and longevity. In the last two decades, an increased number of studies have addressed the question if elite athletes live longer than the general population (BARKER; HARRY; MERCER, 2018; CLARKE et al., 2015; GARATACHEA et al., 2014; LEMEZ; BAKER, 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TAKEUCHI et al., 2019; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). Thus, the survival advantage of being an Olympic athlete have been confirmed in most previous studies (CLARKE et al., 2015; GARATACHEA et al., 2014; LEMEZ; BAKER, 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TAKEUCHI et al., 2019; TERAMOTO; BUNGUM, 2010), regardless of countries and sexes.

However, it may be premature to make conclusions about the survival advantage of being an Olympic athlete in all countries since the majority of studies on this topic have been conducted with athletes from developed countries (CLARKE et al., 2015; GARATACHEA et al., 2014). In the four reviews on this topic Teramoto and Bungum (2010), Garatachea et al. (2014), Lemez; Baker (2015) and Runacres Mackintosh; McNarry (2020), all included studies that analyzed samples of Olympians from European, North American, Oceania and Asian countries such as USA, France, Italy, Belgium, Norway, Sweden, Finland, New Zealand, Netherlands, Germany, Japan, Poland and the UK. As far as we know, no study has been performed on this topic with athletes from developing countries Despite being the 12th economy in the World in 2020 (according to Austin Rating), Brazil has a lower socio-economic profile and life expectancy when compared to states from Europe and US ("Life expectancy and Healthy life expectancy

Data by country”, [s.d.]). This is an important consideration as it would be clarified if the expected advantage of being an Olympian may be influenced by the social, economic, geographical and cultural factors of Brazil when compared to developed countries.

On the other hand, it should be noted that a lower mortality ratios were observed for endurance but not for power athletes in some of these previous studies (LEMEZ; BAKER, 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). It is also unknown if this pattern may be also observed in Brazilian Olympians given the important differences in sports training methods and culture between countries. Thus, differences in longevity in terms of sport modality remains to be elucidated in developing countries with different socioeconomic and cultural contexts.

Thus, the purpose of this study were: (1) to investigate whether former Brazilian Olympic athletes live longer than a sex and age matched sample of the general population; and (2) to describe whether the sport type is related to greater longevity.

METHODS

Study Design

Retrospective cohort study of Brazilian male and female Olympic athletes.

Subjects

We used publicly available data from the Brazilian Olympic Committee (COB) website (<https://www.cob.org.br/>) to identify all the Brazilian women and men who participated, at least once, in Summer Olympic Games between 1920 (Antwerp, Belgium) and 1992 (Barcelona, Spain). The sex, date of birth, date of death, date(s) of Olympic Games participation and sports played of all the athletes were obtained from the COB website, from the book: “Atletas Olímpicos Brasileiros” (RUBIO, 2015) or internet source such as Wikipedia. We excluded from the analyses those athletes with missing date of birth (Figure 1).

No ethical approval was needed as all data was available in the scientific literature, COB site and other internet sources.

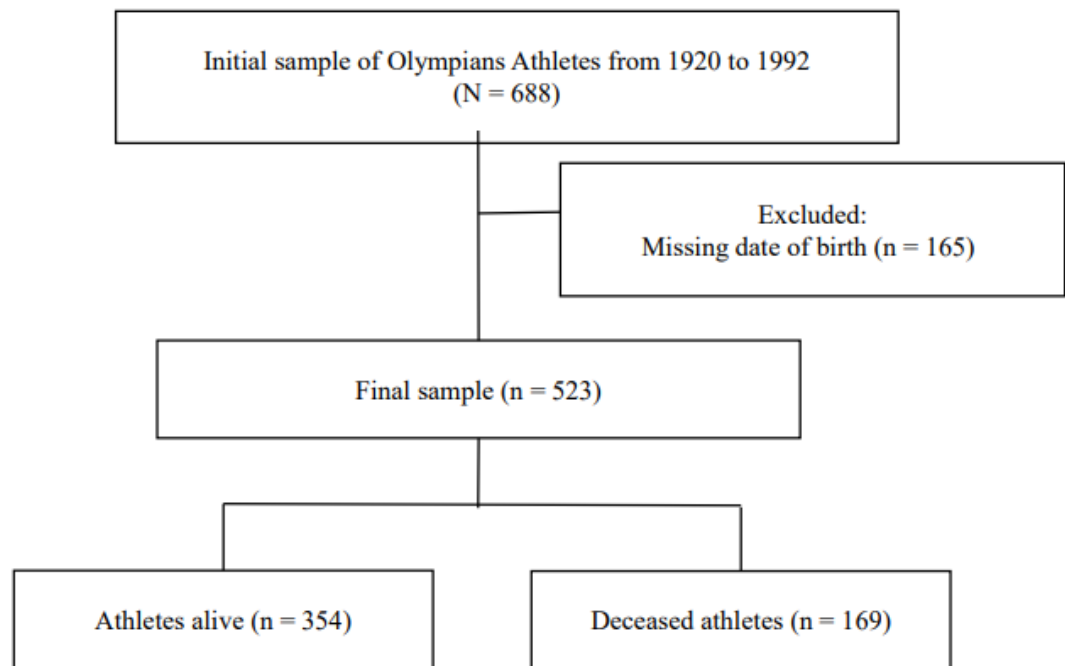


Figure 1. Study flowchart.

The data from the Brazilian population were obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) life tables (<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9490-em-2015-esperanca-de-vida-ao-nascer-era-de-75-5-anos>). In our study the athletes were matched for year of birth and age at time they participated in Olympic Games.

For sport type comparison, the athletes were categorized into two distinct groups: Strength/Power and Endurance/Mixed. The two types of sports are described in Table 1. A similar criteria had been previously used (RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020), in which Strength and Power (SP) athletes were those from predominantly anaerobic or technical sports; and Endurance and Mixed (EM) athletes were those from continuous or intermittent sports lasting ≥ 10 min.

Table 1. Types of sports and their corresponding categories.

Subgroups (n)	Sport (n)	Categories
SP (n= 227)	Swimming (31)	50m, 100m freestyle, backstroke, breaststroke, butterfly and relays
	Track and Field (58)	High jump, long jump, weightlifting, discus throw, hammer throw, 100m, 200m

	Sailing (41)	Soling, Star, Tempest and Flying Dutchman
	Judo (11)	Male: 60kg, 66kg, 73kg, 81kg, 90kg, 100kg and +100kg
	Equestrian (12)	Equestrian dressage, eventing and jumping
	Artistic gymnastics (1)	Rings, Pommel horse, Parallel bars, Fixed bars, soil, jump, asymmetric bars and balance beam
	Synchronized swimming (3)	
	Diving (5)	Individual, synchronized, 3m platform and 3m springboard
	Sport shooting (34)	Rifle, pistol and target
	Wrestling (2)	Greco-Roman, freestyle and women's fight
	Boxing (22)	Weight: rooster, light, medium, heavy
	Fencing (7)	Sword, rapier and saber
EM (n= 296)	Football (81)	Team
	Rowing (34)	Single Skiff, two without, double skiff, four without, four skiff, eight with, double skiff and lightweight
	Basketball (52)	Team
	Volleyball (38)	Team
	Tennis (5)	Single, doubles, mixed and indoor
	Modern pentathlon (6)	(Team)
	Water polo (13)	(Team)
	Cycling (14)	(BMX, road, track and mountain bike cycling)
	Cross-country (1)	
	Track and Field (22)	(Half marathon, marathon, long distance, 400m, 800m and others modalities)
	Swimming (30)	(400m, 800m, 1.500 freestyle, backstroke, breaststroke, butterfly and relays)

SP: Strength/Power sports; EM: Endurance/Mixed sports

Statistical Analysis

Data were tabulated in an Excel spreadsheet and statistical analyzes were performed using the R Software [15]. As the main interest is the years lived by the athletes (T_i), we define $T_i = F_i - N_i / 365$ as the years lived of the i -th athlete (in years), where N_i is the birth date and F_i is the death date for dead athletes; and we set $F_i = 12/31/2019$ for the living athletes, for $i = 1, \dots, n$.

For the analyses, we considered the following steps: (1) Descriptive analysis. In this step, we present the summary measures referring to the athletes' lifespan using bar

graphs and the boxplot and (2) Adjustment of a survival model. Adjusting this model allowed us to calculate, the probability of an athlete i live longer than the expected (E) for the general population.

As the database is composed of the years lived of dead and alive athletes, for the adjustment of the survival model (2), we assume that the longevity of living athletes are right-censored observations of type I (COLOSIMO; GIOLO, 2006; LOUZADA-NETO, FRANCISCO; PEREIRA, 2000). Additionally, we consider that the years lived (T_i) came from a log-normal distribution with parameters μ and σ^2 . To estimate the parameters, we considered the maximum likelihood method (CASELLA; BERGER, 2018).

For comparison lifespan of Olympic athletes and general population we present two approaches:

- (1) Let E_i be the life expectancy of the population in the year in which the i -th athlete competed in an Olympiad for the first time and I_i the age at which the athlete competed in an Olympiad for the first time, for $i = 1, \dots, n$. Then, we calculate the probability of the i -th athlete to have T_i greater than the life expectancy E_i given the information that the lifetime of this athlete is greater than the age I_i , for $i = 1, \dots, n$. That is, we were interested in the value of the following conditional probability $P(T_i > E_i | T_i > I_i) = \frac{S(E_i)}{S(I_i)}$ (1) where, $S(\cdot)$ is the survival function of the Log-normal model, for $i = 1, \dots, n$.

The following interpretation was proposed regarding the probability (P) that the athletes live longer than the expected for the general population: Inconclusive ($P = 0.50$ 0.55), Weak ($P = 0.55$ 0.65), Moderate ($P = 0.65$ 0.75), Strong ($P = 0.75$ 0.85) and Very Strong ($P \geq 0.85$).

- (2) Using the adjusted model, we calculate the expected lifetime, (T_i), for each of the 1 athletes, for $i = 1, \dots, n$. From the adjusted model $S(t)$, the expected lifetime is given by the following expression $(T_i) = A_t / S(I_i)$, where $A_t = \exp(\mu + \sigma^2 / 2)$, for $i = 1, \dots, n$. Then, we compare the expected lifetime values with the recorded lifetimes by applying a t-Student test.

In order to compare the average lifetime of athletes from SP and EM sports, a Chi Squared test was applied. The alpha level for statistical significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS

A total of 523 (465 men) Olympian athletes were included in this study. A total of 169 have died (32.31%; 161 men) and 354 were alive (67.69%; 304 men) in December,

31th, 2019 (the study's end point). Figure 2 shows the boxplot of the lifetimes of deceased and alive athletes. Among the deceased athletes, the shortest lifetime recorded was 28 years and the longest was 104 years, with a median lifetime of 73 years, ranging from 50y (1stQuartile) to 82y (3rdQuartile). Among the living athletes, the shortest and longest lifespans were 46 and 100 years, respectively with a median lifetime of 65 years, ranging from 57y (1stQuartile) to 80y (3rdQuartile). The median lifetime of dead female athletes was greater than that of male athletes. For living athletes, the median lifetime of male athletes was significantly greater than that of the female athletes.

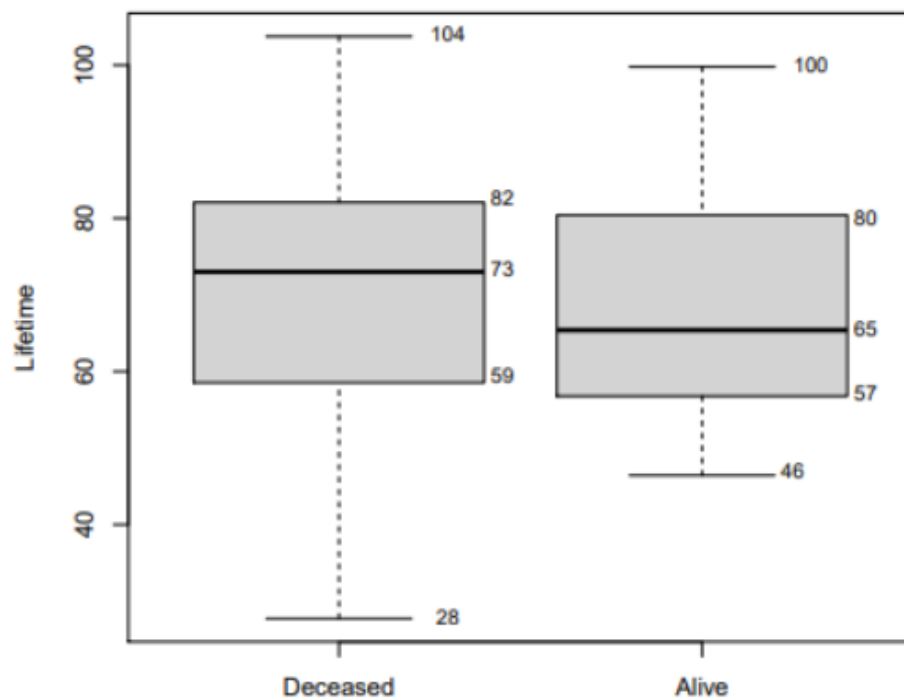


Figure 2: Boxplot of the athletes' lifespan.

Olympic Athletes vs general population

Figure 3 shows the Kaplan-Meier estimates (bold line) and the Log-normal model survival function (blue line) for the parameters $\mu = 4.2956$ and $\sigma = 0.2310$, illustrating the probability of the Brazilian Olympians athletes to live longer in comparison with the expected survival of the general population. From Equation 1, the mean probability of an Olympic athlete to live longer than expected is 0.797 ± 0.06 (lowest probability: 0.5437 and highest probability: 0.8982).

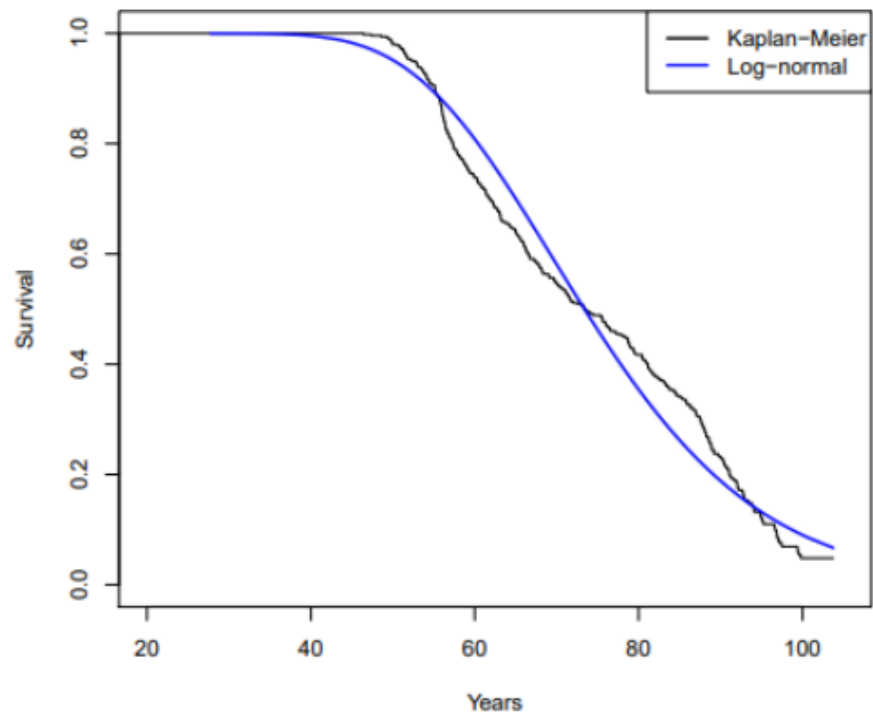


Figure 3: Observed and expected survival curves of Brazilian Olympic athletes according to the life expectancy of the general population.

Figure 4 shows the values of (T_i) (bold line) and the life expectancy of the general population when the i -th athlete participated in his first Olympiad (red line). The expected lifetime of the 523 athletes were longer than life expectancy of the general population.

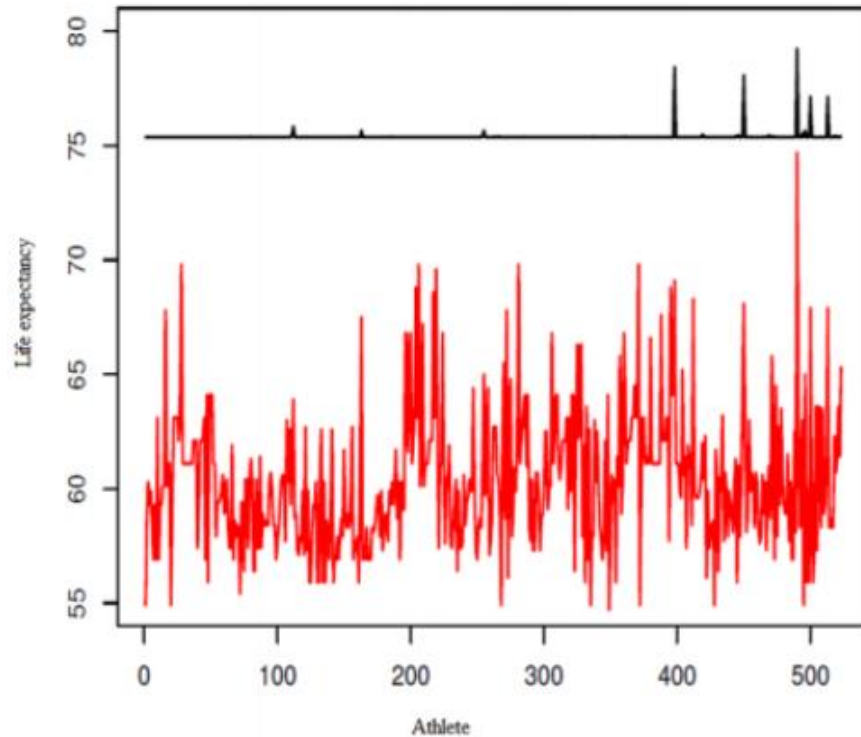


Figure 4: Observed and expected lifespan for Brazilian Olympic Athletes.

Strength/Power (SP) vs Endurance/Mixed (EM) average lifetime

For living athletes, the average lifespan of SP and EM was 69.05 and 68.56 years, respectively. For deceased athletes, the average lifespan was 71.64 years for the SP group, and 68.28 years for EM groups. Figure 5 shows the Kaplan-Meier curves for athletes' lifespan according to the type of sport. There was no difference between SP and EM lifespans (Chi-square test; $p = 0.9$).

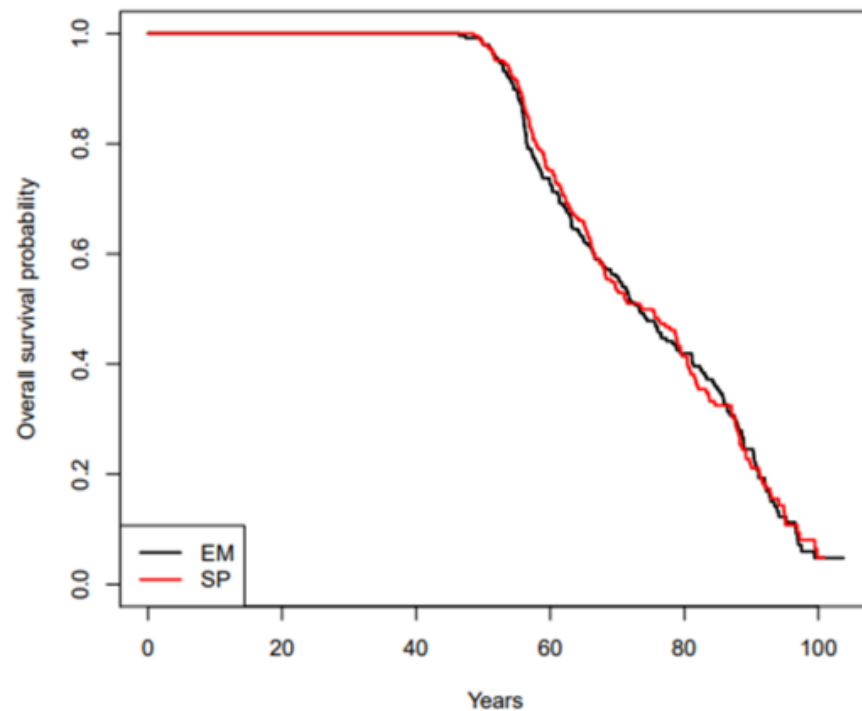


Figure 5: Kaplan-Meier survival curves of Olympic Athletes from Strength and Power Sports (SP) relative to Endurance and Mixed Sports (EM).

DISCUSSION

This study is the first to investigate longevity among Brazilian athletes. The results suggest that the Brazilian Olympic athletes live longer than the expected for the general population with a probability of 79%. Additionally, in our sample, the longevity of SP athletes was not significantly different to that of the EM athletes as previously reported in studies from developed countries.

Athletes versus the general population

Our findings confirm previous reports that elite athletes live longer than the general population (CLARKE et al., 2015; COATE; SUN, 2013; GAJEWSKI; POZNAŃSKA, 2008; GARATACHEA et al., 2014; LEMEZ; BAKER, 2015; ONGE; ROGERS; KRUEGER, 2008; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). Specifically, two previous studies (CLARKE et al., 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020) provide strong evidence on the greater longevity of Olympic athletes compared to the general population. Clarke et al. (2015) examined 15,174 Olympic medalists from 9 developed countries and showed that athletes lived ~2.8 years longer than the general population. In a recent meta-analysis

including nearly 165,000 former elite athletes of both sexes from different sport types, Runacres et al. (2020) confirm the current knowledge while refuting the 'J' shape hypothesis for vigorous exercise and mortality by showing a greater longevity for the athletes when compared to the general population.

To achieve the Olympic status, an athlete invest many years of physical training thus it is expected that some physiological mechanisms associated to cardiovascular, neuromuscular and immune systems triggered by systematic vigorous physical exercise may influence physical and psychological health and, consequently, increase longevity by decelerating the aging process (GREMEAUX et al., 2012). For instance, maximum oxygen consumption ($VO_2\text{max}$) during adulthood has been previously associated to lower mortality rates probably because the higher starting point of those individuals with higher $VO_2\text{max}$ values during their young ages may allow a greater health and functional capacity when they become elderly (GREMEAUX et al., 2012).

Unfortunately, we could not record the cause of death from most athletes of the current sample. The reduction in mortality from chronic non-communicable diseases may be the main explanatory factor for the greater longevity of Olympians observed in our study, in accordance with the recent findings from 8,124 US athletes (ANTERO et al., 2020). Thus, Antero et al. (2020) showed that the longevity advantage for US athletes compared to the general population was primarily attributed to the lower risk of death from cardiovascular diseases followed by cancer, respiratory diseases, external causes, endocrine and metabolic diseases, and digestive system diseases. However, mortality rates due to nervous system disorders and mental illnesses were not different from the general population (ANTERO et al., 2020).

When we consider the epidemiological transition that Brazil experienced after the 30s, with important changes in the mortality profile after moving from infectious diseases to non-communicable diseases as the main causes of death (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE., 2005; SILVA JUNIOR JB, GOMES FBC, CEZÁRIO AC, 2003), we may suggest that the deaths in our sample were mainly debt to non-communicable diseases and senility, as most Olympians died after 1980.

It is noteworthy that the positive effects of vigorous systematic exercise are reversible after a period of detraining depending on physiological adaptations with different rates of decline (LAMBERT, 2016). In this regard, little is known about the potential "legacy" effect of systematic vigorous exercise during young adulthood on the morbidity and mortality of athletes after retirement. Most studies having longevity as

outcome did not assess lifestyle habits after athletic careers (ANTERO-JACQUEMIN et al., 2015; CLARKE et al., 2015; TERAMOTO; BUNGUM, 2010) thus, the question on how much exercise and its characteristics before retirement do influence athletes' longevity remains largely unknown as part of this outcome may be debt to positive behavioral facets of lifestyle after retirement.

Previously, it was reported that former athletes who adopted a sedentary lifestyle increased the risk of developing chronic diseases such as diabetes and cardiovascular disease (WITKOWSKI; SPANGENBURG, 2008). On the other hand, former athletes with a physically active lifestyle after retirement have better body composition and lower risk for cardiovascular disease, metabolic syndrome and non-alcoholic fatty liver disease (KUJALA et al., 2001; LAINE et al., 2015; LYNCH et al., 2007; ZACCAGNI; ONISTO; GUALDI-RUSSO, 2009). These findings highlight the impact of athletes' post-retirement lifestyle on morbidity and mortality. However, longevity also has other environmental (e.g. access to health services, nutrition and wealth) and genetic (CLARKE et al., 2015; KONING; AMELINK, 2012) components. Thus, we cannot exclude the hypothesis that our athletes are part of a selected group of individuals genetically predisposed to live longer. However, this hypothesis has not been confirmed (GÓMEZ-GALLEGO et al., 2010). Meanwhile, the expected negative effect of being a citizen of a developing country on the aforementioned environmental factors does not seem to play a role as we had hypothesized.

Strength/Power versus Endurance/Mixed Athletes

Interestingly, there was no statistically significant difference in longevity between SP and EM groups, which is a different outcome from previous studies (CLARKE et al., 2015; KELLER, 2019; LEE-HEIDENREICH; LEE-HEIDENREICH; MYERS, 2017; LEMEZ; BAKER, 2015; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; TERAMOTO; BUNGUM, 2010). The literature has shown more frequently a greater longevity for endurance athletes (e.g., marathon runners, cyclists), with gains of 4 to 8 years of lifespan when compared to the general population (CLARKE et al., 2015; KUJALA et al., 2001; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020; SANCHIS-GOMAR et al., 2011). However, other previous evidence (ANTERO et al., 2020), have not confirmed differences between sports types except for some specific sports (i.e. fencing, shooting) with similar risk of death than the general population.

Some explanations for the greater survival of EM have been previously suggested, including more vigorous physical activity levels (KUJALA et al., 2001; LAINE et al., 2015); a higher proportion of slow-twitch fibers conferring metabolic and cardiovascular protection (KUJALA et al., 2001; TERAMOTO; BUNGUM, 2010); and a higher aerobic fitness associated to lower risk of several cardiovascular, inflammatory and pulmonary diseases (LEMEZ; BAKER, 2015; TERAMOTO; BUNGUM, 2010), and some types of cancer (HÅLLMARKER et al., 2015).

Meanwhile, SP athletes tend to have higher body mass and body mass index (BMI), both factors independently associated with mortality (LEE-HEIDENREICH; LEE-HEIDENREICH; MYERS, 2017; LEMEZ; BAKER, 2015). Furthermore, the use of anabolic steroids is more frequent in SP athletes (LINDQVIST et al., 2014; PÄRSSINEN M et al., 2000), therefore making them more vulnerable to cardiovascular, liver diseases (SJÖQVIST; GARLE; RANE, 2008) and depression (FUDALA et al., 2003). Thus, it would be speculated that, in our sample, some of these factors have not exerted their influence.

Alternatively, the low number of athletes and the limited statistical power of our study would not allow other comparisons between SP and EM (RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020). Moreover, the differences between studies for sport type classification also deserve consideration. For example, the study by Kujala et al. (2001) assigned endurance runners and cross country skiers to the “endurance” athlete group; sprinters, weightlifters and track and field throwers were assigned to the “power/speed” group; while a third group named “other” comprised soccer, ice hockey, basketball players, boxers, wrestlers, and other track and field subdisciplines. Meanwhile, in our study, we grouped endurance and team sport athletes into the EM group, thus including athletes from different sports with diverse aerobic fitness levels. This is an important aspect that should be considered when comparing studies on this topic. We decided to create only two groups with apparently different metabolic demands because of the reduced sample available for comparisons. In this regard, when assigning volleyball athletes (n=38) to the SP group because of the reduced levels of intense activity during matches, the non-significant difference between groups was maintained thus confirming the consistency of our criteria.

Interestingly, the study by Lee-Heidenreich et al. (2017) including the top 20 former male and female Olympic high jumpers, discus throwers, marathon and 100-m runners showed that life-expectancy of high-jumpers and marathon runners was longer

than that of throwers and sprinters, which may be explained by the lower body mass of the first group. These finding suggests that differences in athletes' longevity can be attributed to other factors (e.g. body mass) different to the metabolic profile of the sport. Further studies should verify the relative effect of different facets of physical fitness including aerobic fitness and body composition.

Strengths and limitations

This is the first study to assess the longevity of Brazilian Olympic athletes. However, some limitations should be highlighted: (1) We were unable to find information about the date of death of some athletes. Thus, 165 athletes were finally excluded from our sample, which may have implied less statistical power. However, most previous studies have exhibited similar limitations (ANTERO et al., 2020; CLARKE et al., 2015) although in our study these 165 would represent 23.98% of the total sample. (2) Since socioeconomic characteristics of most Brazilian athletes were not available, we did not control our analysis for these factors. However, as Brazilian Olympics have a similar ethnic and social profile when compared to the general population, we may disregard this potential influence. In contrast, this may represent an important difference with other studies with diverse socioeconomic characteristics of samples from developed countries. (3) Given the low representation of female athletes in this study when compared to previous studies (GARATACHEA et al., 2014; RUNACRES; MACKINTOSH; MCNARRY, 2020), the analysis were not performed by sex. Following Antero-Jacquemin et al. (2015) who assume that male and female elite athletes share common determinants for greater longevity, this may not represent a limitation.

CONCLUSION

Brazilian Olympic athletes live longer than the general population matched for sex and age. However, there are no differences in longevity between athletes from strength and power sports when compared to those from endurance and mixed sports.

Acknowledgments: The source of these data (IBGE, COB) and Dr. Kátia Rubio (autor of the book *Atletas Olímpicos Brasileiros*). The Olympians. Federal University of Mato Grosso do Sul, and the PENSARE study group (Research on Exercise and Nutrition in Health and Sports Performance).

Author Contributions: AOS and ADFCC participated in the data collection, conception and writing of the manuscript. EVPS and MVPS participated in the conception, analysis and revision of the manuscript. DB and CFCR participated in the conception, writing and review of the manuscript. All authors approved the final manuscript.

Funding: None declared.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interest.

Patient consent for publication: not applicable.

Data sharing statement: not applicable.

Patient and Public Involvement: not applicable.

REFERENCES

- AL-MALLAH, M. H.; SAKR, S.; AL-QUNAIBET, A. Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Disease Prevention: an Update. **Current Atherosclerosis Reports**, v. 20, n. 1, 2018.
- ALBUQUERQUE, F. R. P. DE C.; SENNA, J. R. X. **Tábuas de Mortalidade por sexo e grupos de idade – Grandes Regiões e Unidades da Federação - 1980 , 1991 e 2000.** [s.l: s.n.].
- ANDERSEN, K. et al. Risk of arrhythmias in 52 755 long-distance cross-country skiers: A cohort study. **European Heart Journal**, v. 34, n. 47, p. 3624–3631, 2013.
- ANTERO-JACQUEMIN, J. et al. Mortality in Female and Male French Olympians: A 1948-2013 Cohort Study. **American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 6, p. 1505–1512, 2015.
- ANTERO, J. et al. Female and male US Olympic athletes live 5 years longer than their general population counterparts : a study of 8124 former US Olympians. p. 1–8, 2020.
- BÄCKMAND, H. et al. Former athletes' health-Related lifestyle behaviours and self-rated health in late adulthood. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 10, 2010.
- BARATA, T. **Atividade Física e Medicina Moderna.** [s.l: s.n.].
- BARKER, L. A.; HARRY, J. R.; MERCER, J. A. Relationships between countermovement jump ground reaction forces and jump height, reactive strength index, and jump time. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 1, p. 248, 1 jan. 2018.
- BLAIR, S. N. et al. Physical Fitness and All-Cause Mortality: A Prospective Study of Healthy Men and Women. **JAMA: The Journal of the American Medical**

Association, v. 262, n. 17, 1989.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. A vigilância , o controle e a prevenção das doenças crônicas não transmissíveis: DCNT no contexto do Sistema Único de Saúde Brasileiro - Situação e Desafios Atuais. **Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde**, p. 80, 2005.

BRENNER, H.; ARNDT, V. Long-term survival rates of patients with prostate cancer in the prostate-specific antigen screening era: Population-based estimates for the year 2000 by period analysis. **Journal of Clinical Oncology**, v. 23, n. 3, 2005.

BYBERG, L. et al. Total mortality after changes in leisure time physical activity in 50 year old men: 35 Year follow-up of population based cohort. **BMJ (Online)**, v. 338, n. 7700, p. 936, 2009.

CARL J. CASPERSEN; KENNETH E. POWELL; GREGORY M. CHRISTENSON. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research Synopsis. **Public Health Reports**, v. 100, n. April, 1985.

CASELLA, G.; BERGER, R. L. **Statistical inference Second Edition**. [s.l: s.n.].

CLARKE, P. M. et al. Survival of the fittest : retrospective cohort study of the longevity of Olympic medallists in the modern era. p. 898–902, 2015.

COATE, D.; SUN, R. Survival estimates for elite male and female Olympic athletes and tennis championship competitors. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 6, p. 722–727, 2013.

COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. **Análise de Sobrevida Aplicada**. 1ª edição ed. São Paulo: [s.n.].

COSTA ROSA, L. F. P. B.; VAISBERG, M. W. Influências do exercício na resposta imune. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 4, p. 167–172, ago. 2002.

CURRY, L. A.; WAGMAN, D. F. Qualitative description of the prevalence and use of anabolic androgenic steroids by United States powerlifters. **Perceptual and Motor Skills**, v. 88, n. 1, 1999.

DE SOUZA JUNIOR, T. P.; PEREIRA, B. **Conceitos fisiológicos do treinamento físico-esportivo: Estresse, homeostase e alostase** *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 2008.

DONNELLY, J. E. et al. **Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2016.

Em 2015, esperança de vida ao nascer era de 75,5 anos | Agência de Notícias |

- IBGE**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9490-em-2015-esperanca-de-vida-ao-nascer-era-de-75-5-anos>>. Acesso em: 3 set. 2021.
- FOGELHOLM, M.; KAPRIO, J.; SARNA, S. Healthy lifestyles of former finnish world class athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 2, 1994.
- FUDALA, P. J. et al. An Evaluation of Anabolic-Androgenic Steroid Abusers Over a Period of 1 Year: Seven Case Studies. **Annals of Clinical Psychiatry**, v. 15, n. 2, p. 121–130, 2003.
- GAJEWSKI, A. K.; POZNAŃSKA, A. Mortality of top athletes, actors and clergy in Poland: 1924-2000 follow-up study of the long term effect of physical activity. **European Journal of Epidemiology**, v. 23, n. 5, p. 335–340, 2008.
- GARATACHEA, N. et al. Elite Athletes Live Longer Than the General. **Mayo Clinic Proceedings**, p. 1–6, 2014.
- GARBER, C. E. et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, 2011.
- GÓMEZ-GALLEGO, F. et al. Are elite endurance athletes genetically predisposed to lower disease risk? **Physiological Genomics**, v. 41, n. 1, p. 82–90, 2010.
- GRANGER, E. et al. **A systematic review of the relationship of physical activity and health status in adolescents** *European journal of public health*, 2017.
- GREMEAUX, V. et al. Exercise and longevity. **Maturitas**, v. 73, n. 4, p. 312–317, 2012.
- GUALANO, B.; TINUCCI, T. Sedentarismo, exercício físico e doenças crônicas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, n. spe, 2011.
- HÅLLMARKER, U. et al. Cancer incidence in participants in a long-distance ski race (Vasaloppet, Sweden) compared to the background population. **European Journal of Cancer**, v. 51, n. 4, p. 558–568, 2015.
- HAWTON, K.; VAN HEERINGEN, K. Suicide. **The Lancet**, v. 373, n. 9672, p. 1372–1381, 2009.
- HEINONEN, I. et al. **Organ-specific physiological responses to acute physical exercise and long-term training in humans** *Physiology*, 2014.
- HILLS, A. P.; STREET, S. J.; BYRNE, N. M. Physical Activity and Health: “What is Old is New Again”. In: **Advances in Food and Nutrition Research**. [s.l: s.n.]. v. 75.

- KELLER, K. Life Expectancy of Olympic Wrestling Champions in Comparison to the General Population. **Journal of Community Health**, v. 44, n. 1, p. 61–67, 2019.
- KETTUNEN, J. A. et al. All-cause and disease-specific mortality among male, former elite athletes: An average 50-year follow-up. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 13, 2015.
- KONING, R. H.; AMELINK, R. Medium-term Mortality of Dutch Professional Soccer Players. **Economic and Labour Relations Review**, v. 23, n. 2, p. 55–68, 2012.
- KUJALA, U. M. et al. **Disease-specific mortality among elite athletes [6]** **Journal of the American Medical Association**, 2001.
- KUJALA, U. M. Essay: Does training adversely affect long-term health? **Lancet**, v. 366, n. SUPPL. 1, 2005.
- KUSY, K.; ZIELIN, J. Sprinters versus Long-distance Runners : How to Grow Old Healthy. p. 57–64, 2015.
- KYU, H. H. et al. **Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: Systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013** **BMJ (Online)**, 2016.
- LAINE, M. K. et al. A former career as a male elite athlete - Does it protect against type 2 diabetes in later life? **Diabetologia**, v. 57, n. 2, 2014.
- LAINE, M. K. et al. Former male elite athletes have better metabolic health in late. p. 1–7, 2015.
- LAINE, M. K. et al. Former male elite athletes have better metabolic health in late life than their controls. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 26, n. 3, 2016.
- LAMBERT, M. I. General adaptations to exercise: Acute versus chronic and strength versus endurance training. In: **Exercise and Human Reproduction: Induced Fertility Disorders and Possible Therapies**. [s.l.: s.n.].
- LEE-HEIDENREICH, J.; LEE-HEIDENREICH, D.; MYERS, J. Differences in life expectancy between olympic high jumpers , discus throwers , marathon and 100 meter runners. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, p. 4–9, 2017.
- LEE, M.; HSIEH, C. C.; PAFFENBARGER, R. S. Exercise Intensity and Longevity in Men: The Harvard Alumni Health Study. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, v. 273, n. 15, 1995.
- LEE, S. J. et al. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction

on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys a randomized, controlled trial. **Diabetes**, v. 61, n. 11, 2012.

LEMEZ, S.; BAKER, J. Do Elite Athletes Live Longer ? A Systematic Review of Mortality and Longevity in Elite Athletes. **Sports Medicine - Open**, p. 1–14, 2015.

Life expectancy and Healthy life expectancy Data by country. Disponível em: <https://apps.who.int/gho/athena/data/GHO/WHOSIS_000001,WHOSIS_000015,WHOSIS_000002,WHOSIS_000007.html?profile=ztable&filter=COUNTRY:*>. Acesso em: 3 set. 2021.

LINDQVIST, A. et al. Increased mortality rate and suicide in Swedish former elite male athletes in power sports. p. 1000–1005, 2014.

LOPES, C. R. Análise das Capacidades de Resistência, Força e Velocidade na Periodização de Modalidades Intermitentes. 2005.

LOUZADA-NETO, FRANCISCO; PEREIRA, B. DE B. Modelos em análise de sobrevivência. **Cad. saúde colet**, n. 1, p. 9–26, 2000.

LYNCH, N. A. et al. Older elite football players have reduced cardiac and osteoporosis risk factors. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 7, p. 1124–1130, 2007.

MAGALHÃES, F. C. et al. Hipertrofia cardíaca induzida pelo treinamento físico: eventos moleculares e celulares que modificam o fenótipo. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 7, n. 1, 2008.

MARON, B. J.; THOMPSON, P. D. **Longevity in elite athletes: the first 4-min milers**The Lancet, 2018.

MATSUDO, V. K. et al. Dislipidemias e a promoção da atividade física: uma revisão na perspectiva de mensagens de inclusão. **Rev. bras. ciênc. mov**, 2005.

MCHUGH, C. et al. **A career in sport does not eliminate risk of cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of the cardiovascular health of field-based athletes**Journal of Science and Medicine in Sport, 2020.

MELEKOĞLU, T. et al. The Effects of a Physically Active Lifestyle on the Health of Former Professional Football Players. **Sports**, v. 7, n. 4, 2019.

O'KEEFE, J. H.; LAVIE, C. J.; GUAZZI, M. Part 1: Potential Dangers of Extreme Endurance Exercise: How Much Is Too Much? Part 2: Screening of School-Age Athletes. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 57, n. 4, p. 396–405, 2015.

ONGE, J. M. S.; ROGERS, R. G.; KRUEGER, P. M. Major league baseball players' life expectancies. **Social Science Quarterly**, v. 89, n. 3, p. 817–830, 2008.

OWEN, N. et al. Too much sitting: The population health science of sedentary behavior. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 38, n. 3, 2010.

PAFFENBARGER, R. S. Contributions of epidemiology to exercise science and cardiovascular health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 5, 1988.

PARKINSON, A. B.; EVANS, N. A. Anabolic androgenic steroids: A survey of 500 users. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 4, 2006.

PÄRSSINEN M et al. The Effect of Su-praphysiological Doses of Anabolic Androgenic Steroids on Collagen Metabolism. **Int J Sports Med**, v. 21, p. 406–411, 2000.

PEREIRA, S. D. Conceitos e Definições da Saúde e Epidemiologia. **Centro de Vigilância Sanitária**, p. São Paulo, 2004.

PERK, J. et al. **European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012)** *European Heart Journal*, 2012.

PRITCHETT, A. M. et al. Left atrial volume as an index of left atrial size: A population-based study. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 41, n. 6, 2003.

Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047 | Agência de Notícias | IBGE. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047>>. Acesso em: 8 set. 2021.

QUIÑONES, M. A. et al. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. **Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography**, v. 15, n. 2, 2002.

R, T. **R Core Team (2020)**. Disponível em: <<http://www.r-project.org/index.html>>.

RAMPININI, E. et al. Variation in top level soccer match performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 12, 2007.

REIMERS, C. D.; KNAPP, G.; REIMERS, A. K. **Does physical activity increase life expectancy? A review of the literature** *Journal of Aging Research*, 2012.

RUBIO, K. **Atletas Olímpicos Brasileiros**. 1ª Edição ed. São Paulo: SESI-SP, 2015.

RUNACRES, A.; MACKINTOSH, K. A.; MCNARRY, M. A. Health Consequences of an Elite Sporting Career : Long - Term Detriment or Long - Term Gain ? A Meta - Analysis of 165 , 000 Former Athletes. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2020.

- SALTIN, B.; GRIMBY, G. Physiological analysis of middle-aged and old former athletes. Comparison with still active athletes of the same ages. **Circulation**, v. 38, n. 6, 1968.
- SANCHIS-GOMAR, F. et al. Increased average longevity among the Tour de France cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 8, p. 644–647, 2011.
- SARNA, S. et al. Increased life expectancy of world class male athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 25, n. 2, p. 237–44, fev. 1993.
- SCHNOHR, P. LONGEVITY AND CAUSES OF DEATH IN MALE ATHLETIC CHAMPIONS. **The Lancet**, v. 298, n. 7738, 1971.
- SHIN, C. N.; LEE, Y. S.; BELYEA, M. Physical activity, benefits, and barriers across the aging continuum. **Applied Nursing Research**, v. 44, 2018.
- SILVA JUNIOR JB, GOMES FBC, CEZÁRIO AC, M. L. Doenças e agravos não transmissíveis: bases epidemiológicas. **Rouquayrol MZ, Almeida Filho N. Epidemiologia & saúde. 6ª ed. Rio de Janeiro: Medsi**, p. 289–311, 2003.
- SILVERMAN, M. N.; DEUSTER, P. A. **Biological mechanisms underlying the role of physical fitness in health and resilience**Interface Focus, 2014.
- SJÖQVIST, F.; GARLE, M.; RANE, A. **Use of doping agents, particularly anabolic steroids, in sports and society**The Lancet, 2008.
- SKINNER, J. S. **Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases. 3ª ed.** [s.l.] Lippincott Williams & Wilkins, 1987.
- STOCKWELL, E. G.; SHRYOCK, H. S.; SIEGEL, J. S. The Methods and Materials of Demography. **Demography**, v. 10, n. 1, 1973.
- TAKEUCHI, T. et al. Mortality of Japanese Olympic athletes: 1952-2017 cohort study. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 5, n. 1, p. 1–7, 2019.
- TEICHOLZ, L.; KREULEN, T.; HERMAN, M. ET AL. Problems in echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. **Am J Cardiol**, v. 37, n. January, p. 7–11, 1976.
- TERAMOTO, M.; BUNGUM, T. J. Mortality and longevity of elite athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 4, p. 410–416, 2010.
- THIBLIN, I.; PETERSSON, A. **Pharmacoepidemiology of anabolic androgenic steroids: A review**Fundamental and Clinical Pharmacology, 2005.
- U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report 2008. **Washington DC US**, v. 67, n. 2, 2008.
- VAN DER WALL, E. E. **A longer life at the top of Mount Olympus?**Netherlands

Heart Journal, 2016.

VIÑA, J. et al. **Exercise: The lifelong supplement for healthy ageing and slowing down the onset of frailty***Journal of Physiology*, 2016.

WANIGATUNGA, A. A. et al. Association of Total Daily Physical Activity and Fragmented Physical Activity with Mortality in Older Adults. **JAMA Network Open**, v. 2, n. 10, 2019.

WARBURTON, D. E. R.; BREDIN, S. S. D. **Reflections on Physical Activity and Health: What Should We Recommend?***Canadian Journal of Cardiology*, 2016.

WHO. **Obesity : Preventing and managing the global epidemic. World Health Organization: Technical Report Series**WHO Technical Report Series, no. 894., 2000.

WHO. **Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IG.** [s.l: s.n.].

WHYTE, L. J.; GILL, J. M. R.; CATHCART, A. J. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 59, n. 10, 2010.

WILLIAMS, M. A. et al. **Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: A scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism***Circulation*, 2007.

WITKOWSKI, S.; SPANGENBURG, E. E. Reduced physical activity and the retired athlete: a dangerous combination? **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 12, p. 952–953, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Envelhecimento ativo: uma política de saúde. p. 62, 2005.

ZACCAGNI, L.; ONISTO, N.; GUALDI-RUSSO, E. Biological characteristics and ageing in former elite volleyball players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 6, p. 667–672, 2009.

APÊNDICE 3 - CONFIRMAÇÃO DA SUBMISSÃO

 Review

Submission Confirmation

Print

Thank you for your submission

Submitted to
BMJ Open Sport & Exercise Medicine

Manuscript ID
bmjsem-2021-001238

Title
Do Brazilian Olympians live longer? The case of a developing country in the tropics

Authors
Soloaga, Aline
Cruz, Arthur
Spreafico, Elen
Spreafico, Marcos
Boullosa, Daniel
Coelho-Ravagnani, Christianne

Date Submitted
06-Oct-2021

Author Dashboard