

# ANÁLISE DOS MARCADORES DE ESTRESSE OXIDATIVO EM CORREDORES

*Data de submissão: 08/09/2023*

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Nielson Dias Carvalho**

Universidade Estadual do Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/7695036865958232>  
Fortaleza – Ceará

### **Luis Felipe Nunes de Oliveira**

Universidade Estadual do Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/6888952478812062>

### **Elayne Cristina Matias Nóbrega**

Universidade Estadual do Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/4280865066794759>

### **Ana Karla Felipe da Silva**

Universidade Estadual do Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/5747076877771953>

### **Adriano César Carneiro Loureiro**

Universidade Estadual do Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/0938484008507053>

gerar um declínio no desempenho esportivo resultando em uma fadiga sistêmica que pode gerar a interrupção da prática. Há evidências que a produção de EROs são essenciais para diversas funções orgânica fundamentais tais como a transcrição gênica, demonstrando que uma produção adequada de espécies reativas é benéfica para o organismo. Em atletas corredores, pode ocorrer uma queda no rendimento durante a prova devido à distância percorrida, pois, pode ocorrer um maior desgaste ocasionado por EROs. Diante disso, foi realizado uma revisão bibliográfica buscando estudos relacionados com o tema para discussão, afim de proporcionar um aprofundamento do assunto. Foram incluídos trabalhos no período de 2015 a 2023, priorizando estudos mais recentes para melhor orientação sobre o tema apresentado. Sendo assim esta revisão tem o objetivo de expor sobre a produção de espécies reativas de oxigênio em corredores com o intuito de observar o aumento e possíveis danos dessas moléculas na modalidade. Portanto foi percebido que o exercício de corrida proporciona uma maior demanda energética resultando em uma maior necessidade de consumo de oxigênio e, conseqüentemente, produção de EROs,

**RESUMO:** A prática de exercício físico promove inúmeras alterações e adaptações ao organismo. Estas podem variar de acordo com o tipo de exercício, pois, as demandas energéticas são diferentes. Esses exercícios pode estimular a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), moléculas que em excesso causam danos celulares e estresse oxidativo. Estas podem

moléculas danosas as células e podendo causar fadiga muscular e interrupção do exercício.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atletas. Corrida. Estresse oxidativo. Maratona. Exercício Aeróbio.

## ANALYSIS OF OXIDATIVE STRESS MARKERS IN RUNNERS

**ABSTRACT:** The practice of physical exercise promotes numerous changes and adaptations to the body. These may vary according to the type of exercise, as the energy demands are different. These exercises can stimulate the production of reactive oxygen species (ROS), molecules that in excess cause cellular damage and oxidative stress. These can generate a decline in sports performance resulting in systemic fatigue that can lead to interruption of practice. There is evidence that the production of ROS is essential for several fundamental organic functions such as gene transcription, demonstrating that an adequate production of reactive species is beneficial for the organism. In runner athletes, there may be a drop in performance during the race due to the distance covered, as there may be greater wear and tear caused by ROS. Therefore, a bibliographical review was carried out searching for studies related to the topic for discussion, in order to provide a deeper understanding of the subject. Papers from 2015 to 2023 were included, prioritizing more recent studies for better guidance on the topic presented. Therefore, this review aims to explain the production of reactive oxygen species in corridors with the aim of observing the increase and possible damage of these molecules in the sport. Therefore, it was noticed that running exercise provides a greater energy demand resulting in a greater need for oxygen consumption and, consequently, production of ROS, molecules that are harmful to cells and can cause muscle fatigue and interruption of exercise.

**KEYWORDS:** Athletes. Race. Oxidative stress. Marathon. Aerobic Exercise

## 1 | INTRODUÇÃO

A prática regular de exercício físico é fundamental para o controle e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. Para Knez *et al.* (2006) o exercício físico promove inúmeros benefícios à saúde do praticante, podendo reduzir e prevenir doenças crônicas como diabetes, cardiopatias e a obesidade. Além de prevenção de patologias o exercício promove adaptações fisiológicas benéficas na melhora do consumo máximo de oxigênio, do débito cardíaco, da composição corporal, na ventilação respiratória resultando na melhora da qualidade de vida (MAN; LI; XIA, 2020).

A corrida, em particular, é uma modalidade de exercício que, a cada ano, ocorre um aumento do número de participantes devido a uma maior acessibilidade da modalidade em relação ao uso de materiais para sua prática contendo distância, intensidade e duração variadas (SANT'ANA, 2021). Esse exercício possui característica aeróbia promove um aumento do débito cardíaco, da ventilação e do consumo máximo de oxigênio de oxigênio que gera a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs).

As primeiras evidências dos radicais livres datam da década de 1950 por (HARMAN, 1956). Em seu estudo foi observado que os radicais livres poderiam estar relacionados com

o envelhecimento. Anos após foi percebido que o exercício promove alterações fisiológicas e metabólicas podendo gerar um aumento de EROs. Os primeiros estudos relacionando o exercício com estresse oxidativo foi realizado por Dillard *et al.* (1978) onde foi observado que em 60 min de exercício aeróbio a 50% do  $VO_{2\text{ máx}}$  resultou no aumento do petano expirado (marcador de peroxidação lipídica).

Essas moléculas promovem o estresse oxidativo que ocorre através da produção, em excesso, de EROs em relação à capacidade antioxidante. O desequilíbrio entre pró-oxidantes e antioxidantes, em favor do primeiro, ou na baixa capacidade antioxidante é denominado estresse oxidativo (POWERS *et al.* 2020). O estresse oxidativo está associado ao desequilíbrio redox que pode causar danos no organismo, tais como a fadiga muscular e oxidação de lipídeos de membrana (PREVEDELLO; COMACHIO, 2021). De acordo com Shields *et al.* (2021) a instabilidade das espécies reativas de oxigênio causam danos nas células, no DNA, nas proteínas e em outras moléculas.

Para promover o equilíbrio redox são necessários a atividade de agentes antioxidantes, enzimáticos ou não enzimáticos, para neutralizar as espécies reativas. Os antioxidantes são fundamentais na prevenção de danos oxidativos, sendo enzimáticos (superóxido dismutase - SOD, catalase - CAT, glutathione peroxidase - GPx) e não enzimáticos (vitaminas A, C, E, flavonoides, carotenos) que proporcionam o equilíbrio redox (FLIEGER, 2021).

Portanto, está revisão bibliográfica possui a importância de analisar pesquisas relacionadas com o estresse oxidativo e a modalidade de corrida, possibilitando assim um aprofundamento do conteúdo e podendo auxiliar em diversas pesquisas futuras.

## 2 | METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza por uma revisão bibliográfica, de caráter descritivo de abordagem qualitativa com o intuito de observar, de identificar, de interpretar e de sintetizar estudos semelhantes e compará-los para um aprofundamento do tema (TOFANI *et al.* 2021). De acordo com Botelho (2011), é a elaboração de uma síntese pautada temas semelhantes para uma compreensão melhor do assunto a ser discutido.

A pesquisa dos artigos foi realizada através da base de dados Pubmed, possibilitando uma maior abrangência sobre o tema. Para busca dos artigos foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: “Estresse Oxidativo”, “Corredores”, “Maratonistas”, “Exercícios Aeróbios”, “Ultramaratona” e suas variações no inglês. Foram priorizados protocolos experimentais realizados com humanos compreendidos entre os anos de 2015-2023. Foram incluídos artigos que tivessem o tema associado com esta revisão. Foram excluídos artigos duplicados, que não tivessem associação com o tema apresentado, revisões e realizados com animais. Após o levantamento dos artigos foi realizada a leitura e discussão sobre o assunto.

### 3 | RESULTADOS

Sendo assim, após a leitura e análise dos artigos, foram selecionados 5 artigos os quais estão descritos na tabela 1.

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados	Conclusão
Mrakic-Sposta <i>et al.</i> (2015)	Analisar os mecanismos fisiológicos e metabólicos do estresse oxidativo em ultramaratonistas através de técnicas micro-invasivas.	A amostra foi composta por 46 atletas com experiência na modalidade. Foi realizado a coleta de sangue ocorreu antes, na metade e após a corrida.	Foi percebido, nos atletas participantes, que ocorreu um aumento das EROs promovendo um desequilíbrio redox e isso foi mais observado nos atletas que concluíram somente a metade da corrida.	Concluiu-se que a corrida de ultramaratona causou um prejuízo no balanço do estresse oxidativo, destacado pela superprodução de EROs
Nebl <i>et al.</i> (2019)	Investigar as alterações promovidas pelo exercício de corrida no estresse oxidativo em indivíduos com diferentes tipos de alimentação.	A amostra foi composta por 70 corredores que realizavam exercício de corrida de duas a cinco vezes por semana.	Foi possível observar que o exercício realizado pelos participantes promoveu o aumento das concentrações plasmáticas de marcadores oxidativos após o teste.	Concluiu-se que, em todos os grupos da pesquisa, o exercício físico induziu elevação do estresse oxidativo.
Souissi <i>et al.</i> (2020)	Examinar o efeito da modalidade de exercício de corrida sobre o estresse oxidativo em três modalidades de corrida diferente.	Participaram da pesquisa 13 atletas da modalidade de corrida de longa duração com experiência na modalidade.	Foi percebido que ocorreu diferença dos marcadores de estresse oxidativo na modalidade de corrida.	Concluiu-se que cada protocolo de corrida utilizado na pesquisa teve uma resposta diferente em relação ao estresse oxidativo.
Sadowska-Krępa <i>et al.</i> (2021)	Analisar se um protocolo de corrida extenuante de 12h afetaria o equilíbrio redox.	Participaram da pesquisa 10 atletas com histórico de treinamento acima de 3 anos com o protocolo de 12h de corrida.	Foi percebido que ocorreu uma perturbação no equilíbrio redox do atletas promovendo o estresse oxidativo.	Concluiu-se que uma corrida extenuante promoveu o aumento de marcadores de estresse oxidativo em corredores de meia-idade.
Guerrero <i>et al.</i> (2021)	Observar o impacto da corrida de ultramaratona em marcadores plasmáticos de estresse oxidativo.	Participaram da pesquisa 47 atletas recreacionais de ultramaratona.	Foi observado após a corrida um aumento no dano oxidativo as macromoléculas indicando níveis elevados de EROs.	Concluiu-se que ocorreu uma desregulação no equilíbrio redox dos corredores sendo mais evidente em corredores com mais de 45 anos.

Tabela 1 – Descrição dos artigos incluído na pesquisa.

### 4 | DISCUSSÃO

A modalidade de corrida é uma das práticas mais realizadas pelos indivíduos com o intuito de realizar exercício para obtenção da saúde e qualidade de vida. De acordo com

Souza *et al.* (2015) a prática regular de exercício promove uma melhora na sensibilidade à insulina, redução da quantidade de gordura corporal, dos triglicérides, do colesterol total, aumenta a capacidade aeróbia e antioxidante. Corroborando com esse estudo Gordon *et al.* (2017) relata que o exercício de corrida induz diversas adaptações fisiológicas que reagem de maneira integrada auxiliando o praticante na obtenção da melhora no rendimento esportivo e contribui para a proteção do estresse oxidativo ocasionado pelo exercício.

Durante a realização de exercício aeróbio ocorre o aumento do consumo máximo de oxigênio que possibilita um aumento de EROs e pode causar alguns danos ao organismo. Em um estudo realizado por Mrakic-Sposta *et al.* (2015) com corredores de ultramaratona de montanha, foi observado a produção de EROs e uma possível relação com o estresse oxidativo na modalidade. A distância percorrida pelos 46 atletas foi de 330 km, onde foi coletada amostras de sangue antes da corrida, na metade da corrida e depois da corrida. Foi percebido que a produção de espécies reativas de oxigênio foi aumentando gradualmente conforme aumentava a distância. Com isso foi percebido que a corrida de ultramaratona, por ser de alta resistência, resultou em uma elevada produção de EROs causando um desequilíbrio redox, promovendo o estresse oxidativo, pois houve uma queda na capacidade antioxidante total dos participantes da pesquisa. Sendo assim podemos perceber que corrida de longa duração tem a possibilidade de induzir o estresse oxidativo e uma possível queda no rendimento do atleta.

Outra pesquisa associando o exercício com estresse oxidativo foi feita por Nebl *et al.* (2019) onde se observou as alterações do exercício de corrida no estresse oxidativo e o metabolismo de indivíduos com comportamentos alimentares diferentes. Foram selecionados 70 indivíduos e separados em três grupos: indivíduos que realizavam dieta onívora, vegana e lacto-ovovegetariana. Os participantes foram submetidos a um protocolo de cicloergômetro de 20 a 30 min. A coleta de sangue foi feita antes do teste e imediatamente após o teste. Após as análises foi percebido que os atletas onívoros tiveram menor estresse oxidativo quando comparado com os outros indivíduos. Foi observado que ocorreu um aumento dos marcadores de oxidação de lipídeos dos atletas veganos e lacto-ovovegetarianos. Com isso, pudemos perceber que o exercício realizado em alta intensidade e o tipo de dieta do indivíduo pode influenciar no equilíbrio redox podendo ocasionar o estresse oxidativo causando uma interrupção do exercício.

Durante uma pesquisa realizada por Souissi *et al.* (2020), com corredores profissionais, foram analisados os efeitos do estresse oxidativo em corridas de intensidade e distância diferentes. Participaram da pesquisa 13 atletas profissionais, cuja coleta foi realizada antes e após cada teste. Foram feitos três testes diferentes onde os atletas teriam que correr de maneira contínua e intervalada. Cada teste de corrida teve uma determinada duração e intensidade. Foram observados marcadores de estresse oxidativo e a capacidade antioxidante dos atletas. Dos testes de corrida que foram realizados foi percebido que a corrida contínua e intervalada de alta intensidade (30s de estímulo e 30s de recuperação)

tiveram um maior desequilíbrio redox quando comparado com o teste intervalado de intensidade moderada (15s de estímulo e 15s de recuperação). Foi observado também que ocorreu um maior dano oxidativo quando os corredores realizaram a corrida contínua e intervalada de alta intensidade. Com isso podemos perceber que em corridas de intensidade alta a produção de EROs tende a se elevar e causar danos oxidativos, podendo prejudicar o rendimento dos corredores.

Outra pesquisa realizada com corredores foi feita por Sadowska-Krępa *et al.* (2021). Foi observado o efeito da corrida de longa distância nos biomarcadores oxidativos em adultos maiores de 35 anos. Participaram da pesquisa 10 atletas com idade igual ou superior à 35 anos. Os participantes tiveram que percorrer a máxima distância em 12h de corrida em um percurso circular de 1,6km. As amostras de sangue foram coletadas antes do protocolo e imediatamente após. Após a análises, observou-se que o protocolo de corrida de 12h ininterruptas foi extenuante para o organismo e promoveu o aumento de espécies reativas resultando no estresse oxidativo. Esse estresse foi ocasionado pela intensidade e a demanda de oxigênio para os músculo, aumentando a produção de EROs. Outro resultado observado foi o aumento dos biomarcadores inflamatórios associados com a intensidade do exercício e verificou-se que ocorreu o aumento das concentração de marcadores inflamatórios e intensidade do exercício. Diante disso, pudemos observar que a intensidade do exercício pode promover várias alterações no organismo em particular um aumento dos marcadores inflamatório e oxidativos.

Em outro estudo, onde foi avaliando atletas de ultramaratona, Guerrero *et al.* (2021), onde participaram 47 atletas de ultramaratona de ambos os sexos, com distância de 107,4 km possuindo variação na altitude em relação ao nível do mar. Esse estudo teve o objetivo de verificar o impacto do exercício de ultrarresistência em marcadores de estresse oxidativo com observação na recuperação pós exercício. Foram observados marcadores de estresse oxidativo e a atividade de enzimas antioxidantes para verificar as possíveis alterações provenientes do exercício. Foi percebido que houve aumento do consumo de oxigênio e como resultado elevação de espécies reativas de oxigênio. Observou-se que esse aumento promoveu danos oxidativos em proteínas e lipídeos de membrana após o termino da corrida, 24h e 48h. Verificou-se também um aumento da atividade das enzimas antioxidantes para promover o equilíbrio redox. Sendo assim podemos observar que atividades de longa duração necessitam de um maior consumo de oxigênio e, como consequência, uma maior produção de EROs, podendo esse, se mantém elevado até 48h pós exercício. Contudo, foi observado também que devido a adaptação do organismo ao exercício a capacidade antioxidante tende a melhorar para a neutralização de espécies reativas de maneira mais rápida e eficiente pós corrida.

## 5 | CONCLUSÃO

Sendo assim, a prática de exercício físico promove diversas alterações no organismo como a redução da pressão arterial, melhora na frequência cardíaca, perda de massa gorda, controle da diabetes e, dentre eles, a produção de espécies reativas de oxigênio que em valores acima da normalidade podem ocasionar danos celulares.

A corrida, caracterizada como exercício aeróbio, eleva a produção de espécies reativas de oxigênio, devido ao aumento no consumo de oxigênio, que podem causar danos celulares, todavia são fundamentais para processos de adaptação ao exercício.

Diante disso, foi percebido nos estudos apresentados que o exercício além de adaptar o atleta fisiologicamente, com todos os benefícios, quando a corrida é realizada de maneira intensa ocorre um aumento de espécies reativas de oxigênio podendo resultar na fadiga muscular, dano ao DNA e outras alterações que estão relacionadas com o tempo, a intensidade e a distância.

Faz-se necessário um aumento nos estudos sobre a associação do estresse oxidativo com o exercício de corrida, pois, alimentos, estilo de vida podem alterar o acúmulo de EROs e a modalidade de corrida é mundialmente praticada e esses resultados podem auxiliar na preparação física evitando os danos causados.

## REFERÊNCIAS

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método de revisão integrativa nos estudos organizados. **Revista Eletrônica Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

DILLARD, C. J. et al. Effects of exercise, vitamin E, and ozone on pulmonary function and lipid peroxidation. **Journal of Applied Physiology**, v. 45, n. 6, p. 927-932, 1978.

FLIEGER, J. et al. Antioxidants: Classification, natural sources, activity/capacity measurements, and usefulness for the synthesis of nanoparticles. **Materials**, v. 14, n. 15, p. 4135, 2021.

GORDON, D. et al. Physiological and training characteristics of recreational marathon runners. **Open access journal of sports medicine**, v. 8, p. 231, 2017.

GUERRERO, C. et al. Impact of plasma oxidative stress markers on post-race recovery in ultramarathon runners: a sex and age perspective overview. **Antioxidants**, v. 10, n. 3, p. 355, 2021.

HARMAN, D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. **Science of Aging Knowledge Environment**, v. 2002, n. 37, p. cp14-cp14, 2002.

KNEZ, W. L.; COOMBES, J. S.; JENKINS, D. G. Ultra-endurance exercise and oxidative damage: implications for cardiovascular health. **Sports Medicine**, v. 36, p. 429-441, 2006.

MAN, A. W.C.; LI, H.; XIA, N. Impact of lifestyles (diet and exercise) on vascular health: oxidative stress and endothelial function. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2020, 2020.

MRAKIC-SPOSTA, S *et al.* Effects of mountain ultra-marathon running on ROS production and oxidative damage by micro-invasive analytic techniques. **PloS one**, v. 10, n. 11, 2015.

NEBL, J. *et al.* Exercise-induced oxidative stress, nitric oxide and plasma amino acid profile in recreational runners with vegetarian and non-vegetarian dietary patterns. **Nutrients**, v. 11, n. 8, p. 1875, 2019.

POWERS, S. K. *et al.* Exercise-induced oxidative stress: friend or foe? **Journal of sport and health science**, v. 9, n. 5, p. 415-425, 2020.

PREVEDELLO, M. T.; COMACHIO, G. Antioxidants and their relationship with free radicals, and Chronic Non communicable Diseases: a literature review. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p. 55244-55285, 2021.

SADOWSKA-KRĘPA, E. *et al.* Strenuous 12-h run elevates circulating biomarkers of oxidative stress, inflammation and intestinal permeability in middle-aged amateur runners: A preliminary study. **PloS one**, v. 16, n. 4, p. e0249183, 2021.

SANT'ANA, L.; BARA-FILHO, M. G.; VIANNA, J. M. Monitoramento da carga de treinamento na corrida: Aspectos fisiológicos e metodológicos na aplicabilidade prática desta modalidade: Monitoramento da Carga de treinamento na Corrida. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, 2021.

SHIELDS, H.J; TRAA, A.; VAN RAAMSDONK, J. M. Beneficial and Detrimental Effects of Reactive Oxygen Species on Lifespan: A Comprehensive Review of Comparative and Experimental Studies. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, v. 9, 2021.

SOUISSI, W *et al.* Effect of different running exercise modalities on post-exercise oxidative stress markers in trained athletes. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 10, 2020.

SOUZA, C. D. L. *et al.* Fatores de risco e prevenção das lesões musculoesqueléticas em praticantes de corrida. Revisão de literatura. **Lecturas: Educación física y deportes**, n. 207, p. 8, 2015.

TOFANI, L. F. N. *et al.* Chaos, organization and creativity: integrative review on Health Care Networks. **Ciência e Saúde Coletiva**, n. 26, p. 4769-4782, 2021.