REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

ALTERAÇÕES HEMATOLÓGICAS ASSOCIADAS AO USO EXÓGENO DE ERITROPOETINA EM ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO

HEMATOLOGICAL CHANGES ASSOCIATED WITH THE EXOGENOUS USE OF ERYTHROPOIETIN IN HIGH-PERFORMANCE ATHLETES

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 20/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794918415

Aldelina Mayra Valcacer Barbosa[1]

Victor Augusto Wanderley Lopes[2]

Caio Fernando Martins Ferreira[3]

RESUMO

A eritropoetina regula a produção de eritrócitos e sua administração exógena pode modificar parâmetros hematológicos relevantes para o esporte. Esta revisão integrativa teve como objetivo analisar as alterações associadas ao uso de eritropoetina exógena em atletas de alto rendimento e discutir suas repercussões sobre o desempenho e a saúde. Foram descritas buscas nas bases PubMed e SciELO, entre junho e agosto de 2026, para publicações de 2016 a 2026, com síntese descritiva da literatura. As publicações discutidas incluem estudos experimentais e revisões, além de fontes de contextualização fisiológica. Os achados apontam aumento da concentração e da massa de hemoglobina e do hematócrito, com variações temporais na contagem de reticulócitos. Estudos também relatam melhorias em indicadores máximos de capacidade aeróbica, embora os efeitos em testes submáximos e em condições de competição sejam menos consistentes. Alterações em marcadores endoteliais e plaquetários sugerem possíveis riscos, mas não demonstram diretamente a frequência de eventos trombóticos em atletas. Conclui-se que a resposta depende do contexto, dos métodos e da população estudada. A interpretação exige distinguir indicadores laboratoriais, desempenho esportivo e desfechos clínicos, considerando também os princípios antidopagem.

Palavras-chave: eritropoetina; atletas; eritropoiese; parâmetros hematológicos; doping esportivo.

ABSTRACT

Erythropoietin regulates red blood cell production, and its exogenous administration may alter hematological parameters relevant to sport. This integrative review aimed to analyze hematological changes associated with exogenous erythropoietin use in high-performance athletes and discuss implications for

performance and health. Searches were reported in PubMed and SciELO from June to August 2026, covering publications from 2016 to 2026, followed by a descriptive synthesis. The literature discussed includes experimental studies and reviews, as well as physiological background sources. Findings indicate increases in hemoglobin concentration, hemoglobin mass and hematocrit, with time-dependent changes in reticulocyte counts. Studies also report improvements in maximal aerobic capacity indicators, whereas effects in submaximal tests and competition-like conditions are less consistent. Changes in endothelial and platelet markers suggest potential risks but do not directly establish the frequency of thrombotic events in athletes. Responses vary according to context, methods and population. Interpretation requires distinguishing laboratory indicators, athletic performance and clinical outcomes, while considering anti-doping principles.
Keywords: erythropoietin; athletes; erythropoiesis; hematological parameters; sports doping.

1. INTRODUÇÃO

O esporte de alto rendimento envolve exigências físicas e fisiológicas determinadas pelo treinamento e pelas competições. O acompanhamento das condições de saúde e dos parâmetros laboratoriais auxilia na interpretação das respostas ao exercício e na identificação de alterações que mereçam investigação. Essa avaliação deve considerar a modalidade, a intensidade, a recuperação e as características individuais dos atletas (Verli et al., 2023).

A preparação esportiva pode modificar variáveis hematológicas por mecanismos fisiológicos, enquanto o uso de substâncias destinadas

a melhorar o desempenho também pode alterar essas medidas. Por isso, a interpretação de resultados isolados é limitada; avaliações seriadas e informações sobre treinamento, altitude e condições clínicas contribuem para contextualizar as alterações observadas (Dragčević; Jakšić; Jakšić, 2024).

Alterações sanguíneas em atletas podem refletir adaptações ao exercício e não indicam, necessariamente, doença ou uso de substâncias proibidas. A interpretação deve considerar o momento da coleta, o estado de hidratação, o volume plasmático e os intervalos de referência, além das circunstâncias individuais. A presença de resultados persistentes ou sintomas exige avaliação clínica apropriada (Díaz Martínez; Alcaide Martín; González-Gross, 2022; Krumm; Faiss, 2021).

A eritropoetina (EPO) é relevante nesse contexto por estimular a eritropoiese e, consequentemente, influenciar a capacidade de transporte de oxigênio. A administração de eritropoetina humana recombinante (rHuEPO) é estudada por seus efeitos hematológicos e por seu potencial impacto em diferentes medidas de desempenho. Entretanto, a resposta laboratorial não deve ser equiparada automaticamente à melhora de resultados em competição (Trinh et al., 2020; Haile et al., 2019).

Justificativa:

A relevância do tema decorre da relação entre EPO, produção de eritrócitos e transporte de oxigênio, assim como do uso não terapêutico de agentes estimuladores da eritropoiese no esporte. A análise das evidências é necessária para distinguir as alterações hematológicas das mudanças em desempenho e dos possíveis

danos à saúde, além de contribuir para a educação antidopagem e para a interpretação crítica de exames laboratoriais.

Objetivo:

Analisar, por meio de revisão integrativa da literatura, as alterações hematológicas associadas ao uso exógeno de eritropoetina e discutir suas possíveis repercussões sobre o desempenho físico e a saúde no contexto esportivo.

Pergunta norteadora:

Quais são as principais alterações hematológicas associadas ao uso de eritropoetina exógena em atletas de alto rendimento?

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sangue participa do transporte de oxigênio, nutrientes e metabólitos, da defesa imunológica e da hemostasia. Essas funções dependem da interação entre plasma e elementos celulares (Armstrong, 2020).

O sangue é constituído por plasma e elementos figurados, entre os quais eritrócitos, leucócitos e plaquetas. A proporção entre plasma e células varia conforme características individuais e condições fisiológicas; o hematócrito expressa a fração do volume sanguíneo ocupada pelos eritrócitos. Alterações do volume plasmático podem modificar sua concentração sem necessariamente representar mudança proporcional na massa total de hemácias (Armstrong, 2020; Krumm; Faiss, 2021).

A hematopoiese corresponde à formação das células sanguíneas a partir de precursores hematopoéticos e, em adultos, ocorre principalmente na medula óssea. A eritropoiese origina os eritrócitos, células que contêm hemoglobina e participam do transporte de oxigênio. Sua produção depende de estímulos hormonais e da disponibilidade de substratos, entre eles ferro, folato e vitamina B12 (Hoffbrand; Moss, 2018; Suresh; Rajvanshi; Noguchi, 2020).

A hemoglobina liga oxigênio nos pulmões e contribui para seu transporte e liberação aos tecidos. A oferta de oxigênio também depende do débito cardíaco e das condições da circulação. Hipóxia tecidual corresponde à disponibilidade de oxigênio inadequada para as necessidades do tecido e pode desencadear respostas fisiológicas, incluindo a regulação da produção de eritropoetina (Helms; Gladwin; Kim-Shapiro, 2018; Suresh; Rajvanshi; Noguchi, 2020).

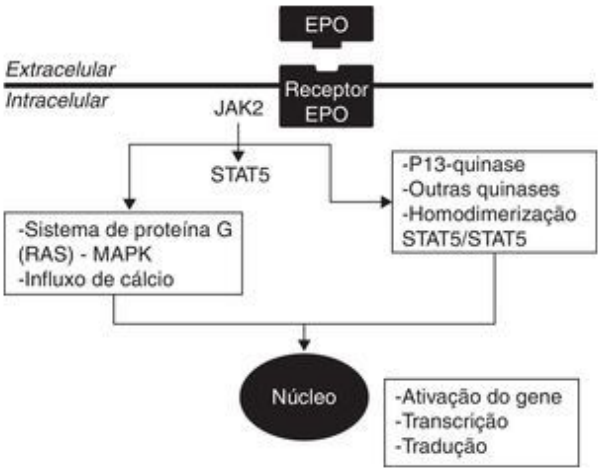
Entre os parâmetros laboratoriais relevantes estão a concentração de hemoglobina, o hematócrito e a contagem de reticulócitos, além de outras variáveis do hemograma conforme a finalidade clínica. A concentração de hemoglobina e o hematócrito são influenciados pelo volume plasmático, ao passo que a massa total de hemoglobina corresponde a uma medida diferente, que requer métodos específicos. Assim, os indicadores não são intercambiáveis (Díaz Martínez; Alcaide Martín; González-Gross, 2022; Saugy; Schmoutz; Botrè, 2022).

A interpretação longitudinal deve considerar exposição à altitude, treinamento, doenças, perda sanguínea e fatores pré-analíticos. Alterações hematológicas podem ocorrer por diferentes razões, de

modo que um resultado isolado não permite concluir que houve doping. O Passaporte Biológico do Atleta utiliza um perfil individual de biomarcadores e avaliações especializadas para identificar padrões que necessitam de investigação (Krumm; Faiss, 2021; Dragčević; Jakšić; Jakšić, 2024).

A EPO atua sobre células progenitoras eritroides na medula óssea, promovendo sua sobrevivência e diferenciação. No adulto, sua produção ocorre principalmente nos rins e é regulada por mecanismos sensíveis à disponibilidade de oxigênio. A ligação da EPO ao receptor eritroide ativa vias de sinalização intracelular, entre elas JAK2/STAT5, e favorece a formação de eritrócitos quando há disponibilidade adequada de substratos (Suresh; Rajvanshi; Noguchi, 2020; John et al., 2012).

Figura 1. Representação esquemática da sinalização intracelular associada ao receptor de eritropoetina.

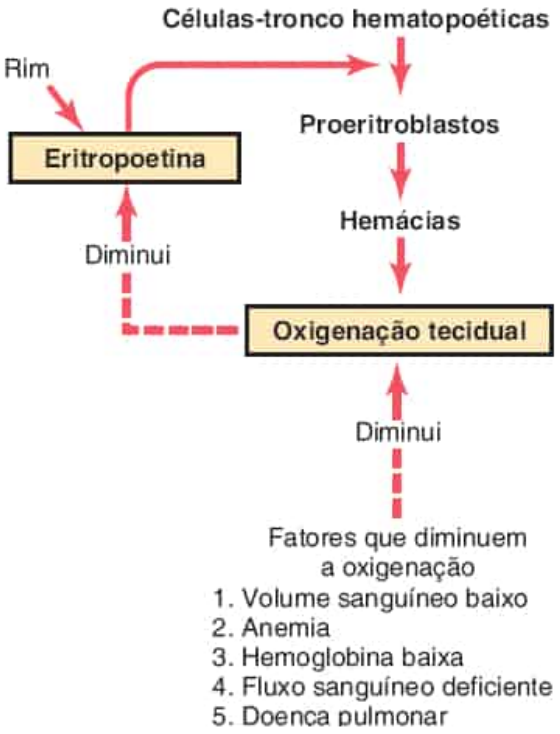


Fonte: figura apresentada pelos autores, atribuída a Caetano Júnior et al. (2014).

A redução da oxigenação tecidual pode ativar o sistema de fatores induzíveis por hipóxia (HIF), promovendo aumento da expressão de EPO. A EPO circulante estimula a eritropoiese, e a reposição de hemácias contribui para restabelecer o transporte de oxigênio. Esse

circuito de retroalimentação fisiológica é diferente da administração de EPO exógena, que fornece estímulo adicional independentemente da necessidade clínica (Suresh; Rajvanshi; Noguchi, 2020).

Figura 2. Regulação da produção de eritropoetina e da eritropoiese em resposta à redução da oxigenação tecidual



Fonte: figura apresentada pelos autores, atribuída a Hall e Hall (2021).

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, desenvolvida com o objetivo de reunir e analisar as evidências científicas acerca das alterações hematológicas associadas ao uso exógeno de eritropoetina em atletas de alto rendimento. O desenvolvimento da pesquisa compreendeu a definição da questão norteadora, a busca de estudos científicos, o estabelecimento dos critérios de elegibilidade, a seleção das publicações, a extração dos dados e a síntese dos resultados. A questão norteadora foi: “Quais alterações

hematológicas estão associadas ao uso exógeno de eritropoetina em atletas de alto rendimento?”.

A busca bibliográfica foi realizada entre junho e agosto de 2026, nas bases de dados PubMed e SciELO, utilizando termos relacionados à eritropoetina, aos atletas e às alterações hematológicas. Na PubMed, foram realizadas buscas individuais com os termos erythropoietin, que recuperou 6.716 resultados; exogenous erythropoietin, com 139 resultados; athletes, com 262.025 resultados; high-performance athletes, com 3.118 resultados; hematological changes, com 32.238 resultados; e hematological parameters, com 24.025 resultados. Também foram realizadas combinações entre os termos relacionados a cada conceito, utilizando o operador booleano OR. A combinação (erythropoietin OR exogenous erythropoietin) recuperou 6.718 resultados, enquanto (athletes OR high-performance athletes) apresentou 262.025 resultados e (hematological changes OR hematological parameters) recuperou 50.747 resultados. Adicionalmente, foi utilizada a combinação erythropoietin AND athletes, por meio do operador booleano AND, que resultou em 351 registros. Na PubMed, foi aplicado o filtro referente aos últimos dez anos, sem restrição de idioma.

Na base SciELO, foram realizadas buscas individuais com os termos erythropoietin e exogenous erythropoietin, que recuperaram 83 e 3 resultados, respectivamente. Também foi utilizada a combinação erythropoietin AND athletes, que identificou 1 resultado. Para essa base, foi delimitado o período de publicação entre 2016 e 2026, mantendo-se a busca em todos os idiomas. As estratégias foram conduzidas considerando as particularidades de cada base de dados.

Foram considerados estudos originais e revisões relacionados ao uso exógeno de eritropoetina no contexto esportivo, com ênfase nas alterações hematológicas e em suas possíveis repercussões sobre o desempenho físico e a saúde. Foram excluídas publicações que abordavam exclusivamente o doping esportivo de maneira geral, sem discutir especificamente as alterações hematológicas associadas à eritropoetina exógena, bem como estudos sobre sua utilização no tratamento da anemia decorrente da insuficiência renal crônica, por não corresponderem à população e ao contexto definidos para esta revisão.

Além das publicações elegíveis para a síntese principal, foram utilizadas fontes de contextualização fisiológica para fundamentar conceitos relacionados à eritropoetina e seus mecanismos de ação. Essas fontes, embora tenham contribuído para o embasamento teórico do trabalho, não integraram o conjunto de estudos analisados na síntese da revisão.

Após as buscas, os títulos e resumos das publicações identificadas foram analisados pelos autores, seguidos da leitura integral dos textos considerados potencialmente relevantes. A seleção ocorreu de forma conjunta, mediante discussão da pertinência de cada publicação em relação à questão norteadora e aos objetivos da pesquisa. A síntese principal foi composta por cinco publicações, apresentadas no Quadro 1.

Os registros disponíveis não permitiram recuperar o número de exclusões por etapa. Por isso, o percurso de seleção é descrito de forma narrativa, com apresentação apenas de quantitativos informados.

A extração dos dados foi realizada por meio de uma planilha elaborada pelos autores, contendo o título dos artigos, o ano de publicação, o idioma, os autores, a base de dados em que foram encontrados, o local de acesso e os principais pontos identificados em cada publicação. A organização dessas informações permitiu reunir os principais dados dos estudos selecionados e facilitar a consulta dos resultados durante a elaboração do trabalho.

Os resultados dos estudos selecionados foram analisados e sintetizados de forma descritiva, com ênfase nas alterações hematológicas associadas ao uso exógeno de eritropoetina em atletas de alto rendimento. Também foram consideradas as possíveis repercussões dessas alterações sobre o desempenho esportivo e os riscos relacionados à saúde, conforme os achados apresentados nos estudos analisados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Uso de Eritropoetina Exógena em Atleta de Alto Rendimento

Haile et al. (2019) investigaram corredores quenianos de resistência, treinados e adaptados à altitude, comparando suas respostas às de um grupo submetido a protocolo semelhante ao nível do mar. O estudo incluiu 20 corredores quenianos e avaliou parâmetros sanguíneos, consumo máximo de oxigênio e desempenho em corrida. As medidas foram realizadas antes, durante ou após o período de administração e após a interrupção. A presença de grupos com condições ambientais diferentes não equivale, por si só, à comparação com placebo. O estudo de Haile et al. (2019) contribui para discutir altitude e treinamento, mas sua interpretação exige observar o delineamento: os corredores de ambos os grupos

receberam rHuEPO. Assim, os resultados não isolam todos os efeitos da intervenção em comparação com um grupo placebo e não podem ser generalizados diretamente a atletas de todas as modalidades.

4.2. Alterações nos Parâmetros Hematológicos Devido Ao Uso da EPO

A rHuEPO estimula a eritropoiese e pode elevar a massa total de hemoglobina, a concentração de hemoglobina e o hematócrito. Esses parâmetros descrevem dimensões diferentes: a massa representa a quantidade total de hemoglobina, enquanto concentração e hematócrito também variam com o volume plasmático. A revisão de Alberdi-Garciandia e Santos-Concejero (2025) reuniu estudos com atletas treinados e observou alterações hematológicas, cuja magnitude depende das características de cada protocolo e grupo. Saugy, Schmoutz e Botrè (2022) relataram aumento médio de 11,9 ± 4,9% na concentração de hemoglobina entre os estudos examinados, com variação entre protocolos. Valores de aumento de massa de hemoglobina, como 18,4% e 19,7%, foram registrados em estudos específicos e não representam uma resposta universal. Após a suspensão, reticulócitos podem diminuir enquanto outras medidas permanecem elevadas durante algum tempo. O padrão e sua duração dependem de dose, tempo, condição basal e circunstâncias individuais.

Os reticulócitos são eritrócitos jovens e refletem a atividade recente da medula. O percentual de reticulócitos pode aumentar durante o estímulo eritropoiético e diminuir após a suspensão, enquanto a massa eritrocitária se altera em uma escala temporal diferente. A combinação de parâmetros em medidas seriadas é útil para o

passaporte biológico, mas alterações também podem ocorrer em resposta à altitude ou a outras condições fisiológicas e clínicas (Saugy; Schmoutz; Botrè, 2022; Krumm; Faiss, 2021).

O Passaporte Biológico do Atleta considera a concentração de hemoglobina e a porcentagem de reticulócitos em um modelo longitudinal individual. Um perfil atípico é avaliado por especialistas juntamente com fatores capazes de interferir nas medidas. O passaporte é ferramenta de investigação antidopagem, e um marcador isolado não identifica, com certeza, a substância utilizada (Dragčević; Jakšić; Jakšić, 2024; Krumm; Faiss, 2021).

O aumento da eritropoiese eleva a demanda por ferro, necessário à síntese de hemoglobina. Se o fornecimento de ferro for insuficiente, a resposta pode ser limitada, mesmo na presença de estímulo à medula. A avaliação de reservas e disponibilidade de ferro integra a interpretação da eritropoiese, mas não justifica suplementação indiscriminada (Suresh; Rajvanshi; Noguchi, 2020).

4.3. Efeitos Sobre o Desempenho Esportivo

Em revisão sistemática de atletas bem treinados, Alberdi-Garciandia e Santos-Concejero (2025) identificaram aumentos em parâmetros hematológicos e em medidas de capacidade aeróbica máxima ou de pico em parte dos estudos. Alguns trabalhos também observaram alterações em potência máxima. Os resultados dependem dos testes empregados e não se traduzem necessariamente em melhoria de todas as medidas de desempenho submáximo ou de competição.

O aumento da massa de hemoglobina pode contribuir para maior transporte de oxigênio, mas o desempenho esportivo envolve

também fatores cardiovasculares, musculares, técnicos e ambientais. Trinh et al. (2020) destacam que melhorias em testes máximos não podem ser automaticamente extrapoladas para provas de resistência em condições reais. A comparação entre estudos deve considerar modalidade, nível de treinamento, desenho, presença de controle e desfecho medido.

Os desfechos dos estudos não são equivalentes: VO_2máx e potência máxima refletem testes fisiológicos específicos, enquanto um contrarrelógio ou uma prova em estrada incorpora ritmo, estratégia e condições ambientais. Em ciclistas bem treinados, resultados de testes máximos podem diferir dos observados em provas de resistência, o que reforça a necessidade de avaliar cada desfecho separadamente (Trinh et al., 2020; Alberdi-Garciandia; Santos-Concejero, 2025).

4.4. Possíveis Repercussões e Riscos

Na lista antidopagem de 2026, eritropoetinas e agentes que afetam a eritropoiese integram a categoria S2 e são proibidos em competição e fora dela. O uso terapêutico em situações médicas é distinto do uso para melhorar desempenho e pode envolver procedimentos de autorização de uso terapêutico segundo as regras aplicáveis. A lista deve ser consultada na versão vigente no momento da avaliação (ABCD, 2026; García-Arnés; García-Casares, 2023).

Em ciclistas treinados, Heuberger et al. (2020) observaram alterações em marcadores de ativação endotelial e plaquetária após rHuEPO. Após exercício máximo, os níveis de E-selectina e fator plaquetário 4 foram maiores no grupo exposto em comparação ao placebo. Esses

são biomarcadores e não demonstram, isoladamente, a ocorrência ou a incidência de trombose; sua interpretação requer considerar o desenho e o tamanho do estudo.

A elevação excessiva da massa eritrocitária pode contribuir para aumento da viscosidade sanguínea e é discutida como possível mecanismo de risco cardiovascular. Contudo, não é possível derivar a incidência de eventos clínicos a partir de hematócrito ou marcadores bioquímicos isolados. Outros fatores individuais, condições de saúde e circunstâncias de exposição também influenciam o risco (John et al., 2012; Heuberger et al., 2020).

A atuação farmacêutica pode contribuir para a prevenção por meio de orientação baseada em evidências, identificação de uso não supervisionado, esclarecimento de riscos e encaminhamento para avaliação profissional. No âmbito antidopagem, a equipe deve consultar as regras vigentes e apoiar o atleta na avaliação de medicamentos e na documentação de eventual uso terapêutico, sem substituir a avaliação clínica ou o processo formal de autorização (ABCD, 2026).

O Quadro 1 reúne as cinco publicações que compuseram a síntese principal desta revisão. As fontes utilizadas exclusivamente para contextualização fisiológica, como John et al. (2012), não foram incluídas no quadro, pois contribuíram apenas para o embasamento teórico do trabalho.

A síntese possui limitações: os estudos utilizam amostras e protocolos heterogêneos, parte das revisões pode incluir os mesmos experimentos, e algumas publicações abordam a fisiologia da EPO sem examinar atletas de alto rendimento. Não é possível somar

revisões e estudos primários como evidências independentes. Uma busca limitada a duas bases pode não recuperar toda a literatura relevante.

Quadro 1. Publicações discutidas sobre eritropoetina exógena e contextualização fisiológica.

TÍTULO	ANO	AUTORES	OBJETIVOS	PRINCIPAIS RESULTADOS
Additive effect of erythropoietin use on exercise-induced endothelial activation and hypercoagulability in athletes	2020	Heuberger et al.	Avaliar os efeitos da eritropoetina sobre a ativação endotelial e a hipercoagulabilidade associadas ao exercício físico.	A administração de rHuEPO esteve associada a alterações em marcadores de ativação endotelial e plaquetária. Após exercício máximo, foram observados níveis maiores de E-selectina e fator plaquetário 4 no grupo exposto em comparação ao placebo.
Altitude and Erythropoietin: Comparative Evaluation of Their Impact on Key Parameters	2022	Saugy et al.	Revisar os efeitos da altitude e da eritropoetina sobre parâmetros hematológicos utilizados	A revisão descreve alterações na concentração e na massa de hemoglobina e nos reticulócitos,

of the Athlete Biological Passport: A Review			no Passaporte Biológico do Atleta.	destacando que a altitude e as características dos protocolos influenciam a interpretação dos resultados.
Effect of erythropoietin on athletic performance: a systematic review and meta-analysis	2020	Trinh et al.	Analisar os efeitos da eritropoetina sobre o desempenho esportivo por meio de revisão sistemática e meta-análise.	A revisão discute alterações em medidas de capacidade aeróbica e desempenho físico, ressaltando que resultados de testes máximos não podem ser automaticamente extrapolados para competições reais.
Effects of EPO on Blood Parameters and Running Performance in Kenyan Athletes	2019	Haile et al.	Investigar os efeitos da administração de eritropoetina humana recombinante sobre parâmetros sanguíneos e o desempenho de corredores	O estudo avaliou 20 corredores quenianos e investigou alterações hematológicas, consumo máximo de oxigênio e desempenho em corrida durante e após um

			quenianos de resistência.	protocolo de administração de rHuEPO.
Recombinant Human Erythropoietin Effects on Well-Trained Athletes' Endurance Performance: A Systematic Review	2025	Alberdi-Garciandia; Santos-Concejero	Revisar os efeitos da eritropoetina humana recombinante e sobre parâmetros hematológicos e desempenho de resistência em atletas bem treinados.	A revisão identificou aumentos em parâmetros hematológicos e em algumas medidas de capacidade aeróbica máxima ou de pico, com resultados variáveis conforme os protocolos e testes empregados.

Fonte: elaborado pelos autores com base nas publicações apresentadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão analisou alterações hematológicas associadas à administração exógena de eritropoetina e suas possíveis repercussões sobre o desempenho e a saúde no esporte. As evidências discutidas incluem estudos experimentais e revisões com populações e métodos distintos.

Os trabalhos descrevem aumento da massa e da concentração de hemoglobina e do hematócrito, além de alterações temporais nos reticulócitos. A interpretação de concentrações deve considerar o

volume plasmático, enquanto a resposta à eritropoiese depende, entre outros fatores, da disponibilidade de ferro.

Foram relatadas melhorias em medidas de capacidade aeróbica máxima ou de pico e, em alguns estudos, em parâmetros de potência. Os efeitos sobre testes submáximos e resultados semelhantes aos de competição são menos consistentes, de modo que o aumento de um indicador fisiológico não assegura melhora do desempenho em todas as modalidades.

Alterações em marcadores endoteliais e plaquetários levantam preocupação quanto à segurança, sem estabelecer diretamente a frequência de eventos trombóticos em atletas. A análise deve considerar as limitações dos estudos, os princípios de proteção à saúde e as regras antidopagem vigentes. São necessários estudos com desenhos robustos e desfechos clínicos relevantes para esclarecer a magnitude dos riscos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCD. Autoridade Brasileira de Controle de Dopagem. **Lista de substâncias e métodos proibidos no esporte:** 2026. Brasília: ABCD, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/abcd/pt-br/composicao/atletas/substancias-e-metodos-proibidos/lista-de-substancias-e-metodos-proibidos/. Acesso em: 27 out. 2026.

ALBERDI-GARCIANDIA, Aitor; SANTOS-CONCEJERO, Jordan. Recombinant human erythropoietin effects on well-trained athletes' endurance performance: a systematic review. **Sports,** Basel, v. 13, n. 3, art. 78, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/sports13030078. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40137802/. Acesso em: 1 out. 2026.

ARMSTRONG, Beryl. Haematology. **ISBT Science Series,** v. 15, p. 46-53, 2020. DOI: 10.1111/voxs.12588. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/voxs.12588. Acesso em: 9 set. 2026.

CAETANO JÚNIOR, P. C.; CUNHA, T. S.; LEMES, L. C.; RIBEIRO, S. R.; RIBEIRO, W. Influência da administração de eritropoietina humana recombinante sobre o desempenho físico: estudo de revisão. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte,** v. 7, n. 4, p. 170–177, 2014.

DÍAZ MARTÍNEZ, Angel Enrique; ALCAIDE MARTÍN, María José; GONZÁLEZ-GROSS, Marcela. Basal values of biochemical and hematological parameters in elite athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health,** v. 19, art. 3059, 2022. DOI: 10.3390/ijerph19053059. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35270750/. Acesso em: 9 set. 2026.

DRAGČEVIĆ, Dora; JAKŠIĆ, Vlatka Pandžić; JAKŠIĆ, Ozren. Athlete biological passport: longitudinal biomarkers and statistics in the fight against doping. **Arhiv za higijenu rada i toksikologiju,** v. 75, n. 1, p. 24-31, 2024. DOI: 10.2478/aiht-2024-75-3793. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38548376/. Acesso em: 10 set. 2026.

GARCÍA-ARNÉS, J. A.; GARCÍA-CASARES, N. Doping and sports endocrinology: growth hormone, IGF-1, insulin, and erythropoietin. **Revista Clínica Española,** v. 223, n. 3, p. 181-187, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rceng.2023.01.005. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36736729/. Acesso em: 1 out. 2026.

HAILE, Diresibachew W. *et al.* Effects of EPO on blood parameters and running performance in Kenyan athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise,** v. 51, n. 2, p. 299–307, 2019. DOI:

10.1249/MSS.0000000000001777. Disponível em: https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001777. Acesso em: 10 set. 2026.

HALL, John E.; HALL, Michael E. **Guyton & Hall:** tratado de fisiologia médica. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

HELMS, Christine C.; GLADWIN, Mark T.; KIM-SHAPIRO, Daniel B. Erythrocytes and vascular function: oxygen and nitric oxide. **Frontiers in Physiology,** v. 9, art. 125, 2018. DOI: 10.3389/fphys.2018.00125. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29520238/. Acesso em: 9 set. 2026.

HEUBERGER, Jules *et al.* Additive effect of erythropoietin use on exercise-induced endothelial activation and hypercoagulability in athletes. **European Journal of Applied Physiology,** v. 120, p. 1893-1904, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s00421-020-04419-0.

HOFFBRAND, A. Victor; MOSS, Paul A. H. **Fundamentos em hematologia de Hoffbrand.** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018

JOHN, M. Joseph *et al.* Erythropoietin use and abuse. **Indian Journal of Endocrinology and Metabolism,** v. 16, n. 2, p. 220-227, 2012. DOI: https://doi.org/10.4103/2230-8210.93739.

KRUMM, Bastien; FAISS, Raphael. Factors confounding the athlete biological passport: a systematic narrative review. **Sports Medicine - Open,** v. 7, n. 1, art. 65, 2021. DOI: 10.1186/s40798-021-00356-0. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s40798-021-00356-0. Acesso em: 10 set. 2026.

SAUGY, Jonas J.; SCHMOUTZ, Tania; BOTRÈ, Francesco. Altitude and erythropoietin: comparative evaluation of their impact on key parameters of the athlete biological passport: a review. **Frontiers in Sports and Active Living,** v. 4, art. 864532, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fspor.2022.864532. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35847455/. Acesso em: 1 out. 2026.

SURESH, Sukanya; RAJVANSHI, Praveen Kumar; NOGUCHI, Constance T. The many facets of erythropoietin physiologic and metabolic response. **Frontiers in Physiology,** v. 10, p. 1534, 2020. DOI: 10.3389/fphys.2019.01534. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32038269/. Acesso em: 9 set. 2026.

TRINH, Kien Vinh; DIEP, Dion; CHEN, Kevin Jia Qi; HUANG, Le; GULENKO, Oleksiy. Effect of erythropoietin on athletic performance: a systematic review and meta-analysis. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine,** v. 6, e000716, 2020. DOI: 10.1136/bmjsem-2019-000716. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32411382/. Acesso em: 9 set. 2026.

VERLI, Márcio Vinícius de Abreu; GONÇALVES, Luis Carlos Oliveira; BENASSI, Raphael; MAGALHÃES NETO, Aníbal Monteiro de; ANDRADE, Claudia Marlise Balbinotti. Perfil hematológico, bioquímico, urinálise, antropométrico, composição corporal e condicionamento físico de atletas de Brazilian Jiu-Jitsu de alto rendimento de duas diferentes categorias de luta. **Revista Panorâmica,** v. 40, 2023. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/revistapanoramica/index.php/revistapanoramica/article/view/1580. Acesso em: 9 set. 2026.

[1] Discente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Potiguar *Campus* Salgado Filho. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Discente do Curso Superior de Farmácia da Universidade Potiguar *Campus* Salgado Filho. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Orientador Farmacêutico. Especialista em Farmácia Clínica e Prescrição Farmacêutica. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.