



**TRÍADE DA MULHER ATLETA E RED-S: MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS E IMPACTOS NA SAÚDE E NO DESEMPENHO ESPORTIVO<sup>1</sup>**

**FEMALE ATHLETE TRIAD AND RELATIVE ENERGY DEFICIENCY IN SPORT (RED-S): PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS AND IMPACTS ON HEALTH AND ATHLETIC PERFORMANCE**

**Renata de Sousa VINHAL**

**Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)**

**E-mail: renatavinhhal24@gmail.com**

**ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-4844-3010>**

**Julia SOLDATELLI**

**Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)**

**E-mail: juliaschwarzsoldatelli@gmail.com**

**ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-9950-6601>**

**Ana Lúcia Roselino RIBEIRO**

**Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)**

**E-mail: Analuciaroselino@gmail.com**

**ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2229-0718>**

**RESUMO**

A prática esportiva feminina tem crescido significativamente, trazendo benefícios à saúde; contudo, a busca por desempenho e padrões estéticos pode favorecer o desenvolvimento da tríade da mulher atleta e da Deficiência Energética Relativa no Esporte (RED-S). O presente estudo teve como objetivo analisar os principais mecanismos fisiopatológicos associados a essas condições, com ênfase nas alterações hormonais, ósseas, metabólicas e reprodutivas, bem como seus impactos na saúde e no desempenho esportivo. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, realizada nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Acadêmico, no período de 2015 a 2026. Foram incluídos estudos em português e inglês que abordassem diretamente a temática, sendo selecionados após triagem por títulos, resumos e leitura completa. Os resultados evidenciaram que a baixa disponibilidade energética constitui o principal fator fisiopatológico, desencadeando adaptações neuroendócrinas, como supressão do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano, redução de hormônios anabólicos e aumento do cortisol. Essas alterações estão

---

<sup>1</sup> COMO CITAR: (ABNT): VINHAL, R. S.; SOLDATELLI, J.; RIBEIRO, A. L. R. Tríade da Mulher Atleta e RED-S: Mecanismos Fisiopatológicos e Impactos na Saúde e no Desempenho Esportivo. **JNT Facit Business and Technology Journal**. Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Maio de 2026 - Ed. 74. VOL. 01. Págs. 380-402. Disponível: <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. Acesso em: \_\_/\_\_/\_\_.

associadas à disfunção menstrual, comprometimento da densidade mineral óssea e alterações metabólicas sistêmicas. Além disso, fatores psicossociais, como pressão estética e comportamentos alimentares inadequados, contribuem para o desenvolvimento e manutenção do quadro. Conclui-se que a tríade da mulher atleta e o RED-S apresentam caráter multifatorial e sistêmico, com impacto significativo na saúde e no desempenho esportivo. Destaca-se a importância do diagnóstico precoce e da abordagem multidisciplinar, com foco na restauração da disponibilidade energética e na promoção da saúde da atleta.

**Palavras-chave:** Tríade da mulher atleta. RED-S. Baixa disponibilidade energética. Disfunção menstrual. Saúde óssea.

### ABSTRACT

Female sports participation has increased significantly, providing health benefits; however, the pursuit of high performance and ideal body standards may contribute to the development of the Female Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). This study aimed to analyze the main pathophysiological mechanisms associated with these conditions, focusing on hormonal, bone, metabolic, and reproductive alterations, as well as their impacts on health and athletic performance. This is an integrative literature review with a qualitative approach, conducted using the SciELO, PubMed, and Google Scholar databases, covering studies published between 2015 and 2026. Articles in Portuguese and English addressing the topic were included and selected through title and abstract screening followed by full-text analysis. The findings indicate that low energy availability is the central pathophysiological factor, triggering neuroendocrine adaptations such as suppression of the hypothalamic-pituitary-ovarian axis, reduction of anabolic hormones, and increased cortisol levels. These changes are associated with menstrual dysfunction, decreased bone mineral density, and systemic metabolic alterations. In addition, psychosocial factors, including aesthetic pressure and disordered eating behaviors, contribute to the development and persistence of the condition. It is concluded that the Female Athlete Triad and RED-S are multifactorial and systemic conditions with significant impact on both health and athletic performance. Early diagnosis and a multidisciplinary approach focused on restoring energy availability are essential for athlete health and performance optimization.

**Keywords:** Female athlete triad. RED-S. Low energy availability. Menstrual dysfunction. Bone health.

## INTRODUÇÃO

A prática esportiva é amplamente reconhecida e tem crescido ao longo dos últimos anos pelos seus benefícios à saúde física e mental, especialmente para mulheres atletas que se dedicam a treinamentos intensos. Entretanto, a cobrança por alto rendimento e um corpo considerado ideal podem desencadear desequilíbrios fisiológicos significativos que afetam a saúde das mulheres atletas.

A tríade da mulher atleta é composta por três condições inter-relacionadas: disfunção menstrual, baixa disponibilidade energética e diminuição da densidade mineral óssea. Atualmente, é compreendida como um espectro de alterações fisiológicas que podem variar desde formas subclínicas até manifestações clínicas mais graves, estando diretamente associada ao desequilíbrio entre ingestão energética e gasto energético. Nesse contexto, a baixa disponibilidade energética constitui o principal fator fisiopatológico da condição, desencadeando adaptações metabólicas e hormonais que impactam negativamente diversos sistemas do organismo (Lima et al, 2020).

Com o avanço das pesquisas, o conceito de tríade foi ampliado para a Deficiência Energética Relativa no Esporte (Relative Energy Deficiency in Sport – RED-S), que reconhece o caráter sistêmico das alterações decorrentes do déficit energético. Esse modelo evidencia que os efeitos da baixa disponibilidade energética não se restringem aos sistemas reprodutivo e ósseo, mas abrangem também sistemas metabólico, cardiovascular, imunológico e psicológico, comprometendo tanto a saúde quanto o desempenho esportivo (Ferreira et al, 2024).

Do ponto de vista fisiológico, a deficiência energética provoca alterações neuroendócrinas, com supressão do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano, redução das gonadotrofinas e conseqüente hipoestrogenismo. Essas alterações estão associadas a disfunções menstruais, como oligomenorreia e amenorreia, além de impactarem negativamente o metabolismo ósseo (Santos, 2019).

O comprometimento da saúde óssea destaca-se como uma das principais conseqüências, uma vez que o hipoestrogenismo e o déficit energético favorecem a reabsorção óssea, aumentando o risco de osteopenia, osteoporose e fraturas por estresse (Sousa et al, 2023).

Além das alterações fisiológicas, fatores psicossociais desempenham papel fundamental no desenvolvimento e manutenção da tríade da mulher atleta. A pressão

por desempenho, a valorização de padrões estéticos específicos e o ambiente competitivo podem favorecer comportamentos alimentares inadequados e práticas de treinamento excessivas, contribuindo para o estabelecimento da baixa disponibilidade energética (Belaguarda *et al*, 2023).

Adicionalmente, essas alterações também afetam o desempenho esportivo, comprometendo a recuperação, aumentando o risco de lesões e reduzindo a capacidade funcional, evidenciando a relevância clínica e esportiva da tríade da mulher atleta e do RED-S.

Apesar dos avanços na compreensão do RED-S, ainda existem lacunas quanto à integração dos mecanismos fisiopatológicos e seus impactos sistêmicos no desempenho esportivo feminino.

Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender os mecanismos fisiopatológicos envolvidos na tríade da mulher atleta, bem como suas repercussões sistêmicas e implicações para a saúde e o desempenho esportivo.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de revisão integrativa da literatura, os principais mecanismos fisiopatológicos associados à tríade da mulher atleta e à deficiência energética relativa no esporte, com ênfase nas alterações hormonais, ósseas, metabólicas e reprodutivas, além de discutir seus impactos na saúde geral e no desempenho esportivo feminino.

## **METODOLOGIA**

Este estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, cujo objetivo de analisar os mecanismos fisiopatológicos envolvidos na tríade da mulher atleta e na deficiência energética relativa no esporte (RED-S), bem como suas implicações para a saúde e o desempenho esportivo feminino.

A condução da revisão seguiu as etapas clássicas desse tipo de estudo: (1) identificação do tema e elaboração da pergunta norteadora; (2) definição dos critérios de inclusão e exclusão; (3) estabelecimento da estratégia de busca; (4) seleção dos estudos; (5) extração e organização dos dados; e (6) análise crítica e síntese dos achados. Adicionalmente, foram adotados princípios metodológicos inspirados nas recomendações do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), com o intuito de garantir maior transparência e sistematização no processo de seleção dos estudos.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed e Google Acadêmico, no período de março de 2025 a abril de 2026. Foram utilizados descritores controlados e termos livres, combinados

por operadores booleanos, incluindo: “female athlete triad”, “relative energy deficiency in sport”, “low energy availability”, “amenorrhea”, “bone mineral density”, “hormonal dysfunction”, “female athletes”, “RED-S” e “bone health”.

Foram incluídos estudos publicados entre 2015 e 2026, nos idiomas português e inglês, disponíveis na íntegra e que abordassem diretamente a tríade da mulher atleta ou o RED-S, com ênfase em mecanismos fisiopatológicos, repercussões sistêmicas e impactos no desempenho esportivo. Foram excluídos artigos duplicados, estudos que não apresentavam relação direta com o tema, pesquisas conduzidas exclusivamente com populações masculinas, além de publicações sem acesso ao texto completo.

O processo de seleção dos estudos foi realizado em três etapas: (1) identificação dos estudos nas bases de dados; (2) triagem por meio da leitura de títulos e resumos; e (3) avaliação do texto completo para elegibilidade.

A extração dos dados foi realizada de forma padronizada, contemplando informações como autor, ano de publicação, objetivo do estudo, tipo de delineamento e principais achados relacionados à baixa disponibilidade energética, disfunção menstrual, densidade mineral óssea e impactos sistêmicos.

A análise dos estudos selecionados foi realizada por meio de leitura crítica, com foco na identificação dos principais achados sobre a interação entre baixa disponibilidade energética, disfunção menstrual e redução da densidade mineral óssea, bem como seus impactos na saúde geral da mulher atleta.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos estudos selecionados evidenciou que a tríade da mulher atleta e a deficiência energética relativa no esporte (REDs) constituem condições multifatoriais, com repercussões sistêmicas importantes, especialmente nos sistemas endócrino, reprodutivo e musculoesquelético.

### **Baixa Disponibilidade Energética como Fator Central**

A baixa disponibilidade energética é reconhecida como o principal fator fisiopatológico da tríade da mulher atleta, constituindo o eixo central a partir do qual se desenvolvem alterações hormonais, ósseas e sistêmicas. Inicialmente definida de forma quantitativa, como a diferença entre ingestão calórica e gasto energético, essa noção tem sido progressivamente ampliada para incluir seu impacto funcional sobre os sistemas fisiológicos. Assim, deixa de ser compreendida apenas como um desequilíbrio nutricional e passa a representar um estado biológico capaz de modular

a homeostase e reorganizar prioridades metabólicas, evidenciando seu papel estruturante na fisiopatologia da condição (Lima *et al*, 2020; Sousa *et al*, 2023).

A origem da baixa disponibilidade energética não se restringe à restrição alimentar intencional. Evidências indicam que o déficit pode emergir também de uma ingestão insuficiente frente a elevados níveis de gasto energético, mesmo na ausência de transtornos alimentares formais. Essa ampliação conceitual desloca o foco de uma condição associada exclusivamente a distúrbios alimentares para um espectro mais amplo de comportamentos e contextos esportivos, o que contribui para sua subnotificação e dificulta sua identificação precoce (Sousa *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

A resposta do organismo ao déficit energético envolve uma reprogramação fisiológica voltada à conservação de energia. Esse processo não se limita à simples priorização de funções vitais, mas implica uma reorganização neuroendócrina complexa, na qual sistemas regulatórios são ajustados para sustentar a homeostase. Nesse contexto, funções como reprodução, crescimento e remodelamento tecidual são progressivamente suprimidas, evidenciando que a adaptação ao déficit energético ocorre de forma integrada e sistêmica (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

Entre os mecanismos envolvidos, destaca-se a modulação de sinais metabólicos periféricos, especialmente a leptina, cuja função ultrapassa o papel de marcador do estado nutricional. Sua atuação como mediadora na regulação do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano evidencia que a baixa disponibilidade energética interfere diretamente nos mecanismos de sinalização hormonal, conectando o estado energético às funções reprodutivas. Essa interpretação reforça a ideia de que o déficit energético atua tanto sobre substratos quanto sobre vias regulatórias (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

Além das alterações no eixo reprodutivo, observa-se a ativação de outros sistemas hormonais, com destaque para o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. O aumento dos níveis de cortisol reflete a instalação de um estado catabólico, ampliando o impacto do déficit energético para além da função reprodutiva. Essa interação entre eixos hormonais evidencia que a resposta ao déficit energético é coordenada e multifatorial, afastando a interpretação de mecanismos isolados (Angelidi *et al*, 2024; Ferreira *et al*, 2024).

No plano metabólico, ocorre uma reprogramação caracterizada pela redução da taxa metabólica basal e pela alteração na utilização de substratos energéticos. A diminuição dos níveis de triiodotironina e o aumento da dependência da oxidação de

lipídios refletem uma estratégia de economia energética, mas também impõem limitações à capacidade funcional. Dessa forma, a adaptação metabólica não deve ser interpretada apenas como mecanismo protetor, mas também como fator que compromete o desempenho físico (Sousa *et al*, 2023; Ihalainen *et al*, 2024).

As manifestações clínicas decorrentes desse estado evidenciam seu caráter abrangente. Além das alterações menstruais, destacam-se fadiga persistente, redução do desempenho esportivo e aumento do risco de lesões, especialmente fraturas por estresse. Esses achados demonstram que o impacto do déficit energético transcende o eixo reprodutivo, afetando simultaneamente múltiplos sistemas e comprometendo tanto a saúde quanto a performance (Belaguarda *et al*, 2023; Sousa *et al*, 2023).

A ampliação desse entendimento é consolidada pelo conceito de RED-S, que integra diferentes sistemas fisiológicos em um mesmo modelo explicativo. Essa abordagem supera a visão restrita da tríade clássica ao evidenciar que a baixa disponibilidade energética constitui um fenômeno sistêmico, com repercussões amplas e interdependentes. Tal evolução conceitual reforça a necessidade de abordagens mais abrangentes na avaliação clínica (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

A reversibilidade dessas alterações tem sido demonstrada por estudos de intervenção, nos quais a restauração da disponibilidade energética está associada à melhora de parâmetros hormonais, ósseos e funcionais. Esses achados sustentam a interpretação de que a tríade apresenta caráter predominantemente funcional, desde que o fator central, o déficit energético, seja adequadamente corrigido. Ainda assim, a recuperação pode variar conforme a duração e a intensidade do déficit, o que reforça a importância do diagnóstico precoce (Souza *et al*, 2022; Sousa *et al*, 2023).

### **Alterações Hormonais e Disfunção Menstrual**

As alterações hormonais e a disfunção menstrual constituem um dos principais eixos da tríade da mulher atleta, sendo diretamente influenciadas pela baixa disponibilidade energética. Enquanto interpretações clássicas descrevem a supressão do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano como uma resposta direta ao déficit energético, abordagens mais recentes ampliam essa compreensão ao evidenciar que essa supressão resulta de uma integração complexa entre sinais metabólicos e hormonais. Dessa forma, a disfunção reprodutiva deixa de ser compreendida como um evento isolado e passa a ser interpretada como parte de uma reorganização sistêmica do eixo endócrino frente à restrição energética (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

A redução da pulsatilidade do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) é frequentemente apontada como o evento central desse processo. No entanto, há uma mudança importante na interpretação desse fenômeno: enquanto modelos tradicionais o consideram o ponto inicial da disfunção, evidências mais recentes sugerem que essa alteração representa uma consequência da interação entre múltiplos sinais periféricos, especialmente aqueles relacionados ao estado energético. Essa perspectiva reforça que o controle do GnRH é altamente dependente da disponibilidade energética, evidenciando a interdependência entre metabolismo e função reprodutiva (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

A diminuição dos níveis de LH e FSH, decorrente da alteração na secreção do GnRH, compromete a função ovariana, mas sua interpretação varia conforme o enfoque adotado. Enquanto análises mais tradicionais enfatizam a anovulação como principal consequência clínica, abordagens mais recentes ampliam esse entendimento ao incluir alterações subclínicas, como deficiência da fase lútea e irregularidades hormonais em ciclos aparentemente normais. Essa ampliação conceitual evidencia que a disfunção menstrual deve ser compreendida como um espectro contínuo, e não como um evento dicotômico (Santos, 2019; Sousa *et al*, 2023).

Do ponto de vista clínico, as manifestações variam desde irregularidades menstruais até amenorreia hipotalâmica funcional. Embora a amenorreia tenha sido historicamente considerada o principal marcador da disfunção, evidências recentes indicam que alterações mais sutis já refletem comprometimento fisiológico significativo. Essa mudança de perspectiva reforça a importância do reconhecimento precoce, uma vez que a ausência de manifestações evidentes não exclui disfunção endócrina relevante (Sousa *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

Além disso, observa-se que a função reprodutiva pode estar comprometida mesmo na presença de ciclos menstruais aparentemente regulares. Estudos demonstram a ocorrência de anovulação, alterações na secreção de LH e disfunções da fase lútea em atletas com padrão menstrual normal, o que evidencia limitações na avaliação clínica baseada exclusivamente na regularidade do ciclo. Essa constatação redefine os critérios diagnósticos e reforça a necessidade de investigação hormonal mais detalhada (Ferreira *et al*, 2024; Santos, 2019).

No que se refere aos mediadores metabólicos, a leptina desempenha papel fundamental na comunicação entre o estado energético e o eixo reprodutivo. Inicialmente descrita como marcador do estado nutricional, sua função tem sido ampliada para um papel ativo na modulação hipotalâmica, influenciando diretamente

a secreção do GnRH. Essa evolução conceitual reforça a importância da leptina como elo entre metabolismo e regulação endócrina (Lima et al, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

Paralelamente, o aumento dos níveis de cortisol, associado ao estresse metabólico, contribui para a supressão do eixo reprodutivo. Esse fenômeno, inicialmente interpretado de forma isolada, passa a ser compreendido como parte de uma resposta integrada envolvendo múltiplos eixos hormonais, especialmente o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Essa visão evidencia que a disfunção reprodutiva resulta de uma atuação sinérgica entre diferentes sistemas endócrinos (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

Outras alterações hormonais, como a redução dos níveis de T3 e IGF-1, refletem uma estratégia de economia energética. Embora tradicionalmente consideradas secundárias, essas alterações têm sido progressivamente reconhecidas como participantes ativas na modulação do ambiente endócrino global, influenciando processos anabólicos e contribuindo indiretamente para a disfunção reprodutiva. Essa interpretação reforça o caráter sistêmico da resposta ao déficit energético (Ferreira *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

As repercussões do hipoestrogenismo extrapolam o sistema reprodutivo, afetando especialmente a saúde óssea. Diferentes autores convergem ao demonstrar que a deficiência estrogênica compromete a manutenção da densidade mineral óssea, embora variem quanto à ênfase dada a esse impacto. Essa associação reforça a interdependência entre os sistemas hormonal e esquelético, evidenciando a natureza multifatorial da tríade (Sousa *et al*, 2023; Santos, 2019).

No campo terapêutico, há consenso de que a restauração da disponibilidade energética constitui o principal determinante da recuperação hormonal. Evidências demonstram que o aumento da ingestão calórica e o ajuste da carga de treinamento estão diretamente associados à retomada da função ovulatória, reforçando o caráter funcional e potencialmente reversível das alterações endócrinas quando a causa subjacente é corrigida (Souza *et al*, 2022; Sousa *et al*, 2023).

A incorporação do modelo de RED-S amplia significativamente essa compreensão ao integrar múltiplos sistemas fisiológicos. Nesse contexto, a disfunção menstrual deixa de ser interpretada como evento isolado e passa a ser reconhecida como uma das manifestações clínicas do comprometimento energético sistêmico, evidenciando uma evolução do modelo clássico da tríade para uma abordagem mais abrangente (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

Por fim, fatores contextuais e culturais influenciam diretamente o reconhecimento dessas alterações. A normalização da amenorreia no ambiente

esportivo e a subvalorização de sintomas precoces contribuem para o atraso diagnóstico, evidenciando que barreiras não apenas fisiológicas, mas também comportamentais e perceptivas, participam da manutenção do quadro clínico. Essa análise reforça a necessidade de uma abordagem crítica e educativa no contexto esportivo (Ferreira et al, 2024; Sousa, 2023).

### **Comprometimento da Saúde Óssea**

O comprometimento da saúde óssea na tríade da mulher atleta é resultado de uma interação multifatorial entre baixa disponibilidade energética e alterações hormonais, particularmente o hipoestrogenismo, que convergem para a desregulação do remodelamento ósseo. Em termos fisiológicos, o tecido ósseo depende de um equilíbrio dinâmico entre formação e reabsorção; contudo, sob déficit energético, esse equilíbrio é deslocado em favor da atividade osteoclástica. Embora haja consenso entre os estudos quanto à centralidade desse mecanismo, observa-se que abordagens mais clássicas enfatizam predominantemente a deficiência estrogênica como fator determinante, enquanto análises mais recentes ampliam essa interpretação ao integrar múltiplos mediadores metabólicos e endócrinos na gênese da perda óssea, evidenciando uma fisiopatologia mais complexa e sistêmica do que anteriormente descrito (Lima et al, 2020; Belaguarda et al, 2023).

A deficiência estrogênica exerce papel estruturante nesse processo ao modular o sistema RANK/RANKL/OPG, fundamental para a regulação da atividade osteoclástica. A redução dos níveis de estrogênio promove aumento da expressão de RANKL e diminuição da osteoprotegerina, favorecendo a reabsorção óssea. Entretanto, ao comparar diferentes abordagens, nota-se que estudos focados na função reprodutiva tendem a tratar o hipoestrogenismo como eixo isolado, ao passo que investigações mais recentes o inserem em um contexto mais amplo de disfunção energética, no qual sua ocorrência é interpretada como consequência adaptativa e não como evento primário, o que modifica a compreensão causal do comprometimento ósseo (Santos, 2019; Ferreira *et al*, 2024).

Além do eixo gonadal, outros mediadores hormonais assumem papel relevante na fisiopatologia óssea. A redução dos níveis de IGF-1 compromete a atividade osteoblástica e a formação de matriz óssea, enquanto o aumento do cortisol intensifica a reabsorção e inibe a síntese óssea. Comparativamente, estudos mais antigos tendem a descrever esses fatores de forma complementar, enquanto evidências mais recentes os posicionam como elementos centrais na transição para um estado catabólico sistêmico, indicando que o comprometimento ósseo não

decorre apenas da deficiência estrogênica, mas de uma rede integrada de alterações hormonais induzidas pelo déficit energético (Angelidi *et al*, 2024; Ferreira *et al*, 2024).

A influência da disponibilidade energética sobre o metabolismo ósseo também se expressa por vias metabólicas diretas, incluindo alterações na taxa metabólica basal e na utilização de substratos energéticos. A redução da triiodotironina (T3) e a priorização da oxidação lipídica refletem um estado de economia energética que impacta negativamente processos anabólicos, incluindo a formação óssea. Enquanto alguns estudos enfatizam essas alterações como adaptações fisiológicas, análises mais recentes destacam seu papel na perpetuação do déficit de remodelamento ósseo, sugerindo que tais respostas, embora inicialmente adaptativas, tornam-se deletérias quando sustentadas cronicamente (Sousa *et al*, 2023; Ihalainen *et al*, 2024).

Os fatores nutricionais também desempenham papel decisivo, atuando de forma sinérgica com as alterações hormonais. A ingestão inadequada de cálcio, vitamina D e proteínas compromete a mineralização óssea e a formação da matriz, potencializando a perda de densidade mineral óssea. Ao comparar os estudos, observa-se que abordagens mais recentes enfatizam não apenas a deficiência isolada de nutrientes, mas a interação entre inadequação nutricional global e estado energético negativo, reforçando a ideia de que o comprometimento ósseo resulta de um contexto metabólico integrado e não de deficiências pontuais (Sousa *et al*, 2023; Belaguarda *et al*, 2023).

Do ponto de vista clínico, a consequência mais evidente desse processo é a redução da densidade mineral óssea, com desenvolvimento de osteopenia, osteoporose precoce e aumento do risco de fraturas por estresse. Essas fraturas são frequentemente descritas como marcadores clínicos relevantes, porém a literatura recente sugere que sua ocorrência representa estágio tardio de um processo progressivo e silencioso. Essa interpretação contrasta com abordagens mais tradicionais, que tendem a valorizar o evento clínico isolado, enquanto análises contemporâneas enfatizam a necessidade de identificação precoce de alterações subclínicas (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

A vulnerabilidade é particularmente acentuada em períodos críticos de aquisição de massa óssea, como adolescência e início da vida adulta. Nesses contextos, a baixa disponibilidade energética pode comprometer o pico de massa óssea, com repercussões permanentes. Enquanto estudos clássicos reconhecem esse risco, abordagens mais recentes aprofundam essa discussão ao demonstrar que déficits energéticos prolongados podem gerar prejuízos parcialmente irreversíveis, mesmo

após intervenção, evidenciando a importância do diagnóstico precoce (Santos, 2019; Souza *et al*, 2022).

Outro ponto de convergência entre os estudos refere-se ao caráter silencioso da perda óssea, que frequentemente evolui sem manifestações clínicas até a ocorrência de fraturas. No entanto, análises mais atuais destacam a limitação dessa abordagem baseada em eventos tardios e defendem a utilização de indicadores indiretos, como alterações menstruais e histórico de lesões, como estratégias de rastreamento precoce, ampliando a perspectiva clínica para além da avaliação densitométrica isolada (Ferreira *et al*, 2024; Belaguarda *et al*, 2023).

Evidências de intervenção demonstram que a restauração da disponibilidade energética pode promover melhora da densidade mineral óssea, especialmente quando associada à recuperação da função menstrual. Contudo, ao comparar os resultados, observa-se que a recuperação óssea é frequentemente mais lenta e, em alguns casos, incompleta, particularmente em situações de déficit energético prolongado. Esse achado relativiza a ideia de reversibilidade plena e reforça a necessidade de intervenções precoces e sustentadas (Souza *et al*, 2022; Sousa *et al*, 2023).

No contexto ampliado da RED-S, o comprometimento da saúde óssea é interpretado como parte de um espectro sistêmico de disfunções, e não como componente isolado da tríade. Essa perspectiva representa um avanço conceitual importante, ao integrar fatores metabólicos, hormonais e nutricionais em uma abordagem unificada. Comparativamente, esse modelo supera a visão tradicional ao permitir compreensão mais abrangente da fisiopatologia e orientar estratégias de manejo mais integradas (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

### **Impactos Metabólicos e Sistêmicos**

Os impactos metabólicos e sistêmicos da tríade da mulher atleta decorrem diretamente da baixa disponibilidade energética, configurando um estado adaptativo complexo que envolve múltiplos sistemas fisiológicos. De forma geral, há consenso na literatura de que o organismo, diante do déficit energético, prioriza funções essenciais à sobrevivência em detrimento de processos anabólicos e regulatórios. No entanto, observa-se uma evolução conceitual entre as evidências: enquanto abordagens mais tradicionais descrevem essas alterações como respostas fisiológicas isoladas, investigações contemporâneas as interpretam como parte de uma reprogramação metabólica integrada, com repercussões sistêmicas amplas e progressivas (Lima *et al*, 2020; Belaguarda *et al*, 2023).

No âmbito metabólico, uma das principais adaptações é a redução da taxa metabólica basal, frequentemente associada à diminuição dos níveis de triiodotironina (T3). Essa resposta reflete um mecanismo de economia energética, mas sua interpretação varia entre as análises disponíveis. Perspectivas clássicas tendem a considerá-la uma adaptação benéfica à restrição energética, enquanto abordagens mais atuais destacam seu impacto negativo sobre a capacidade funcional, recuperação muscular e manutenção de processos fisiológicos, evidenciando que essa adaptação pode se tornar disfuncional quando sustentada (Sousa *et al*, 2023; Ihalainen *et al*, 2024).

Paralelamente, ocorre alteração na utilização de substratos energéticos, com maior dependência da oxidação de lipídios e redução da disponibilidade de glicose. Esse deslocamento metabólico compromete a reposição de glicogênio e a capacidade de sustentar exercícios de alta intensidade. Em comparação, produções científicas recentes aprofundam essa análise ao demonstrar que tais alterações não apenas refletem o estado energético, mas também contribuem para a redução do desempenho esportivo, estabelecendo uma relação bidirecional entre déficit energético e prejuízo funcional (Sousa *et al*, 2023; Ihalainen *et al*, 2024).

No sistema endócrino, a baixa disponibilidade energética promove alterações em múltiplos eixos hormonais, com destaque para a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. O aumento dos níveis de cortisol caracteriza um estado catabólico, associado à degradação proteica, perda de massa magra e prejuízo à recuperação tecidual. Embora pesquisas anteriores reconheçam essa alteração, evidências mais atuais enfatizam sua centralidade na mediação das repercussões sistêmicas, posicionando o cortisol como elemento-chave na transição de um estado adaptativo para um quadro de disfunção metabólica crônica (Angelidi *et al*, 2024; Ferreira *et al*, 2024).

Simultaneamente, observa-se redução de hormônios anabólicos, como o fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1), comprometendo processos fundamentais como síntese proteica, regeneração muscular e formação óssea. Ao comparar a literatura, nota-se que abordagens recentes integram essa redução a um contexto mais amplo de supressão anabólica sistêmica, evidenciando que o impacto do déficit energético ultrapassa o eixo reprodutivo e atinge de forma significativa o equilíbrio metabólico global (Ferreira *et al*, 2024; Lima *et al*, 2020).

Alterações em hormônios reguladores do balanço energético, como leptina e grelina, também desempenham papel relevante nesse contexto. A redução da leptina, em particular, atua como sinal periférico de insuficiência energética, influenciando a

regulação central do apetite e modulando a atividade de múltiplos eixos hormonais. Enquanto abordagens clássicas destacam seu papel no eixo reprodutivo, análises mais atuais ampliam essa visão ao demonstrar sua participação na integração entre estado energético, metabolismo e função neuroendócrina, reforçando o caráter sistêmico das alterações (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

O sistema imunológico também é significativamente impactado, com redução da resposta imune celular e humoral. A ingestão inadequada de nutrientes essenciais, associada ao estresse fisiológico do treinamento, compromete a função de células imunes e aumenta a suscetibilidade a infecções. Em perspectiva comparativa, produções mais recentes enfatizam que esse comprometimento não deve ser interpretado como efeito secundário isolado, mas como parte de uma resposta sistêmica ao déficit energético, que afeta a capacidade do organismo de manter a integridade funcional diante de demandas externas (Sousa *et al*, 2023; Belaguarda *et al*, 2023).

No sistema cardiovascular, observam-se adaptações como bradicardia, hipotensão e redução do débito cardíaco, refletindo tanto mecanismos de economia energética quanto alterações na regulação autonômica. A literatura, entretanto, apresenta nuances interpretativas: enquanto algumas abordagens consideram essas alterações como adaptações fisiológicas ao treinamento, evidências atuais alertam para a dificuldade de distinção entre adaptação e disfunção, especialmente quando associadas ao déficit energético, o que pode levar à subvalorização de sinais clínicos relevantes (Ferreira *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

Além disso, o sistema nervoso central também sofre influência significativa, com manifestações como fadiga, irritabilidade, ansiedade e sintomas depressivos. Essas alterações resultam da interação entre deficiência energética e alterações hormonais, particularmente o aumento do cortisol. Ao analisar a produção científica, observa-se uma ampliação progressiva da compreensão desses efeitos, que passam de manifestações inespecíficas para componentes estruturais do quadro clínico, evidenciando a interdependência entre fatores metabólicos e psicológicos (Sousa *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

A integração desses achados é aprofundada pelo modelo da RED-S, que propõe uma abordagem sistêmica das repercussões do déficit energético. Esse modelo representa um avanço em relação à concepção tradicional da tríade, ao reconhecer que múltiplos sistemas metabólico, endócrino, imunológico, cardiovascular e neurológico são afetados de forma interdependente. Comparativamente, essa

perspectiva amplia a compreensão da condição e orienta uma abordagem clínica mais abrangente (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

Outro aspecto relevante refere-se à dificuldade de reconhecimento precoce dessas alterações, uma vez que muitos dos sintomas, como fadiga e queda de desempenho, são frequentemente atribuídos ao treinamento intenso. Evidências recentes destacam que essa sobreposição entre adaptação fisiológica e disfunção metabólica contribui para a subnotificação dos casos e atraso na intervenção, reforçando a necessidade de avaliação clínica criteriosa e integrada (Ferreira *et al*, 2024; Belaguarda *et al*, 2023).

Por fim, evidências indicam que os impactos metabólicos e sistêmicos não apenas comprometem a saúde, mas também influenciam diretamente o desempenho esportivo. A redução da eficiência metabólica, associada ao estado catabólico, limita a capacidade funcional e a adaptação ao treinamento. Ao comparar diferentes abordagens, observa-se um consenso crescente de que a baixa disponibilidade energética representa não apenas um risco clínico, mas também um fator limitante de performance, consolidando sua relevância tanto na saúde quanto no rendimento esportivo (Ihalainen *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

### **Aspectos Psicossociais Associados**

Os aspectos psicossociais associados à tríade da mulher atleta são compreendidos como determinantes relevantes tanto para o desencadeamento quanto para a manutenção da baixa disponibilidade energética, sendo indissociáveis da análise fisiopatológica do quadro. Evidências indicam que fatores socioculturais, como a valorização de padrões estéticos específicos e a associação entre magreza e desempenho esportivo, exercem influência direta sobre o comportamento alimentar e a percepção corporal das atletas, sobretudo em modalidades que enfatizam baixo peso ou estética corporal. Essa construção social do corpo ideal contribui para a internalização de metas incompatíveis com a saúde fisiológica, favorecendo a adoção de práticas restritivas e o estabelecimento de um balanço energético negativo persistente (Belaguarda *et al*, 2023; Sousa *et al*, 2023).

Sob uma perspectiva comparativa, observa-se que, enquanto alguns autores enfatizam o papel predominante das pressões externas, como treinadores, arbitragem estética e cultura esportiva na gênese dos comportamentos alimentares inadequados, outros destacam a importância de fatores intrínsecos, como traços de personalidade e padrões cognitivos disfuncionais. Nesse sentido, características como perfeccionismo, elevada autoexigência e necessidade de controle são descritas

como elementos que potencializam a vulnerabilidade à restrição alimentar e à negligência de sinais fisiológicos de inadequação energética. Essa divergência analítica sugere que os fatores psicossociais devem ser compreendidos de forma multifatorial, resultantes da interação entre ambiente e indivíduo, e não como elementos isolados (Ferreira *et al*, 2024; Belaguarda *et al*, 2023).

Além disso, investigações apontam que comportamentos alimentares desorganizados podem se manifestar mesmo na ausência de transtornos alimentares formalmente diagnosticados, ampliando o espectro clínico da condição. Enquanto algumas análises abordam esses comportamentos como estratégias adaptativas voltadas à otimização do desempenho, outras os interpretam como manifestações de distorções na relação com a alimentação e o corpo. Essa diferença interpretativa reforça a complexidade do fenômeno, evidenciando que a baixa disponibilidade energética pode emergir tanto de decisões conscientes quanto de processos psicológicos mais sutis e internalizados (Sousa *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

No campo emocional, há convergência entre os autores ao reconhecer que a tríade da mulher atleta está frequentemente associada a alterações psicológicas, como ansiedade, irritabilidade e sintomas depressivos. Entretanto, a análise crítica dos estudos revela que essas manifestações não devem ser interpretadas apenas como consequências do déficit energético, mas também como fatores que contribuem para sua perpetuação. Esse caráter bidirecional estabelece um ciclo de retroalimentação, no qual o sofrimento psíquico favorece a manutenção de comportamentos alimentares inadequados, ao mesmo tempo em que o estado de deficiência energética intensifica as alterações emocionais (Ferreira *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

Outro ponto de análise relevante refere-se à subnotificação dos sintomas no contexto esportivo. Diferentes autores destacam que a normalização de práticas restritivas e de alterações menstruais, frequentemente interpretadas como adaptações ao treinamento intenso, contribui para o atraso no diagnóstico e na intervenção. Essa percepção é reforçada por um ambiente esportivo que, por vezes, valoriza o desempenho em detrimento da saúde, levando atletas a omitirem sintomas por receio de afastamento ou perda de competitividade. Tal cenário evidencia uma lacuna entre o conhecimento científico e a prática esportiva, reforçando a necessidade de estratégias educativas mais eficazes (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

Adicionalmente, evidências sugerem que alterações neuroendócrinas decorrentes da baixa disponibilidade energética, como a redução dos níveis de leptina e alterações em outros hormônios reguladores do apetite, influenciam diretamente o

comportamento alimentar. Essa interação entre mecanismos biológicos e fatores psicossociais reforça a natureza integrada da condição, na qual aspectos emocionais, ambientais e fisiológicos se sobrepõem de maneira dinâmica. Assim, o comportamento alimentar da atleta não pode ser compreendido apenas sob uma ótica volitiva, mas sim como resultado de múltiplas influências interdependentes (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

No contexto ampliado da RED-S, os aspectos psicossociais são reconhecidos como componentes estruturais do modelo explicativo, influenciando tanto a origem quanto a progressão das alterações clínicas. Essa abordagem integrativa permite compreender que intervenções exclusivamente fisiológicas tendem a ser insuficientes, sendo imprescindível a incorporação de estratégias que abordem fatores comportamentais e emocionais. Dessa forma, a análise psicossocial emerge não apenas como elemento complementar, mas como eixo fundamental para a compreensão abrangente e o manejo eficaz da tríade da mulher atleta (Belaguarda *et al*, 2023; Sousa *et al*, 2023).

### **Repercussões Cardiovasculares**

As repercussões cardiovasculares na tríade da mulher atleta devem ser compreendidas como manifestações decorrentes da baixa disponibilidade energética, inseridas em um contexto de adaptações fisiológicas voltadas à economia metabólica. Esse estado leva à redução do gasto energético global, repercutindo diretamente sobre a função cardíaca e hemodinâmica. Parte da literatura descreve tais alterações como respostas adaptativas iniciais, enquanto outras abordagens ressaltam seu potencial caráter patológico quando mantidas de forma crônica, evidenciando a transição entre adaptação fisiológica e disfunção sistêmica (Lima *et al*, 2020; Coelho *et al*, 2021).

A bradicardia sinusal constitui uma das manifestações mais frequentes, porém sua interpretação exige análise crítica. Em atletas, essa condição pode representar adaptação ao treinamento aeróbico, associada ao aumento do tônus vagal. Entretanto, em contexto de déficit energético, a bradicardia também pode refletir supressão metabólica, relacionada à redução da atividade simpática e ao estado catabólico. Essa dualidade interpretativa evidencia a dificuldade em diferenciar adaptações fisiológicas de sinais precoces de comprometimento cardiovascular (Ferreira *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

A hipotensão arterial também é descrita como consequência da diminuição do débito cardíaco e da redução do volume plasmático, frequentemente associada à

ingestão calórica e hídrica insuficientes. Enquanto algumas análises enfatizam seu caráter adaptativo, outras destacam suas repercussões clínicas, como tontura, intolerância ortostática e prejuízo da capacidade funcional, reforçando a necessidade de contextualização desses achados no estado nutricional da atleta (Sousa *et al*, 2023; Belaguarda *et al*, 2023).

Do ponto de vista estrutural, há evidências de que a deficiência energética prolongada pode estar associada à redução da massa miocárdica, decorrente de um estado catabólico mediado por alterações hormonais, como aumento do cortisol e redução de fatores anabólicos. Essa condição sugere impacto direto sobre o músculo cardíaco, podendo comprometer a função contrátil e a resposta ao esforço físico, especialmente em situações de alta demanda metabólica (Lima *et al*, 2020; Ferreira *et al*, 2024).

Além disso, investigações indicam que desequilíbrios eletrolíticos decorrentes de ingestão inadequada podem predispor a alterações eletrofisiológicas, incluindo arritmias. A deficiência de micronutrientes como potássio, magnésio e cálcio, associada ao estresse fisiológico do treinamento, amplia o risco cardiovascular, demonstrando que essas repercussões resultam da interação entre fatores nutricionais, metabólicos e hormonais (Sousa *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

Outro aspecto relevante refere-se ao impacto do hipoestrogenismo sobre o sistema cardiovascular. A redução dos níveis de estrogênio compromete a função endotelial e a regulação do tônus vascular, podendo contribuir para alterações na vasodilatação e aumento da rigidez vascular. Embora parte da literatura associe esses efeitos principalmente a repercussões de longo prazo, outras análises sugerem que sua presença precoce já pode indicar comprometimento sistêmico relevante (Santos, 2019; Grabia *et al*, 2024).

Sob a perspectiva metabólica, a redução da taxa metabólica basal e da demanda energética global impacta diretamente a função cardiovascular, resultando em menor tolerância ao esforço e aumento da percepção de fadiga. Esse cenário evidencia que o comprometimento cardiovascular não ocorre de forma isolada, mas como parte de uma reprogramação metabólica sistêmica que interfere no desempenho físico da atleta (Ihalainen *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

No modelo ampliado da RED-S, o sistema cardiovascular é reconhecido como um dos principais alvos do déficit energético crônico, sendo afetado de maneira integrada com outros sistemas orgânicos. Essa abordagem reforça que as alterações cardiovasculares devem ser interpretadas dentro de um contexto sistêmico, e não como manifestações isoladas (Belaguarda *et al*, 2023; Coelho *et al*, 2021).

Por fim, destaca-se que a sobreposição entre adaptações fisiológicas ao treinamento e alterações patológicas decorrentes da baixa disponibilidade energética constitui um dos principais desafios clínicos. A interpretação isolada de achados como bradicardia e hipotensão pode levar à subvalorização de sinais de alerta, especialmente em ambientes esportivos que associam tais características ao bom condicionamento físico. Dessa forma, a avaliação crítica e contextualizada é essencial para o reconhecimento precoce das repercussões cardiovasculares e para a adequada condução clínica dessas atletas (Ferreira *et al*, 2024; Belaguarda *et al*, 2023).

### **Estratégias de Prevenção e Tratamento**

As estratégias de prevenção e tratamento da tríade da mulher atleta fundamentam-se na compreensão da baixa disponibilidade energética como fator central, direcionando as intervenções para a restauração do equilíbrio entre ingestão calórica e gasto energético. De modo geral, há consenso na literatura de que a correção do déficit energético constitui a principal medida terapêutica, sendo capaz de reverter, total ou parcialmente, as alterações hormonais, ósseas e metabólicas. Entretanto, observa-se variação entre os autores quanto à ênfase na abordagem nutricional isolada ou na necessidade de intervenções integradas, evidenciando a complexidade do manejo clínico (Lima *et al*, 2020; Souza *et al*, 2022).

No âmbito nutricional, a maioria das evidências aponta que o aumento da ingestão energética deve ser realizado de forma gradual e individualizada, considerando as demandas do treinamento e as características da atleta. Enquanto alguns estudos enfatizam a adequação calórica global como principal determinante da recuperação fisiológica, outros destacam a importância da distribuição equilibrada de macronutrientes e da ingestão adequada de micronutrientes, como cálcio, vitamina D e ferro, especialmente no contexto da saúde óssea. Essa diferença de enfoque sugere que a intervenção nutricional deve ir além do aporte calórico, contemplando a qualidade da dieta (Sousa *et al*, 2023; Belaguarda *et al*, 2023).

O ajuste da carga de treinamento é igualmente reconhecido como componente essencial do tratamento, sobretudo em situações de déficit energético significativo. Parte da literatura defende a redução temporária do volume e da intensidade do exercício como estratégia necessária para restaurar a homeostase metabólica, enquanto outras abordagens sugerem que modificações mais sutis podem ser suficientes quando associadas ao aumento da ingestão calórica. Essa divergência evidencia a necessidade de individualização das condutas, considerando o grau de

comprometimento clínico e os objetivos esportivos da atleta (Ferreira *et al*, 2024; Sousa *et al*, 2023).

A abordagem psicológica emerge como elemento fundamental no manejo da tríade, especialmente diante da associação frequente com comportamentos alimentares desordenados e fatores emocionais. Estudos destacam que intervenções voltadas à reestruturação cognitiva, à melhora da imagem corporal e à relação com a alimentação são essenciais para a adesão ao tratamento. Enquanto alguns autores enfatizam o papel da psicoterapia como componente complementar, outros a consideram central, sobretudo em casos com forte componente comportamental, evidenciando diferentes perspectivas quanto à hierarquia das intervenções (Belaguarda *et al*, 2023; Ferreira *et al*, 2024).

No que se refere às alterações hormonais, há consenso de que a restauração da disponibilidade energética deve ser priorizada em relação a intervenções farmacológicas. A literatura indica que a recuperação da função menstrual está diretamente relacionada à normalização do estado energético, com retomada da pulsatilidade do GnRH e dos níveis de gonadotrofinas. Por outro lado, o uso de contraceptivos hormonais, embora possa regularizar o ciclo menstrual, é frequentemente criticado por mascarar o quadro sem corrigir sua causa subjacente, o que representa um ponto de convergência importante entre os autores (Souza *et al*, 2022; Lima *et al*, 2020).

Em relação à saúde óssea, as evidências indicam que a combinação entre adequação energética, recuperação da função menstrual e ingestão adequada de nutrientes é fundamental para a melhora da densidade mineral óssea. No entanto, observa-se que a recuperação óssea pode ser lenta e, em alguns casos, incompleta, especialmente quando o déficit energético ocorre durante períodos críticos de formação do pico de massa óssea. Esse aspecto reforça a importância de intervenções precoces e contínuas (Souza *et al*, 2022; Santos, 2019).

No campo da prevenção, há concordância de que estratégias educacionais desempenham papel central na redução da incidência da tríade. A conscientização de atletas, treinadores e equipes de saúde sobre os riscos da baixa disponibilidade energética é apontada como medida essencial. Entretanto, algumas análises destacam que a simples disseminação de informação pode ser insuficiente, sendo necessária a implementação de mudanças estruturais no ambiente esportivo, como revisão de critérios estéticos e de desempenho (Belaguarda *et al*, 2023; Sousa *et al*, 2023).

A implementação de protocolos de triagem e monitoramento contínuo também é amplamente recomendada. A avaliação periódica do ciclo menstrual, do

estado nutricional e do histórico de lesões permite a identificação precoce de sinais de risco. Contudo, há variação entre os autores quanto à padronização desses protocolos, indicando uma lacuna na literatura e a necessidade de maior uniformização das estratégias de rastreamento (Ferreira *et al*, 2024; Coelho *et al*, 2021).

No contexto da RED-S, as estratégias de manejo passam a incorporar uma abordagem mais abrangente, considerando o impacto sistêmico do déficit energético. Esse modelo reforça a importância do acompanhamento multidisciplinar, envolvendo profissionais de nutrição, medicina, psicologia e treinamento esportivo. Além disso, diretrizes mais atuais enfatizam a necessidade de critérios bem definidos para o retorno ao esporte, priorizando a recuperação clínica completa antes da retomada plena das atividades (Grabia *et al*, 2024; Williams *et al*, 2026).

Por fim, a análise crítica das evidências demonstra que, embora haja consenso quanto à centralidade da disponibilidade energética no tratamento, persistem divergências relacionadas à forma de implementação das intervenções. Essa heterogeneidade reforça a necessidade de individualização das condutas e de integração entre diferentes áreas do conhecimento, consolidando uma abordagem centrada na atleta e baseada em evidências (Ferreira *et al*, 2024; Belaguarda *et al*, 2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura evidenciou que a tríade da mulher atleta e a deficiência energética relativa no esporte (RED-S) constituem condições complexas e multifatoriais, com impacto significativo sobre a saúde e o desempenho esportivo de mulheres atletas. A baixa disponibilidade energética foi identificada como o principal fator fisiopatológico, desencadeando uma série de adaptações metabólicas e neuroendócrinas que comprometem o funcionamento adequado de múltiplos sistemas do organismo.

Entre as principais repercussões observadas, destacam-se as alterações hormonais, especialmente a supressão do eixo hipotálamo-hipófise-ovariano, resultando em disfunções menstruais e hipoestrogenismo. Essas alterações exercem impacto direto sobre a saúde óssea, promovendo desequilíbrio no remodelamento ósseo e aumentando o risco de osteopenia, osteoporose e fraturas por estresse, com possíveis consequências a longo prazo.

Além disso, verificou-se que o déficit energético está associado a alterações metabólicas, imunológicas, cardiovasculares e psicológicas, evidenciando o caráter

sistêmico da condição, conforme proposto pelo modelo do RED-S. Os fatores psicossociais também desempenham papel relevante na gênese e manutenção da tríade, destacando-se a influência de padrões estéticos, pressão por desempenho e comportamentos alimentares inadequados.

No que se refere ao desempenho esportivo, os achados indicam que a baixa disponibilidade energética compromete a capacidade funcional, reduz a eficiência do organismo e aumenta o risco de lesões, demonstrando que a restrição energética não favorece, mas prejudica o rendimento atlético.

Diante desses aspectos, destaca-se a importância do diagnóstico precoce e da implementação de estratégias de prevenção e intervenção baseadas na restauração do equilíbrio energético. A abordagem multidisciplinar, envolvendo profissionais das áreas de nutrição, medicina, psicologia e educação física, mostra-se fundamental para a recuperação da saúde e a otimização do desempenho das atletas.

Por fim, ressalta-se a necessidade de maior conscientização no meio esportivo acerca dos riscos associados à baixa disponibilidade energética, bem como o desenvolvimento de estratégias educativas e protocolos de monitoramento que possibilitem a identificação precoce da tríade da mulher atleta e do RED-S, contribuindo para a promoção da saúde e longevidade esportiva.

## REFERÊNCIAS

ANGELIDI, A. M.; STEFANAKIS, K.; CHOU, S. H.; et al. Relative energy deficiency in sport (RED-S): endocrine manifestations, pathophysiology and treatments.

**Endocrine Reviews**, v. 45, n. 5, p. 676–708, 2024. Disponível em:

<https://doi.org/10.1210/edrev/bnae011>. Acesso em: 13 abr. 2026.

BELAGUARDA, A. F. et al. Tríade da mulher atleta: uma revisão narrativa. **Brazilian Journal of Health Review**, Campo Mourão, v. 6, n. 3, p. 13064–13075, 2023.

Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/60757>.

Acesso em: 26 mar. 2025.

COELHO, A. R. et al. The female athlete triad/relative energy deficiency in sport (RED-S). **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetria**, v. 43, n. 5, p. 395–402, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1730289>. Acesso em: 13 abr. 2026.

FERREIRA, A. L. H. A. et al. Conhecimento, triagem, consequências e prevalência dos sintomas da síndrome da tríade da mulher atleta/deficiência relativa de energia no esporte (RED-S): uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Health Review**, Campo Mourão, v. 7, n. 4, p. e71788, 2024. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/71788>.

Acesso em: 26 mar. 2025.

GRABIA, M.; PERKOWSKI, J.; SOCHA, K.; MARKIEWICZ-ŻUKOWSKA, R. Female athlete triad and relative energy deficiency in sport (REDs): nutritional management. **Nutrients**, v. 16, n. 3, p. 359, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/3/359>. Acesso em: 13 abr. 2026.

IHALAINEN, J. K. et al. Beyond menstrual dysfunction: does altered endocrine function caused by problematic low energy availability impair health and sports performance in female athletes? **Sports Medicine**, v. 54, p. 2267–2289, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02065-6>. Acesso em: 13 abr. 2026.

LIMA, H. B. de et al. A tríade da mulher atleta. **Brazilian Journal of Health Review**, Campo Mourão, v. 3, n. 4, p. 7810–7823, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/12930>. Acesso em: 26 mar. 2025.

SANTOS, A. F. A. **Disfunções ovulatórias na atleta de alta competição**. 2019. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Desporto) – Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2019. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/5bc31d8f5ff06f6fff4f734a3b61eff5/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SOUSA, F. T. B. de et al. Tríade da mulher atleta, comportamento alimentar e saúde óssea: perspectivas para o tratamento e prevenção. **Revista Formadores**, Bahia, v. 20, supl., p. e2037, 2023. Disponível em: <https://adventista.emnuvens.com.br/formadores/article/view/2037>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SOUZA, M. J. et al. Bone mineral density in response to increased energy intake in exercising women with oligomenorrhea/amenorrhea: the REFUEL randomized controlled trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Oxford, v. 115, n. 6, p. 1457–1472, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522002726>. Acesso em: 28 mar. 2025.

WILLIAMS, N. I. et al. 2025 update to the Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement Part 2: clinical guidelines for screening, diagnosis, treatment, and return to play for adolescents and adults. **Sports Medicine**, v. 56, p. 375–427, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02332-0>. Acesso em: 13 abr. 2026.