

**SUPLEMENTOS ALIMENTARES CONTAMINADOS COM ESTEROIDES: EFEITOS ADVERSOS
E CONTRIBUIÇÕES DA BIOTECNOLOGIA NA DETECÇÃO E PREVENÇÃO**

Jéssica Brandão Pereira Mendes¹, Yara Rodrigues dos Santos²
Genario Oliveira Santos Junior¹, Erika Maria de Oliveira Ribeiro², Ademir Evangelista do Vale¹

RESUMO

Os suplementos alimentares são produtos administrados por via oral ou enteral para complementar a alimentação. Estudos recentes indicam que alguns desses produtos podem estar contaminados com substâncias não declaradas, especialmente com esteroides androgênicos anabólicos (EAAs), representando riscos à saúde. Objetivo: Revisar as principais substâncias indevidamente presentes em suplementos comerciais, discutir os efeitos adversos associados e destacar o papel dos métodos biotecnológicos analíticos na detecção e prevenção dessas contaminações. Materiais e métodos: Revisão narrativa da literatura, realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Scielo e Lilacs. Conclusão: O uso de suplementos contaminados com EAAs associa-se a danos significativos ao fígado, sistema nervoso, cardiovascular e reprodutivo. Além disso, métodos analíticos como GC-MS, LC-MS/MS, LC-HRMS e NMR apresentam elevada sensibilidade, sendo essenciais para a identificação de substâncias não declaradas em produtos biotecnológicos e para a proteção do consumidor.

Palavras-chave: Suplementos nutricionais. Esteroides. Reações adversas. Biotecnologia.

ABSTRACT

Dietary supplements contaminated with steroids: adverse effects and the role of biotechnology in detection and prevention

Dietary supplements are products administered orally or enterally to complement nutrition. Recent studies indicate that some of these products may be contaminated with undeclared substances, especially anabolic androgenic steroids (AAS), posing health risks. Objective: To review the main substances improperly present in commercial supplements, discuss the associated adverse effects, and highlight the role of biotechnological analytical methods in detecting and preventing such contaminations. Materials and methods: A narrative literature review was conducted using the PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Scielo, and Lilacs databases. Conclusion: The use of supplements contaminated with AAS is associated with significant damage to the liver, nervous, cardiovascular, and reproductive systems. Biotechnological methods, such as GC-MS, LC-MS/MS, LC-HRMS, and NMR, demonstrate high sensitivity, which is essential for identifying undeclared substances and protecting consumers.

Key words: Dietary supplements. Steroids. Adverse reactions. Biotechnology.

1 - Universidade Federal da Bahia (UFBA),
Salvador, Bahia, Brasil.
2 - Universidade do Estado da Bahia (UNEB),
Salvador, Bahia, Brasil.

Autor correspondente:
eribeiro@uneb.br

E-mail dos autores:
jessicabmnut@gmail.com
rodrigues-yara@hotmail.com
genario@ufba.br
eribeiro@uneb.br
advale@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os suplementos alimentares são produtos administrados via oral ou enteral e designados para complementar a alimentação e suprir necessidades nutricionais específicas (ANVISA, 2025).

A vigente regulamentação nacional classifica os suplementos em sete categorias, visando transparência na rotulagem, regras de composição detalhadas, requisitos sanitários descritos, qualidade e comercialização segura, além de diferenciá-los de medicamentos.

Apesar desses avanços normativos que permitem maior confiança ao consumidor, relatos de adulterações e contaminações em suplementos continuam a surgir, levantando preocupações quanto à integridade desses produtos (ANVISA, 2018; ANVISA, 2023; ANVISA, 2024).

A suspeita de contaminação dos suplementos com pró-hormônios ou esteroides androgênicos anabólicos (EAAs) tem sido confirmada em diferentes estudos, como em suplementos vitamínicos (Gayer, 2008; Solimini, 2017; Tran, 2023), sugerindo que outros produtos também possam estar contaminados. Tais adulterações podem ocorrer de forma não intencional, como a contaminação cruzada no processo de fabricação, manipulação, armazenamento ou distribuição dos produtos.

Entretanto, podem ser intencionais, caracterizando fraude, pois expõem os consumidores a riscos significativos, sem o conhecimento e consentimento dos mesmos (Ronis, Pedersen e Watt, 2019).

A busca por perda de peso, ganho de massa muscular, aumento de força, resistência e desempenho físico estimula o consumo de suplementos.

Contudo os efeitos adversos raramente são divulgados, e contaminações esteroidais, mesmo em baixas concentrações, como 0,00005%, podem positivar exames antidoping e comprometer a carreira de atletas (Costa, Roiffé e Padilha, 2021).

Além do impacto esportivo, o consumo inadvertido de esteroides pode desencadear impactos sistêmicos diversos, incluindo consequências cardiovasculares, dermatológicas, hepáticas, imunológicas, endócrinas, musculoesqueléticas e renais, representando riscos à saúde pública (Pope e colaboradores, 2014).

Nesse contexto, a Biotecnologia desempenha um papel fundamental ao dispor de métodos analíticos sensíveis e específicos, capazes de identificar traços de esteroides, ainda que em quantidades mínimas. Técnicas como as cromatografias permitem a avaliação dos produtos com maior precisão (Jurášek e colaboradores, 2017; Huml e colaboradores, 2021).

Diante o exposto, objetiva-se realizar um levantamento das principais substâncias inapropriadas, especialmente os esteroides, encontradas em suplementos alimentares comerciais, discutir os efeitos adversos associados e destacar as contribuições da biotecnologia na detecção e prevenção dessas contaminações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão narrativa da literatura com o objetivo de identificar os principais esteroides e outras substâncias inadequadas detectadas em suplementos alimentares comerciais, os efeitos adversos à saúde e as contribuições da biotecnologia para a detecção e prevenção.

Estratégia de busca

A busca foi conduzida por meio do portal CAPES/CAFE nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Scielo e Lilacs. Foram utilizados descritores oficiais do MeSH (Medical Subject Headings) e DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), combinados em inglês:

“Dietary Supplements” or “Food Supplements” or “Nutritional Supplements”; and “Food Contamination”; and “Anabolic Androgenic Steroids”; and “Adverse Effects”; and “Biotechnology” or “Chromatography”.

Critérios de inclusão e exclusão

Para a elaboração da revisão foram incluídos textos completos e gratuitos, artigos publicados entre 2015 e 2025, trabalhos disponíveis em inglês, português ou espanhol, estudos originais, revisões, investigações e relatos que abordassem contaminação esteroidal em suplementos alimentares, efeitos adversos associados ao consumo de produtos adulterados e técnicas biotecnológicas aplicadas à detecção de esteroides.

Da mesma forma, foram excluídos artigos que não apresentaram dados experimentais ou análises sobre contaminação ou adulteração de suplementos alimentares, estudos exclusivamente sobre suplementos herbais e estudos com animais.

Processo de seleção

A seleção dos estudos foi realizada por um único pesquisador, em duas etapas: inicialmente os artigos foram triados por títulos

e resumos, com o objetivo de excluir estudos não relacionados ao tema e, em seguida, avaliados através da leitura integral para a confirmação da elegibilidade.

Complemento da busca

Devido à heterogeneidade dos estudos identificados, realizou-se busca manual nas referências dos artigos selecionados, a fim de localizar trabalhos adicionais e relevantes para a revisão.

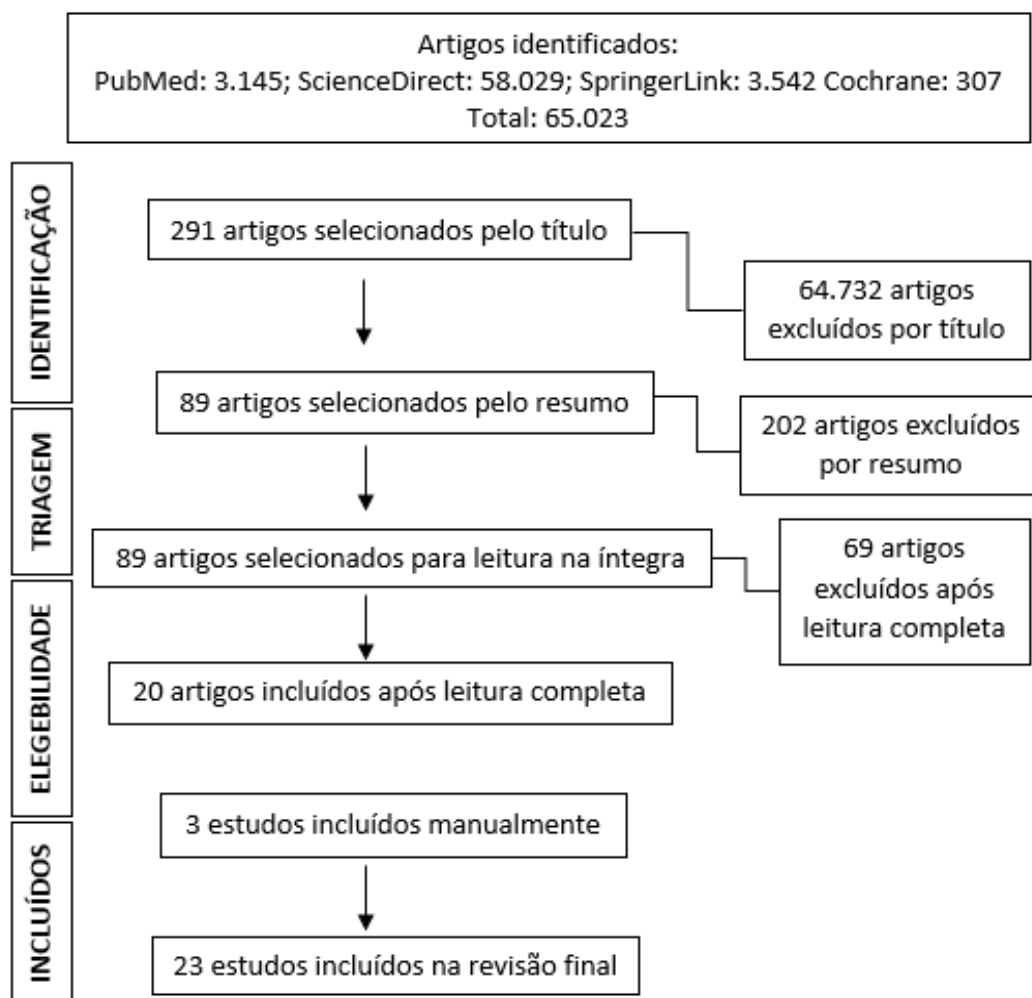
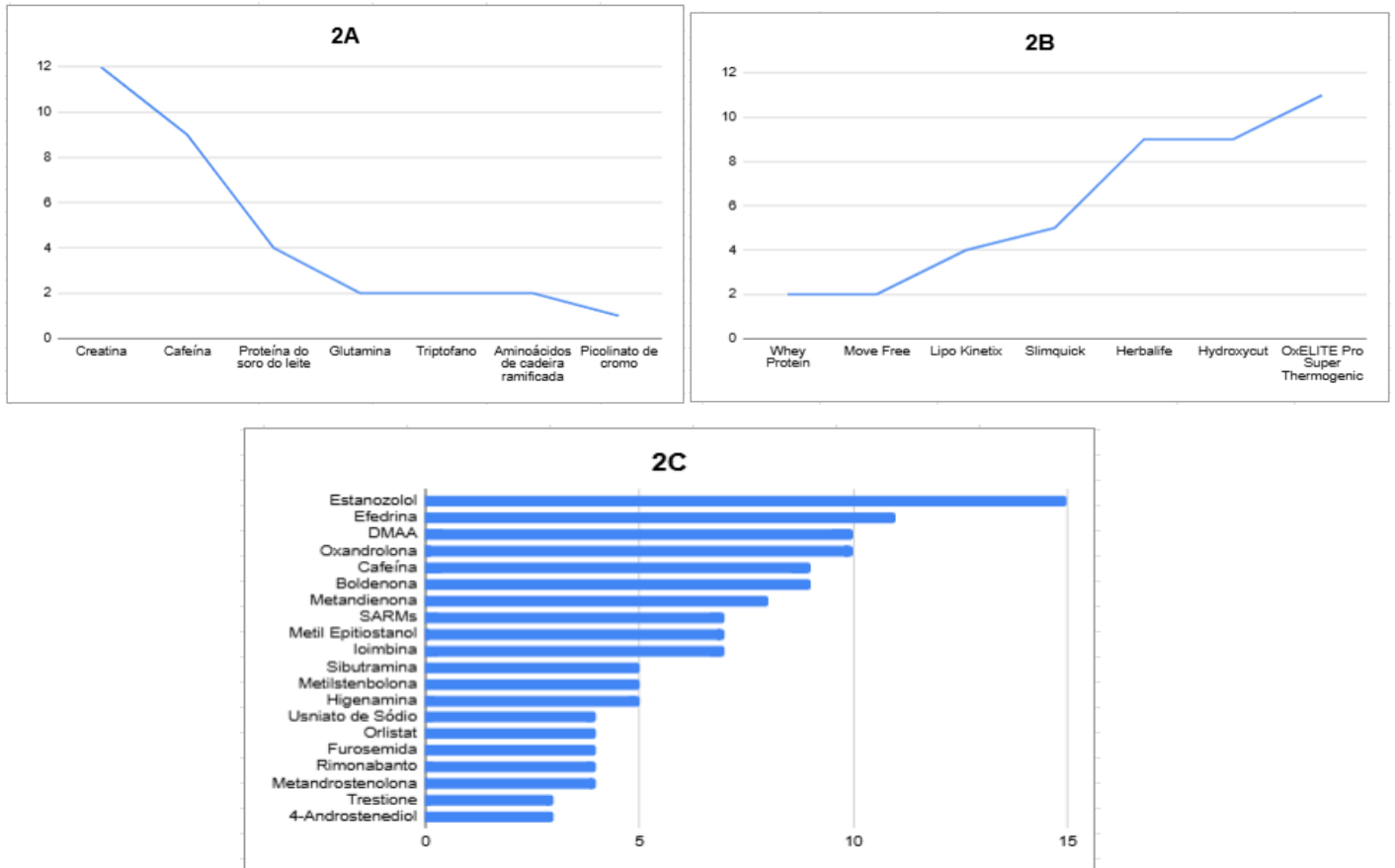


Figura 1 - Fluxograma de estratégia de busca e seleção de artigos, adaptado do PRISMA 2020 (Page e colaboradores, 2021).

RESULTADOS

Tipos de suplementos alimentares

Entre os suplementos alimentares utilizados por desportistas e atletas, a creatina foi a substância com maior número de citações nos artigos revisados, conforme ilustrado na figura 2A, seguida pela cafeína e proteína do soro do



leite

Figura 2 - Perfil dos suplementos alimentares: substâncias mais utilizadas por desportistas, marcas associadas à contaminação e substâncias não declaradas vinculadas a efeitos adversos à saúde. **Legenda:** Levantamento das principais substâncias e marcas de suplementos alimentares, dividido em: 2A, substâncias mais utilizadas como suplementação por desportistas e atletas; 2B, marcas de produtos frequentemente citadas como possivelmente contaminadas por substâncias não declaradas nos rótulos; 2C, substâncias mais encontradas no levantamento bibliográfico e não declaradas nos rótulos associadas a efeitos adversos. DMAA, Dimetilamilamina; DMT, Dimetiltriptamina; SARMs, Moduladores Seletivos de Receptores Androgênicos (do inglês, Selective Androgen Receptor Modulators).

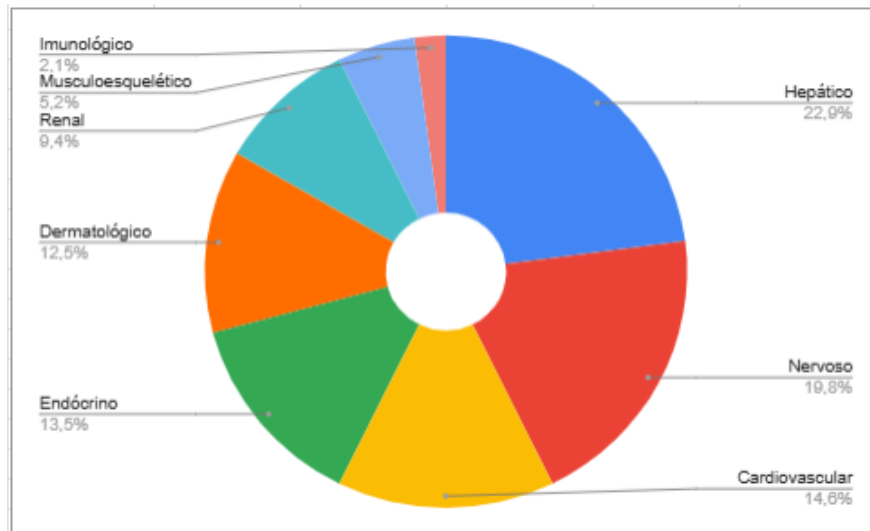


Figura 3 - Sistemas corporais mais afetados por substâncias não declaradas em suplementos alimentares, com destaque para esteróides androgênicos anabólicos

As marcas de produtos mais associadas à contaminação foram Hydroxycut, OxyELITE Pro e Herbalife, como demonstrado na Figura 2B. Ressalta-se que o Herbalife pode ser classificado com suplemento herbal, estando fora do escopo deste estudo.

Os suplementos mencionados na Figura 2B, apresentam potencial de contaminação com as substâncias demonstradas na figura 2C. Dentre essas

substâncias, a maioria corresponde à esteroides anabólicos androgênicos.

Eventos adversos

Os eventos adversos identificados na revisão indicam que os sistemas mais afetados pelo consumo inadvertido de substâncias não declaradas, especialmente EAAs, foram o hepático, cardiovascular e dermatológico (Figura 3).

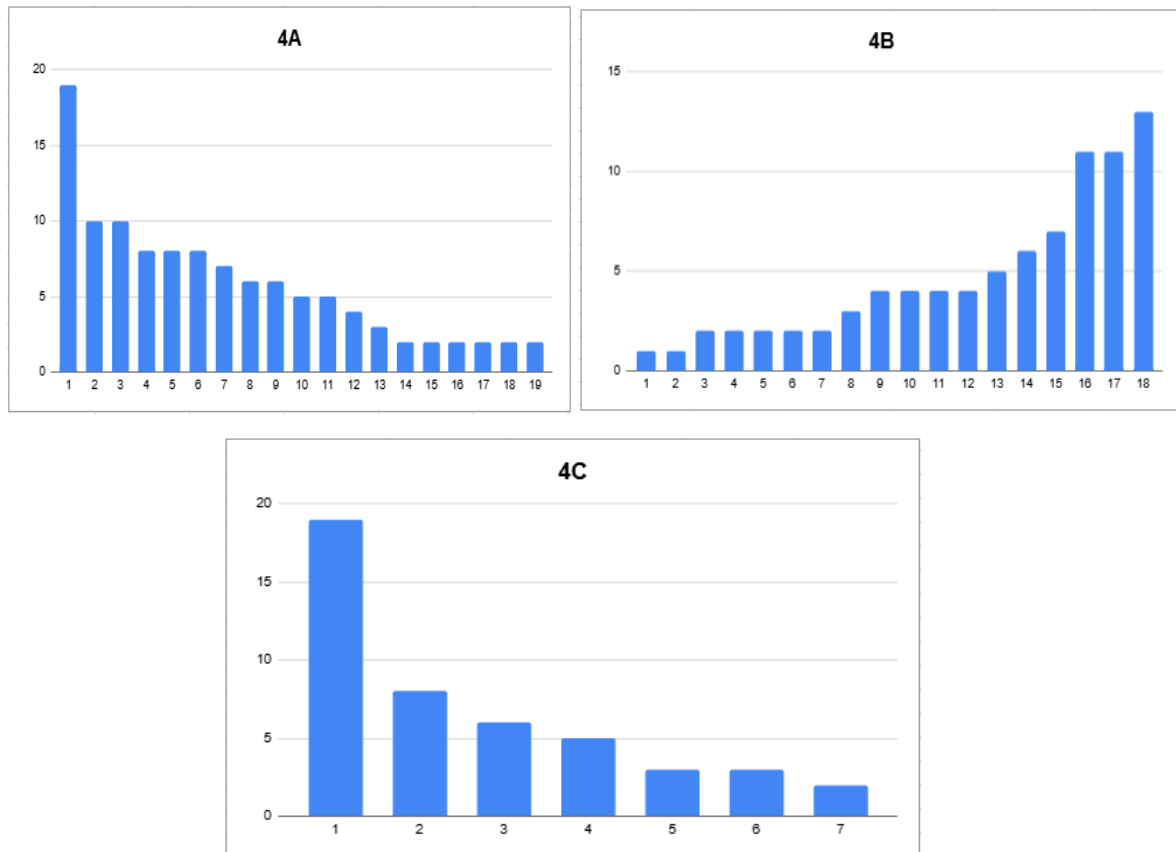


Figura 4 - Efeitos adversos mais frequentes nos sistemas hepático, neurológico e cardiovascular associados a substâncias não declaradas em suplementos alimentares.

Legenda: Manifestações mais comuns em diferentes sistemas do corpo humano, dividido em: 4A, manifestações hepáticas mais comuns, onde: 1, Colestase; 2, Transplante hepático; 3, Peliose hepática; 4, Carcinoma hepatocelular; 5, Insuficiência hepática; 6, Adenoma hepatocelular; 7, Hepatite aguda; 8, Tumores hepáticos não especificados; 9, Hepatotoxicidade; 10, Hepatite não especificada; 11, Hiperplasia nodular focal; 12, Neoplasia hepática; 13, Doença Hepática Gordurosa Não Alcoólica; 14, Hepatite crônica; 15, Esteato-hepatite Não Alcoólica; 16, Encefalopatia hepática; 17, Dilatação sinusoidal; 18, Falência hepática; 19, Cirrose; 4B, manifestações neurológicas mais comuns, onde: 1, Demência; 2, Sonolência; 3, Humor intenso; 4, Ataques de pânico; 5, Dependência de drogas; 6, Hemorragia cerebral; 7, Comportamento maníaco; 8, Pensamentos suicidas; 9, Insônia; 10, Hipomania; 11, Psicose paranoica; 12, Déficit cognitivo; 13, Cefaleia; 14, Ansiedade; 15, Irritabilidade; 16, Depressão; 17, Agressividade; 18, Acidente Vascular Cerebral; 4C, manifestações cardiovasculares mais comuns, onde: 1, Hipertensão; 2, Arritmias; 3, Trombose; 4, Infarto do miocárdio; 5, Hipertrofia ventricular; 6, Insuficiência cardíaca; 7, Cardiomiopatia.

O sistema hepático apresentou maior número de manifestações, incluindo colestase, insuficiência hepática aguda, necessidade de transplante hepático e peliose hepática (Figura 4A).

Considerando efeitos neurológicos e neuropsiquiátricos, o sistema nervoso apresentou alterações como AVC, agressividade, depressão, irritabilidade e outros impactos significativos na saúde mental (Figura 4B).

O cardiovascular foi o terceiro sistema mais afetado, apresentando menor frequência de alterações, mas com impactos clínicos tão significativos quanto os anteriores (Figura 4C).

O sistema dermatológico também pode ser acometido, com manifestações como acne, alopecia e outras alterações cutâneas (Figura 5A).

No sistema endócrino, foram observadas alterações laboratoriais como redução de HDL, elevação de ALT, AST, LDL,

bilirrubina total e direta (Figura 5B) e ginecomastia, sendo esta última a principal alteração encontrada no sexo masculino (Figura 6B).

Outras manifestações adversas foram observadas nos sistemas musculoesquelético (Figura 5C) e renal (Figura 5D), além de alterações específicas de acordo com o sexo (Figura 6A e 6B).

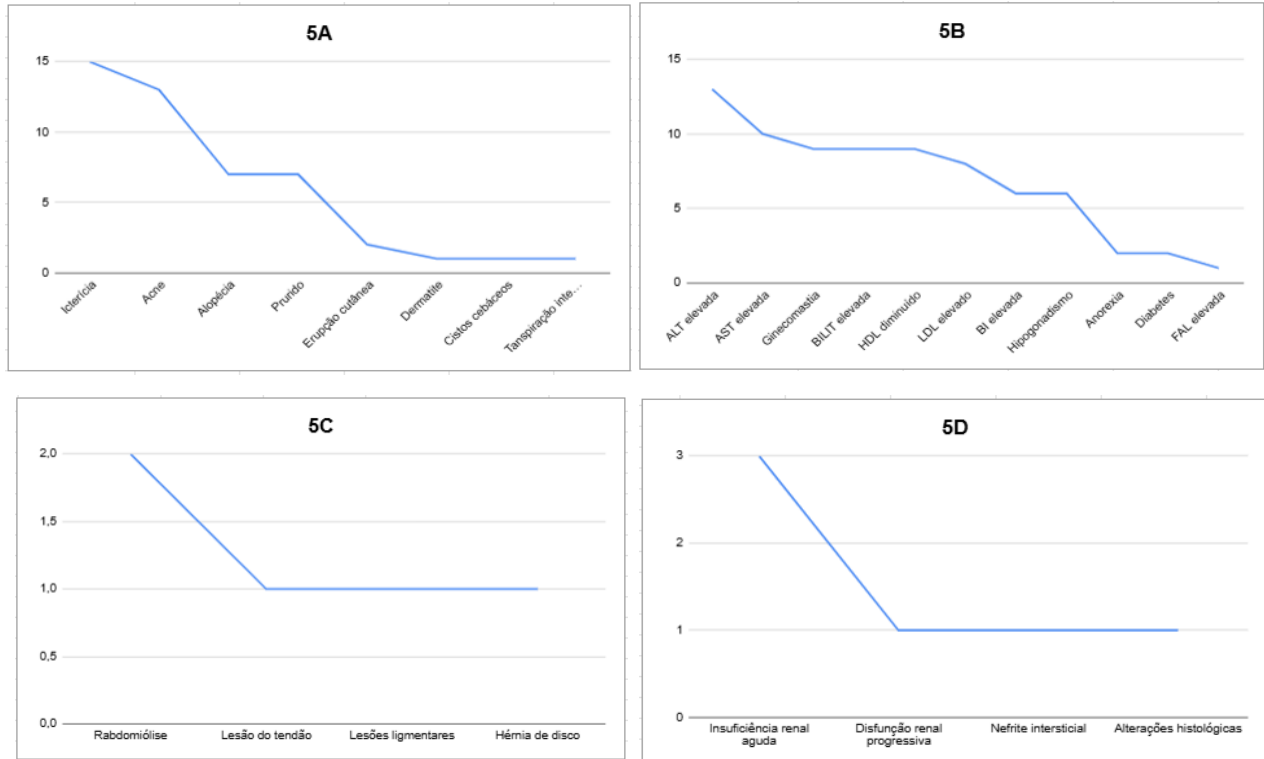


Figura 5 - Efeitos adversos mais frequentes nos sistemas dermatológico, endócrino, musculoesquelético e renal associados a substâncias não declaradas em suplementos alimentares.

Legenda: Manifestações mais comuns em diferentes sistemas do corpo humano, dividido em: 5A, manifestações dermatológicas mais comuns; 5B, manifestações endócrinas mais comuns; 5C, manifestações musculoesqueléticas mais comuns; 5D, manifestações renais mais comuns. ALT, alanina aminotransferase; AST, aspartato aminotransferase; BILIT, bilirrubina total; HDL, lipoproteína de alta densidade (do inglês, high-density lipoprotein); LDL, lipoproteína de baixa densidade (do inglês, low-density lipoprotein); BI, bilirrubina indireta; FAL, fosfatase alcalina.

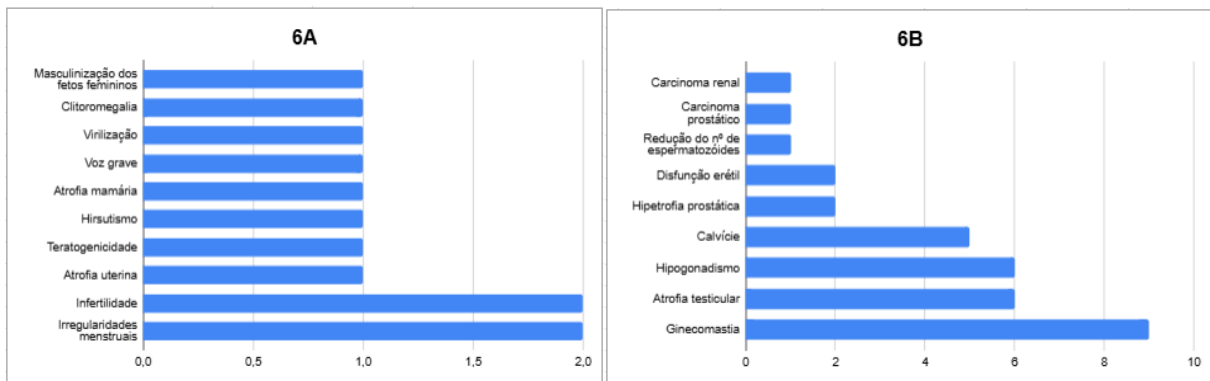


Figura 6 - Alterações específicas por sexo associado ao consumo de suplementos adulterados.
Legenda: 6A, alterações femininas mais comuns; 6B, alterações masculinas mais comuns.

Alterações reprodutivas ocorrem em ambos os sexos, sendo que no feminino destacam-se alterações menstruais, enquanto no masculino destaca-se a ginecomastia.

Principais metodologias biotecnológicas para a detecção de esteróides

Há anos, utilizam-se ferramentas analíticas em biotecnologia para a determinação de esteróides em suplementos. Com o intuito de atender a Serviços de Vigilância Sanitária e Órgãos de Defesa do Consumidor Markman e colaboradores (2011) desenvolveram e validaram a determinação de testosterona, metil testosterona e propionato de testosterona por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção por UltraVioleta (CLAE-UV) em suplementos alimentares e vitamínicos.

Recentemente, também objetivando detectar esteróides em suplementos alimentares vitamínicos, Tran e colaboradores (2023) utilizaram diversas técnicas analíticas avançadas, incluindo cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS), cromatografia líquida com espectrometria de massas de alta resolução (LC-HRMS) e ressonância magnética nuclear (NMR).

Esses métodos permitiram a identificação de diferentes esteróides, como dimetazina, metasterona (17β -hidroxi- $2\alpha,17\alpha$ -dimetil- 5α -androstano- 3α -ona) e metilstenbolona ($2,17\alpha$ -dimetil- 17β -hidroxi- 5α -androst- 1α -ona).

Um estudo nacional validou a quantificação de metasterona em suplementos

nutricionais utilizando cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas em tandem (GC-MS/MS). O valor identificado em um dos dez suplementos analisados foi de 0,00935 mg por cápsula (Vicente e colaboradores 2021).

Corroborando com estudos anteriores, Silva (2021) utilizou GC-MS para a análise de suplementos alimentares proteicos, porém não identificando a presença de esteróides.

DISCUSSÃO

O uso de suplementos alimentares apresenta considerável variação em termos de segurança e efeitos adversos. Mesmo aqueles amplamente estudados, como a creatina, que apresenta perfil de segurança favorável e não está associada a danos renais mesmo em uso prolongado em indivíduos saudáveis Kreider e colaboradores, 2017), ele não se aplica a uma parcela de produtos adulterados ou contendo substâncias não declaradas. Esse contraste reforça a importância de diferenciar suplementos seguros daqueles cuja composição representa riscos à saúde.

Entre os produtos mais associados a eventos adversos severos, destacam-se aqueles voltados à perda de peso, como o Hydroxycut e OxyELITE Pro, ambos apontados em disfunções hepáticas, como hepatotoxicidade, hepatite aguda grave, insuficiência hepática, peliose hepática e necessidade de transplante hepático (Kim, Wu, 2020; Boer e Sherker, 2016; Solimini e colaboradores, 2017).

A presença de substâncias como DMAA, proibida nacionalmente devido ao potencial de falência hepática, complicações cardiovasculares, insuficiência renal, distúrbios

metabólicos, alterações no sistema nervoso e óbito (ANVISA, 2020), demonstra como adulterações podem transformar produtos comercializados como “seguros” em itens com potencial tóxico.

Do ponto de vista toxicológico, os EAAs destacam-se como os principais adulterantes detectados, onde compostos como nandrolona, testosterona, estanozolol, metandienona e metenolona, figuram entre os mais frequentemente encontrados (Sessa e colaboradores, 2018). A exposição inadvertida a EAAs pode desencadear variedade de efeitos adversos sistêmicos, como demonstrado nos resultados.

O sistema hepático foi o mais afetado, corroborando estudos que apontam o fígado como principal órgão-alvo da toxicidade por esteroides.

Lesões como colestase, hiperplasia nodular focal, adenoma e carcinoma hepatocelular têm sido atribuídas a ativação de receptores androgênicos por estresse oxidativo através da disfunção mitocondrial, além da inibição de transportadores biliares (ATP8B1 e ABCB11) causado por EAAs (Solimini e colaboradores, 2017).

A progressão para insuficiência renal secundária à colestase e necessidade de terapia renal, reforça a abrangência multiorgânica da toxicidade (Hassan e Fontana, 2018).

O sistema nervoso aparece como o segundo mais acometido, refletindo a capacidade dos esteróides em atravessar a barreira hematoencefálica e alterar a neurotransmissão, influenciando no comportamento (Bertozzi e colaboradores, 2019).

As desordens podem ser mais brandas como sonolência e cefaléia, ou mais acentuadas, como ansiedade, agressividade, irritabilidade, hipomania, depressão, insônia e declínio cognitivo (Kaufman e colaboradores, 2019).

No sistema cardiovascular, os EAAs associam-se a menor quantidade de alterações, porém também significativas, sendo a hipertensão arterial sistêmica (HAS) a mais frequente.

Esse achado é especialmente relevante, considerando que a HAS afeta cerca de 24% dos adultos e tem prevalência ainda maior em indivíduos acima de 60 anos (Silva e colaboradores, 2021).

No Brasil, o impacto desses efeitos pode ser ainda mais significativo, levando em consideração que houve um aumento de 14,3% de pessoas com mais de 60 anos, podendo chegar a 22% até 2050 (IBGE, 2021).

Ademais, os EAAs podem favorecer a hipertrofia cardíaca (concêntrica ou excêntrica), arritmia, episódios tromboticos, aterosclerose e insuficiência cardíaca, podendo culminar em morte súbita (Mladěnka e colaboradores, 2018).

Esses danos são agravados por mecanismos como vasoconstrição, desequilíbrios na agregação plaquetária e alterações em níveis séricos, como a hiperhomocisteinemia, o aumento do LDL e redução do HDL, fatores que elevam o risco de doença arterial coronariana (Liu e Wu, 2019), sendo que as doenças cardíacas representam uma das principais causas de morbimortalidade mundial (OMS, 2020).

Os efeitos dermatológicos apontados incluem principalmente acne, foliculite e erupções cutâneas, decorrente da ação androgênica dos EAAs sobre glândulas sebáceas. A icterícia e o prurido, embora visíveis na pele, refletem sobretudo o comprometimento hepático, especialmente em quadros de colestase.

Alterações como dermatite, hiperhidrose, erupções cutâneas alérgicas aparecem em menor frequência, mas reforçam o caráter multissistêmico dos efeitos adversos associados aos esteróides (Sessa e colaboradores, 2018).

A interpretação clínica das manifestações musculoesqueléticas e renais pode ser complexa. Entre os efeitos musculoesqueléticos mais relatados está a rabdomiólise, e, em menor frequência, a hérnia de disco (Solimini e colaboradores, 2017).

A rabdomiólise, frequentemente induzida por exercícios físicos intensos, ao liberar componentes musculares na circulação sanguínea, pode ser confundida com hepatotoxicidade e contribuir para a lesão renal aguda. No sistema renal, são a insuficiência renal aguda aparece como principal disfunção.

O uso combinado de suplementos como creatina e produtos adulterados com EAAs, pode agravar a toxicidade renal, elevando a creatinina sérica, uréia e ácido úrico (Meamar e colaboradores, 2015).

Esses fatores evidenciam a importância de uma investigação clínica cuidadosa, capaz de diferenciar efeitos

adversos de suplementos, condições médicas preexistentes e complicações associadas a exercícios físicos intensos.

As alterações reprodutivas e endócrinas, presentes em homens e mulheres, reforçam o impacto abrangente dos EAAs. Nas mulheres, além de irregularidades menstruais, pode ocorrer atrofia uterina, hipertrofia clitoriana, teratogenicidade, hirsutismo, atrofia mamária, voz grave, virilização, clitomegalia e masculinização dos fetos femininos (Junior e colaboradores, 2020).

Nos homens, além da ginecomastia, apresenta-se atrofia testicular, hipogonadismo, calvície, hipertrofia prostática, impotência, redução do número de espermatozoides, carcinoma prostático e carcinoma renal, baixa libido, disfunção erétil, impotência e hipogonadismo (Martin, Sherley e McLeod, 2018).

Esses achados revelam impactos hormonais prolongados que tendem a ser de difícil recuperação, afetando principalmente a reprodução em ambos os públicos.

Num geral, as diversas manifestações causadas por produtos contaminados relacionam-se com fatores individuais, como dose ingerida, tempo de exposição, interações farmacológicas, sexo, idade, predisposição genética, hábitos de vida e outros agentes (Maughan e colaboradores, 2018).

Muitos indivíduos ainda não reconhecem os riscos associados à suplementação, fator contribuinte para o consumo acrítico e indiscriminado (Al e Elshatarat, 2017).

Referente à detecção de substâncias adulteradas, destaca-se o papel central das tecnologias analíticas biotecnológicas, como GC-MS, GC-MS/MS, LC-MS/MS, LC-HRMS e NMR, que apresentam elevada sensibilidade, especificidade e precisão, permitindo a identificação de EAAs, mesmo em pequenas concentrações, como evidenciado por Markman 2011, Vicente, 2021, Tran e colaboradores, 2023.

Estudos como o de Silva (2021), que não identificaram esteróides em suplementos, reforçam que a aplicação dessas metodologias é consistente e confiável para produtos comerciais.

A reprodutibilidade das técnicas citadas enfrenta algumas limitações. Em alguns estudos observa-se a falta de descrição detalhada do preparo das amostras dos suplementos.

Em outros, não há particularidades essenciais de cada método, como no caso das cromatografias, sem especificação do tipo de gradiente utilizado, concentrações das soluções, tipo de coluna, temperatura, vazão (mL/hora), volume de injeção e modelo dos aparelhos. A carência dessas informações dificulta a comparação entre os estudos e limita a padronização dos procedimentos.

Frente à isso, surge a necessidade de um estudo comparativo entre os métodos e suas especificidades, a fim de avaliar a precisão e aplicabilidade em diferentes matrizes de suplementos.

Considerar também fatores como a solubilidade, polaridade dos compostos e os limites de detecção é fundamental, dado que essas variáveis podem influenciar significativamente a capacidade de identificação de esteróides.

Estudos desse tipo podem cooperar para a padronização de protocolos analíticos, otimizar a reprodutibilidade entre os pesquisadores e fornecer recursos para a fiscalização e proteção dos consumidores.

Outro fator relevante a ser considerado é o elevado custo e disponibilidade desses equipamentos.

As técnicas analíticas necessitam de investimentos não apenas na aquisição e manutenção dos instrumentos, mas também na capacitação de indivíduos para operar os aparelhos, interpretar resultados com precisão e treinar novos operadores.

A complexidade dos métodos requer infraestrutura adequada, protocolos padronizados e materiais específicos, fatores também se tornam limitantes em locais com recursos restritos (Steiner e colaboradores, 2021).

Mesmo diante dos desafios identificados, a inclusão e utilização dessas ferramentas na rotina de fiscalização é essencial para assegurar a qualidade, rastreabilidade e proteção ao consumidor, sobretudo, diante da constatação de que muitos produtos analisados não atendem a legislação vigente, incluindo a RDC 239/2018, que não permite o uso de esteróides em suplementos alimentares (ANVISA, 2018).

Cabe destacar a predominância de estudos que analisam suplementos dietéticos e herbais (HDS, do inglês Herbal and Dietary Supplements) de forma conjunta, fator limitante na presente revisão, que dificulta a separação

clara entre efeitos atribuíveis a componentes sintéticos aos de origem vegetal.

CONCLUSÃO

Os estudos analisados mostram que diversos suplementos alimentares contêm substâncias não declaradas nos rótulos, associadas a efeitos adversos em múltiplos sistemas do corpo humano, especialmente no hepático, neurológico e cardiovascular.

Entre essas substâncias, os esteróides androgênicos anabólicos apresentam maior destaque, reforçando a necessidade de verificação rigorosa da composição dos produtos. Métodos biotecnológicos avançados, como CLAE-UV, GC-MS, GC-MS/MS, LC-MS/MS, LC-HRMS e NMR permitem identificar com precisão substâncias não rotuladas, devendo ser aprimoradas, pois apresentam limitações como falta de padronização detalhada dos protocolos, custo elevado e disponibilidade restrita de equipamentos.

Assim, torna-se evidente a necessidade de estudos comparativos padronizados, capazes de definir métodos reprodutíveis e aplicáveis a diferentes matrizes de suplementos.

O uso ou abuso desses produtos sem acompanhamento profissional expõe os indivíduos a riscos significativos, pouco debatidos e, portanto, pouco percebidos pelos usuários. Isso evidencia a importância de orientação qualificada, divulgação de pesquisas confiáveis e conscientização sobre possíveis efeitos adversos.

Além disso, observa-se uma carência de estudos nacionais, destacando a necessidade de investigações sistemáticas, capazes de subsidiar políticas de segurança e educação em saúde sobre suplementos alimentares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de mestrado, a qual foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

REFERÊNCIAS

1-AI, O.M.; Elshatarat, R.A. Influence of knowledge and beliefs on consumption of performance enhancing agents in north-western Saudi Arabia. *Annals of Saudi Medicine*. Arábia Saudita. Vol. 37. Num. 4. 2017 p. 317-325. doi: 10.5144/0256-4947.2017.317.

2-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 239, de 26 de julho de 2018. Estabelece os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em suplementos alimentares. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF*. 2018.

3-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 28, de 24 de julho de 2018. Aprova o Guia para elaboração de rotulagem nutricional complementar para suplementos alimentares. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF*. 2018.

4-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 242, de 26 de julho de 2018. Regulamento técnico de rotulagem nutricional obrigatória. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF*. 2018.

5-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre o regulamento técnico de suplementos alimentares. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF*. 2018.

6-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 839, de 25 de setembro de 2023. Atualiza as listas de constituintes e limites para suplementos alimentares. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF*. 2023.

7-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 843, de 15 de fevereiro de 2024. Regulamenta a rotulagem suplementar e atualiza normas para suplementos alimentares. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF*. 2024.

8-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 281, de 12 de março de 2024. Especifica critérios técnicos

para suplementos alimentares. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília-DF. 2024.

9-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Suplementos alimentares: perguntas e respostas, 9ª ed., Brasília-DF. 2025.

10-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre a prescrição dietética, pelo nutricionista, de suplementos alimentares. Resolução da Diretoria Colegiada, Num. 656 de 15 de junho de 2020. Brasília, 2020.

11-ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre a atualização do Anexo I (Listas de Substâncias Entorpecentes, Psicotrópicas, Precursoras e Outras sob Controle Especial) da Portaria SVS/MS nº 344. Resolução da Diretoria Colegiada, Num. 372 de 15 de abril de 2020. Brasília, 2020.

12-Bertozzi, G.; Salerno, M.; Pomara, C.; Sessa, F. Neuropsychiatric and Behavioral Involvement in AAS Abusers. *A Literature Review. Medicine.* Vol. 55. Num. 7. 2019. p. 396.

13-Boer, Y.S.; Sherker, A.H. Herbal and Dietary Supplement Induced Liver Injury. *Clinical Liver Disease.* Vol. 21. Num. 1. 2016. p. 135-149.

14-Costa, B.R.B.; Cruz, M.N.S.; Roiffé, R.R.; Padilha, M. C. Suplementos alimentares: uma fonte de doping não intencional? *Brazilian Journal of Food Technology.* Vol. 24. 2021.

15-Gayer, H.; Parr, M.K.; Koehler, K.; Mareck, U.; Schänzer, W.; Thevis, M. Nutritional Supplements Cross-Contaminated and Faked With Doping Substances. *Journal of Mass Spectrometry.* Vol. 43. Num. 7. 2008. p. 892-902.

16-Hassan, A.; Fontana, R.J. Liver Injury Associated with Sporting Activities. *Seminars in Liver Disease.* Vol. 38. Num. 4. 2018. p. 357-365.

17-Huml, L.; Tauchen, J.; Rimpelová, S.; Holubová, B.; Lapčík, O.; Jurášek, M. Advances in the determination of anabolic-androgenic steroids: from standard practices to tailor-designed multidisciplinary approaches. *Sensors.* Vol. 22. Num. 1. 2021.

18-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade: 2020-2060. IBGE. 2021.

19-Junior, A.J.M.; Araújo, A.C.; Figueiredo, F.N.S.; Figueiredo, D.L.A. Acute Myocardial Infarction in a Young Bodybuilder: A Case Report and Review of the Literature. *American Journal of Case Reports.* Vol. 21. 2020.

20-Jurášek, M.; Göselová, S.; Mikšátková, P.; Holubová, B.; Vyšatová, E.; Kuchař, M.; Fukal, L.; Lapčík, O.; Drašar, P. Highly sensitive avidin-biotin ELISA for detection of nandrolone and testosterone in dietary supplements. *Drug Testing and Analysis.* Vol. 9. Num. 4. 2016. p. 553-560.

21-Kaufman, M.J.; Kanayama, G.; Hudson, J.I.; Pope Jr, H.G. Supraphysiologic-dose anabolic-androgenic steroid use: A risk factor for dementia? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews.* Vol. 100. 2019. p. 180-207.

22-Kim, J.V.; Wu, G.Y. Body Building and Aminotransferase Elevations: A Review. *Journal of Clinical and Translational Hepatology.* Vol. 8. Num. 2. 2020. p. 161-167.

23-Kreider, R.B.; Kalman, D.S.; Antonio, J.; Ziegenfuss, T.N.; Wildman, R.; Collins, R.; Candow, D.G.; Kleiner, S.M.; Almada, A.L.; Lopez, H.L. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* Vol. 14. Num. 18. 2017.

24-Liu, J.D.; Wu, Y.Q. Anabolic-androgenic steroids and cardiovascular risk. *Chinese Medical Journal.* Vol. 132. Num. 18. 2019. p. 2229-2236.

25-Markman, B.E.O.; Uessugui, O.; Wu, E.M.; Magnelli, R. F. Desenvolvimento e validação de método para determinação simultânea de testosterona, metil e propionato de testosterona por cromatografia líquida de alta eficiência por CLAE-UV. *Boletim do Instituto Adolfo Lutz (BIAL).* Vol. 21. Num. 1. 2011. p. 35-36.

26-Martin, S.J.; Sherley, M.; McLeod, M. Adverse effects of sports supplements in men. *Australian Prescriber.* Vol. 41. Num. 1. 2018. p. 10-13.

- 27-Maughan, R.J.; Burke, L.M.; Dvorak, J.; Meyer, D.E.L.; Peeling, P.; Phillips, S.M.; Rawson, E. S.; Walsh, N.P.; Garthe, I.; Geyer, H.; Meeusen, R.; Loon, L.J.C.; Shirreffs, S.M.; Spriet, L.L.; Stuart, M.; Vernec, A.; Currell, K.; Ali, V.M.; Budgett, R.G.; Ljungqvist, A.; Mountjoy, M.; Pitsiladis, Y.P.; Soligard, T.; Erdener, U.; Engebretsen, L. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 52. Num. 7. 2018. p. 439-455.
- 28-Meamar, R.; Maracy, M.; Nematollahi, S.; Yeroshalmi, S.; Moghaddam, A.Z.; Ghazvini, M. R.A. Effect of taking dietary supplement on hematological and biochemical parameters in male bodybuilders: an equation model. *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*. Vol. 20. Num. 6. 2015. p. 681-688.
- 29-Mladěnka, P.; Applová, L.; Patočka, J.; Costa, V.M.; Remiao, F.; Pourová, J.; Mladěnka, A.; Karlíčková, J.; Jahodář, L.; Vopršalová, M.; Varner, K.J.; Štěrba, M. Comprehensive review of cardiovascular toxicity of drugs and related agents. *Medicinal Research Reviews*. Vol. 38. Num. 4. 2018. p. 1332-1403.
- 30-OMS. Organização Pan-Americana da Saúde. Dia mundial da hipertensão. Brasília. 2020.
- 31-Page, M.J.; McKenzie, J.E.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, C.D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J.M.; Akl, E.A.; Brennan, S.E.; Chou, R.; Glanville, J.; Grimshaw, J.M.; Hróbjartsson, A.; Lalu, M.M.; Li, T.; Loder, E. W.; Mayo-Wilson, E.; McDonald, S.; McGuinness, L.A.; Stewart, L.A.; Thomas, J.; Tricco, A.C.; Welch, V.A.; Whiting, P.; Moher, D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. Vol. 372. 2021. p. n71.
- 32-Pope, H.G.; Wood, R.I.; Rogol, A.; Nyberg, F.; Bowers, L.; Bhasin, S. Adverse health consequences of performance-enhancing drugs: an Endocrine Society Scientific Statement. *Endocrine Reviews*. Vol. 35. Num. 3. 2014. p. 341-375.
- 33-Ronis, M.J.J.; Pedersen, K.B.; Watt, J. Adverse effects of nutraceuticals and dietary supplements. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. Vol. 58. 2018. p. 583-601.
- 34-Sessa, F.; Salerno, M.; Mizio, G.D.; Bertozzi, G.; Messina, G.; Tomaiuolo, B.; Pisanelli, D.; Maglietta, F.; Ricci, P.; Pomara, C. Anabolic Androgenic Steroids: Searching New Molecular Biomarkers. *Frontiers in Pharmacology*. Vol. 9. 2018. p. 1321.
- 35-Silva, D.F.; Borges, M.C.; Rocha, A.S.; Paiva, L.S.; Oliveira, A.S.; Santos, B.C. Prevalência de hipertensão arterial e seu controle em adultos no Brasil: Estudo de base populacional. *Revista Brasileira de Hipertensão*. Vol. 28. Num. 1. 2021. p. 12-20.
- 36-Silva, D.I.C. Vigilância de suplementos alimentares desportivos por GC-MS. Dissertação de Mestrado em Química Forense. Universidade de Coimbra. 2021.
- 37-Solimini, R.; Rotolo, M.C.; Mastrobattista, L.; Mortali, C.; Minutillo, A.; Pichini, S.; Pacifici, R.; Palmi, I. Hepatotoxicity associated with illicit use of anabolic androgenic steroids in doping. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. Vol. 21. 2017. p. 7-16.
- 38-Steiner, D.; Malachová, A.; Sulyok, M.; Krska, R. Challenges and future directions in LC-MS-based multiclass method development for the quantification of food contaminants. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Vol. 413. Num. 1. 2021. p. 25-34.
- 39-Tran, B.N.; Okoniewski, R.; Spink, B.C.; LeMaster, D.M.; Aldous, K.M.; Spink, D.C. Androgenic steroids in over-the-counter dietary supplements: Analysis for association with adverse health effects. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. Vol. 174. 2023. p. 240-245.
- 40-Vicente, F.R.C.; Ramos, G.L.P.A.; Padilha, M. C.; Raices, R.S.L. Validação de método para quantificação de metasterona em suplementos nutricionais. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*. Vol. 2. Num. 4. 2021.

Recebido para publicação em 17/12/2025
Aceito em 29/03/2026