INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS

AVALIAÇÃO DOS ANABOLIZANTES ESTEROIDAIS À BASE DE TREMBOLONA, TESTOSTERONA, NANDROLONA, BOLDENONA E DROSTANOLONA APREENDIDOS PELA POLÍCIA FEDERAL DE FOZ DO IGUAÇU – PR, POR CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

VIVIANE DA SILVA LEANDRO TYMUS

Foz do Iguaçu, Estado do Paraná
2025

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS

AVALIAÇÃO DOS ANABOLIZANTES ESTEROIDAIS À BASE DE TREMBOLONA, TESTOSTERONA, NANDROLONA, BOLDENONA E DROSTANOLONA APREENDIDOS PELA POLÍCIA FEDERAL DE FOZ DO IGUAÇU – PR, POR CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

VIVIANE DA SILVA LEANDRO TYMUS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências, do Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador(a): Profa. Dra. Aline Theodoro Toci

Coorientador(a): Prof. Dr. Francisney Pinto do Nascimento

Foz do Iguaçu, Estado do Paraná
2025

VIVIANE DA SILVA LEANDRO TYMUS

AVALIAÇÃO DOS ANABOLIZANTES ESTEROIDAIS À BASE DE TREMBOLONA, TESTOSTERONA, NANDROLONA, BOLDENONA E DROSTANOLONA APREENDIDOS PELA POLÍCIA FEDERAL DE FOZ DO IGUAÇU – PR, POR CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSAS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências, do Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

BANCA EXAMINADORA

_____

Dra. Aline Theodoro Toci
orientador(a)
UNILA

_____

Dra. Marcela Boroski
examinadora
UNILA

_____

Dr. Fernando Augusto de Freitas
examinador
UDC

Foz do Iguaçu, Estado do Paraná, 31 de julho de 2025.

Catalogação elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação
Catalogação de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - CENTRAL

T986a
Tymus, Viviane da Silva Leandro.
Avaliação dos anabolizantes esteroidais à base de trembolona, testosterona, nandrolona, boldenona e drostanolona apreendidos pela polícia federal de Foz do Iguaçu - PR, por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas / Viviane da Silva Leandro Tymus. - Foz do Iguaçu, 2025.
74 fls.: il.

Universidade Federal da Integração Latino-Americana, CICV (Centro Interdisciplinar de Ciências da Vida), PPGBC.
Orientador: Profa. Dra. Aline Theodoro Toci.
Coorientador: Prof. Dr. Francisney Pinto do Nascimento.

1. Cromatografia a gás. 2. Medicamentos - Adulteração - Foz do Iguaçu, PR. 3. Esteróides anabólicos. 4. Medicamentos - Aprovação - Foz do Iguaçu, PR. I. Toci, Aline Theodoro. II. Nascimento, Francisney Pinto do. III.

Dedico esta dissertação e todo o trajeto percorrido até aqui, primeiramente a Deus, sem Ele nada poderia ter sido feito. Ao meu esposo Cristian por sempre me apoiar e ao meu filho Samuel que chegará em breve. À minha mãe Margarida e meu irmão Vinicius por sempre me incentivar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que é a fonte de toda sabedoria humana e que me permitiu chegar até aqui. Agradeço ao meu esposo Cristian pelo apoio incondicional, ajuda e companheirismo diário. Ao meu filho Samuel, que nascerá em breve mas que já enche os meus dias de esperança e amor com seus chutinhos. À minha família, em especial aos meus pais Valmir (em memória) e à Margarida, que me ensinaram o valor e a importância de se dedicar aos estudos e ao trabalho; ao meu irmão Vinicius por sempre acreditar em mim e me incentivar; a minha avó Aurelina (em memória), que orava por mim a cada prova.

Agradeço à minha querida orientadora Aline Toci, por toda paciência, empatia e orientação nesta trajetória, obrigada por tudo.

Ao meu co-orientador Francisney, ao perito Fernando e a Fabiola pelas contribuições valiosas.

À UNILA pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional.

Aos colegas de laboratório (LEIMAA, LCP e PF) por toda parceria, em especial à estagiária Julia (PF) por toda ajuda.

Aos professores e colegas do programa de pós-graduação, pelas trocas de conhecimento e convivência enriquecedora.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Biociências por todo o suporte.

Agradecimento ao apoio do CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) - Código de Financiamento 001, bolsa DS (Programa Demanda Social).

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

"Peça a Deus que abençoe os seus planos, e eles darão certo."

Provérbios 16-3. NTLH

TYMUS, Viviane da Silva Leandro. 2025. **Avaliação dos anabolizantes esteroidais à base de trembolona, testosterona, nandrolona, boldenona e drostanolona apreendidos pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu – PR, por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas**. Orientadores: TOCI, Aline Theodoro. (orientadora); NASCIMENTO, Francisney Pinto do (coorientador). 74 f.. Dissertação (Mestrado) - PPG-BC (Programa de Pós-Graduação em Biociências), UNILA (Universidade Federal da Integração Latino-Americana), Foz do Iguaçu.

RESUMO

O uso de esteroides anabolizantes androgênicos (EAA) tem aumentado em todo o mundo. Esses derivados sintéticos da testosterona são substâncias popularmente conhecidas por seus efeitos anabólicos e androgênicos. São utilizados principalmente por indivíduos praticantes de atividades físicas que buscam aprimoramento estético e ganho de massa muscular. No entanto, devido à proibição dos EAA para fins estéticos, o mercado clandestino tornou-se uma alternativa para esses consumidores, embora seja amplamente reconhecido que esses produtos, em sua maioria, não estão em conformidade e representam sérios riscos à saúde. Neste estudo, foi validado um método utilizando cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) para a quantificação simultânea de diversos ésteres de testosterona, drostanolona, boldenona, nandrolona e trembolona. Foram analisadas amostras de esteroides anabolizantes apreendidas pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu (Paraná, Brasil), na região da tríplice fronteira (Brasil, Paraguai e Argentina), entre os períodos de 2019 a 2022 e 2024 a 2025. Os resultados revelaram que 100% das amostras apresentaram algum tipo de irregularidade na composição, na concentração da substância e/ou na rotulagem. Nas amostras, 68,8% (42) tiveram origem no Paraguai, destacando que a fronteira entre Foz do Iguaçu (Brasil) e *Ciudad del Este* (Paraguai) é uma das principais portas de entrada de produtos farmacêuticos irregulares no Brasil. As análises também demonstraram que 88,5% (54) das amostras continham concentrações inferiores do princípio ativo (P.A) do que o declarado e 4,9% (3) apresentaram valores superiores do P.A que o declarado. Além disso, foi visto que em 9,8% (6) amostras apresentaram P.A diferente do declarado e que em 4,9% (3) amostras nenhum P.A foi encontrado. O estudo evidencia a fragilidade do controle sanitário sobre essas substâncias e reforça os riscos associados à aquisição e uso de esteroides anabolizantes ilícitos.

Palavras-chave: CG-EM; medicamentos falsificados; anabolizantes, validação de método.

TYMUS, Viviane da Silva Leandro. 2025. ***Evaluación de los esteroides anabolizantes a base de trembolona, testosterona, nandrolona, boldenona y drostanolona a incautados por la Policía Federal de Foz do Iguaçú – PR, mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas***. *Asesores*: TOCI, Aline Theodoro (*asesora*); NASCIMENTO, Francisney Pinto do (*coasesor*). 74 *h*.. *Disertación* (*Maestría*) – *PPG-BC* (*Programa de Posgrado en Biociencias*), *UNILA* (*Universidad Federal de la Integración Latinoamericana*), Foz do Iguaçu.

RESUMEN

El uso de esteroides anabólicos androgénicos (EAA) ha aumentado en todo el mundo. Estos derivados sintéticos de la testosterona son sustancias popularmente conocidas por sus efectos anabólicos y androgénicos. Son utilizados principalmente por personas que practican actividades físicas y buscan mejorar su apariencia estética y aumentar la masa muscular. Sin embargo, debido a la prohibición del uso de los EAA con fines estéticos, el mercado clandestino se ha convertido en una alternativa para estos consumidores, aunque es ampliamente reconocido que estos productos, en su mayoría, no cumplen con las normativas y representan graves riesgos para la salud. En este estudio se validó un método utilizando cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) para la cuantificación simultánea de varios ésteres de testosterona, drostanolona, boldenona, nandrolona y trembolona. Se analizaron muestras de esteroides anabólicos incautadas por la Policía Federal de Foz do Iguaçu (Paraná, Brasil), en la región de la triple frontera (Brasil, Paraguay y Argentina), durante los periodos de 2019 a 2022 y de 2024 a 2025. Los resultados revelaron que el 100% de las muestras presentaron algún tipo de irregularidad en su composición, en la concentración de la sustancia y/o en el etiquetado. Entre las muestras, el 68,8% (42) tenían origen en Paraguay, destacando que la frontera entre Foz do Iguaçu (Brasil) y Ciudad del Este (Paraguay) es una de las principales puertas de entrada de productos farmacéuticos irregulares en Brasil. Los análisis también demostraron que el 88,5% (54) de las muestras contenían concentraciones inferiores del principio activo (P.A.) al valor declarado, y el 4,9% (3) presentaron concentraciones superiores al declarado. Además, se observó que el 9,8% (6) de las muestras contenían un principio activo diferente al declarado y que en el 4,9% (3) no se encontró ningún principio activo. El estudio evidencia la fragilidad del control sanitario sobre estas sustancias y refuerza los riesgos asociados a la adquisición y uso de esteroides anabólicos ilícitos.

***Palabras clave**: CG-EM; medicamentos falsificados; anabolizantes; validación de método.*

TYMUS, Viviane da Silva Leandro. 2025. ***Evaluation of anabolic steroidal based on trembolone, testosterone, nandrolone, boldenone e drostanolone seized by the Federal Police of Foz do Iguaçu – PR, using gas chromatography coupled with mass spectrometry***. *Advisors*: TOCI, Aline Theodoro (*advisor*). NASCIMENTO, Francisney Pinto do (*co-advisor*). 74 *s*.. Master's thesis (*Master's degree*) – PPG-BC (*Postgraduate Program in Biosciences*), UNILA (*Federal University for Latin American Integration*), Foz do Iguaçu.

ABSTRACT

The use of anabolic-androgenic steroids (AAS) has been increasing worldwide. These synthetic derivatives of testosterone are substances popularly known for their anabolic and androgenic effects. They are mainly used by individuals who engage in physical activities seeking aesthetic enhancement and muscle mass gain. However, due to the prohibition of AAS for aesthetic purposes, the black market has become an alternative for these consumers, although it is widely recognized that these products are mostly non-compliant and pose serious health risks. In this study, a method using gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) was validated for the simultaneous quantification of various testosterone esters, drostanolone, boldenone, nandrolone, and trenbolone. Samples of anabolic steroids seized by the Federal Police of Foz do Iguaçu (Paraná, Brazil), in the tri-border region (Brazil, Paraguay, and Argentina), were analyzed from 2019 to 2022 and from 2024 to 2025. The results revealed that 100% of the samples showed some type of irregularity in composition, substance concentration, and/or labeling. Among the samples, 68.8% (42) originated from Paraguay, highlighting that the border between Foz do Iguaçu (Brazil) and Ciudad del Este (Paraguay) is one of the main entry points for irregular pharmaceutical products into Brazil. The analyses also demonstrated that 88.5% (54) of the samples contained lower concentrations of the active ingredient (A.I.) than declared, and 4.9% (3) showed higher A.I. values than declared. Furthermore, 9.8% (6) of the samples contained a different A.I. than declared, and in 4.9% (3) of the samples, no A.I. was detected. This study highlights the weakness of health control over these substances and reinforces the risks associated with the acquisition and use of illicit anabolic steroids.

Keywords*: GC-MS; counterfeit drugs; anabolic steroids; method validation.*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da testosterona.....21
Figura 2. Locais significativos da testosterona para a expressão das atividades androgênica e anabólica.....26
Figura 3. Partes componentes de um sistema de cromatografia gasosa.....33
Figura 4. Amostras de anabolizantes apreendidos contendo nandrolona em seu rótulo. .38
Figura 5. Preparo do "*pool*" para avaliação do Efeito de Matriz.....45
Figura 6. Comparação das inclinações das retas obtidas das curvas analíticas em solvente e em matriz.....50
Figura 7. Comparação entre os gráficos de dispersão de resíduos para Nandrolona, testosterona, Drostanolona, Trembolona e Boldenona.....51
Figura 8. Cromatograma demonstrando os anabolizantes boldenona, nandrolona, testosterona, trembolona, drostanolona e o padrão interno sibutramina.....53
Figura 9. Espectro de massas de ésteres de boldenona, nandrolona, testosterona, trembolona, drostanolona e sibutramina.....54
Figura 10. Origem das amostras analisadas.....57
Figura 11. Perfil das amostras analisadas apreendidas dentre os anos de 2019 a 2025 em Foz do Iguaçu (Brasil).....66

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Nome popular e IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), fórmula molecular, estrutura química e peso molecular da testosterona, boldenona, trembolona, nandrolona e drostanolona.....25

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Triagem das amostras apreendidas pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu contendo um éster.....39
Tabela 2. Triagem das amostras apreendidas pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu contendo mais de um éster.....40
Tabela 3. Tempo de retenção e íons monitorados da sibutramina, nandrolona, testosterona, trembolona, drostanolona e boldenona.....48
Tabela 4. Aplicação do Teste t de *Student* para a comparação das retas.....49
Tabela 5. Faixa de linearidade, R, Equação da Reta, LD e LQ para os analitos.....51
Tabela 6. Valores encontrados no estudo de recuperação.....56
Tabela 7. Valores obtidos no estudo de desvio padrão relativo (DPR).....56
Tabela 8. Análise dos anabolizantes apreendidos em Foz do Iguaçu contendo um éster. 60
Tabela 9. Análise dos anabolizantes apreendidos em Foz do Iguaçu contendo mais de um éster.....61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BCAA	Aminoácidos de Cadeia Ramificada (*Branched-Chain Amino Acids*)
BR	Brasil
CFM	Conselho Federal de Medicina
CG	Cromatografia Gasosa
CG-EM	Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas
CG-EM/EM	Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas Tandem
DHEA	Deidroepiandrosterona
DHEAS	Sulfato de Deidroepiandrosterona
DHT	Diidrotestosterona
DPG	2,3-Disfosfoglicerato
DPR	Desvio Padrão Relativo
EAA	Esteroides Anabolizantes Androgênicos
EM	Espectrômetro de Massas
HDL	Lipoproteína de Alta Densidade
hCG	Gonadotrofina Coriônica Humana
IARC	Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union of Pure and Applied Chemistry*)
LD	Limite de Detecção
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
LLE	Extração Líquido-Líquido (*Liquid-Liquid Extraction*)
LQ	Limite de Quantificação
NCBI	*National Center for Biotechnology Information*
OMS	Organização Mundial da Saúde
PY	Paraguai
QuEChERS	Método de extração "Rápido, Simples, Barato, Eficaz, Robusto e Seguro" (*Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe*)
SHBG	Globulinas Ligadoras de Hormônios Sexuais (*Sex Hormone-Binding Globulins*)
SIM	Monitoramento de Íons Selecionados (*Selected Ion Monitoring*)
SPE	Extração em Fase Sólida (*Solid Phase Extraction*)
TJDFT	Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios
WADA	Agência Mundial Antidoping (*World Anti-Doping Agency*)

SUMÁRIO

RESUMO.....vii
RESUMEN.....viii
ABSTRACT.....ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....x
ÍNDICE DE QUADROS.....xi
ÍNDICE DE TABELAS.....xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....xiii
1 INTRODUÇÃO.....16
1.1 Referencial teórico.....18
1.1.1 Esteroides anabolizantes androgênicos.....18
1.1.2 Efeitos colaterais dos anabolizantes.....23
1.1.3 Testosterona.....25
1.1.4 Nandrolona.....27
1.1.5 Trembolona.....28
1.1.6 Drostanolona.....28
1.1.7 Boldenona.....29
1.1.8 Falsificação de anabolizantes.....30
1.1.9 Cromatografia Gasosa Acoplada ao espectrômetro de Massas - CG-EM.....32
1.2 Justificativa.....35
1.3 Pergunta norteadora.....35
1.4 Hipótese.....36
2 OBJETIVOS.....37
2.1 Geral.....37
2.2 Específicos.....37
3 MATERIAL E MÉTODOS.....38
3.1 Ética em pesquisa.....38
3.2 Amostras.....38
3.3 Preparo das amostras.....43
3.4 Validação do método.....43
3.4.1 Curva analítica.....43
3.4.2 Efeito matriz.....44
3.4.3 Linearidade.....45
3.4.4 Limite de detecção e limite de quantificação.....45
3.4.5 Seletividade.....46
3.4.6 Recuperação.....46
3.4.7 Precisão.....47
3.4.8 Análise cromatográfica.....47
3.4.9 Análise estatística e processamento de dados.....48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....49
4.1 Validação do Método.....49
4.1.1 Efeito matriz.....49
4.1.2 Linearidade.....51
4.1.3 Limite de detecção e limite de quantificação.....52

4.1.4 Seletividade.....52
4.1.5 Recuperação.....55
4.1.6 Precisão.....55
4.2 Avaliação das amostras.....56
4.2.1 Perfil das amostras e análise qualitativa.....56
4.2.2 Perfil quantitativo das amostras.....64
4.2.3 Perfil geral.....66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....67
6 REFERÊNCIAS.....68

1 INTRODUÇÃO

A testosterona é o hormônio androgênico mais importante no corpo humano, na puberdade seus efeitos começam a ser evidentes, gerando mudanças fisiológicas profundas no corpo do homem como o desenvolvimento de características sexuais secundárias masculinas, resultando no padrão de crescimento de pelos, atividade das glândulas sebáceas, maturação dos espermatozoides e estímulo da libido. A partir deste andrógeno, muitos derivados foram sintetizados. Esses derivados são conhecidos como AAS, que significa *Anabolic-Androgenic Steroids* (Esteroides Anabolizantes Androgênicos - EAA) ou mais popularmente conhecidos como anabolizantes (EL OSTA *et al*., 2016).

Inicialmente na década de 1960, os anabolizantes eram utilizados somente por atletas de elite e fisiculturistas como forma de melhorar seu desempenho nas competições, mas rapidamente os anabolizantes viraram tendência no mundo inteiro entre os frequentadores de academias de musculação. O consumo de anabolizantes se expandiu, homens e mulheres passaram a consumi-los devido a sua promoção de ganho de massa muscular rápida e ganho de força (CAVALCANTE NETO, 2018).

Contudo, com o passar dos anos e com os avanços das pesquisas, o uso indiscriminado de EAA começou a demonstrar seus efeitos adversos. Em períodos menores e em doses moderadas, os anabolizantes parecem ocasionar poucas consequências médicas graves, contudo seu uso prolongado não demonstra ser seguro. A literatura tem relatado diversos prejuízos, como problemas cardiovasculares, disfunção erétil, problemas hepáticos, infertilidade e desequilíbrio emocional (BORODI *et al*., 2020; COSTA *et al*., 2024; El OSTA *et al*., 2016).

Apesar dos efeitos colaterais conhecidos, o uso indiscriminado dos anabolizantes devido aos seus efeitos anabólicos é uma realidade em todo o mundo. No Brasil, um estudo feito na Bahia mostrou que o uso dos anabolizantes eram frequentes em praticantes de musculação com faixa etária de 18 e 35 anos de ambos os sexos, e que a principal motivação era a melhora da estética. O uso dos EEA estava geralmente associado com o uso de suplementos como *Whey protein* e BCAA, *(Branched-Chain Amino Acids)* outra categoria de produtos que frequentemente passa por falsificações (OLIVEIRA; CAVALCANTE NETO, 2018). O estudo revelou que a maioria dos participantes não faziam acompanhamento médico e tinham obtido os EAA sem receita médica e fora de farmácias, sendo que as principais formas de adquirir os produtos eram com amigos ou em outros comércios clandestinos. O estudo também relata que a maioria dos participantes recebiam

até um salário mínimo, o que demonstra que o acesso aos anabolizantes das formas não convencionais são de baixo custo, fato este que facilita e incentiva a sua utilização (OLIVEIRA; CAVALCANTE NETO, 2018).

Harries e colaboradores (2024) investigaram as atitudes dos usuários de esteroides anabolizantes em relação aos médicos clínicos gerais no Reino Unido. O estudo mostrou que os usuários de anabolizantes dificilmente relatam essa informação a seus médicos nas consultas, seja por estigma ou pelo fato de confiarem mais nas informações de seus fornecedores e guias na internet do que nos conhecimentos médicos. O estudo ressalta que os usuários de anabolizantes podem esconder esta informação até mesmo das pessoas próximas, como os familiares. Este comportamento gera uma preocupação a termos de saúde pública, já que o uso de anabolizantes frequentemente está associado a efeitos colaterais que podem não ser tratados de maneira correta, quando o uso dos anabolizantes é mantido em sigilo (HARRIES *et al*., 2024).

No Brasil, uma das portas de entrada de anabolizantes e diversas outras substâncias proibidas no país é a cidade de Foz do Iguaçu. A cidade está situada a Oeste do Paraná e participa do tríplice fronteira juntamente com os países Paraguai e Argentina. A Polícia Federal instalada na aduana da Ponte Internacional da Amizade, localizada na fronteira entre Brasil e Paraguai, realiza operações rotineiras e apreende diversas ampolas e comprimidos de anabolizantes com frequência, além de diversos outros produtos de uso ilícito. A medida é feita como forma de proteger a população e combater o tráfico de mercadorias proibidas, já que a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) proíbe a entrada ilegal de anabolizantes no país (BRASIL, 2023).

De acordo com a Resolução CFM (Conselho Federal de Medicina) nº2.333/23 o uso de anabolizantes no Brasil é proibido para finalidades estéticas, ganho de massa muscular e melhora do desempenho esportivo. Os esteroides androgênicos podem ser utilizados somente com prescrição médica para tratar condições de saúde como o hipogonadismo, câncer de mama e outras patologias para as quais há indicação comprovada e segura. (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA, 2023).

Devido a proibição do uso dos anabolizantes para fins estéticos, os usuários recorrem a meios ilegais para adquirir as substâncias, de modo que esta grande procura dá origem a um novo comércio, o do contrabando ilegal de anabolizantes. Os anabolizantes contrabandeados são comercializados com rótulos idênticos ou similares a empresas ativas ou desativadas, sem controle de qualidade e em sua composição podem conter até

temperos de cozinha como colorau, para simular a cor típica das substâncias (CNN BRASIL, 2023).

A ANVISA alerta a população a não adquirir estas substâncias em estabelecimentos ilegais e a solicitar sempre a nota fiscal, visto que o consumo de anabolizantes falsificados pode significar um grande risco à saúde da população (BRASIL, 2023).

Segundo Berneira e seus colaboradores (2022) cerca de 31,7% a 50% dos anabolizantes em situação ilegal apreendidos por agências de aplicação da lei, correspondem a materiais falsificados. É comum que os anabolizantes falsificados apresentem princípio ativo diferente do declarado no rótulo, concentrações das substâncias divergentes do que o declarado pelo fabricante ou ainda pode conter somente excipientes como álcool benzílico, benzoato de benzila, linoato de benzila e óleos vegetais e nenhum princípio ativo (BERNEIRA *et al*., 2022).

Portanto, há registros de que o comércio de medicamentos falsificados tem sido crescente no Brasil. E entre os anos de 2007 a 2011, 224 operações foram feitas pela ANVISA, onde houve apreensão de cerca de 115 mil unidades de medicamentos falsos e contrabandeados (HURTADO; LASMAR, 2014). A circulação destes medicamentos traz um alerta mundial de que é necessário combater a falsificação de medicamentos (BERNEIRA *et al*., 2022).

Neste contexto de crimes de contrabando e falsificação de medicamentos, faz-se necessário saber o perfil destes medicamentos que entram no território brasileiro, por questões de saúde pública e para que políticas de segurança possam ser adotadas com maior efetividade.

1.1 Referencial teórico

1.1.1 Esteroides anabolizantes androgênicos

Na década de 1870 Charles Edouard Brown relatou melhorias significativas na energia e vigor após se autoadministrar um extrato aquoso de testículos de cães e bovinos, despertando curiosidade na comunidade científica (THIRUMALAI; ANAWALT, 2022).

Posteriormente, nos anos de 1938 a 1944 estudos passaram e ser conduzidos para investigar a influência metabólica da testosterona em humanos, sendo constatado que a testosterona se tratava do androgênico testicular hormonal mais potente do sexo masculino. Os estudos começaram motivados por eventos anteriores onde casos de crianças de idade entre 3 a 8 anos com hiper virilização precoce começaram a surgir (KOCHAKIAN, 1976,

p.45). Os meninos apresentavam altura maior do que o habitual para idade, massa muscular e surgimento de pelos densos como barbas. O diagnóstico médico revelou em todos os casos uma semelhança: a presença de tumores de células intersticiais no testículo. Após a remoção do tumor era visto que a virilização dos meninos diminuía, dando então origem sobre a pesquisa da testosterona, que mais tarde teve sua molécula isolada (KOCHAKIAN, 1976, p.45).

Em seguida, foram feitas várias modificações estruturais na testosterona para a produção de derivados sintéticos, que foram chamados de esteroides anabolizantes androgênicos, essas modificações agregaram efeitos interessantes à substância como o aumento da biodisponibilidade e prolongamento da duração da ação (BARCELOUX; PALMER, 2013).

Os esteroides anabolizantes androgênicos são uma classe de hormônios que abrange os andrógenos produzidos endogenamente como a testosterona, bem como seus derivados sintéticos, tais como a trembolona, estanozolol, testosterona, nandrolona, oximetolona, oxandrolona e boldenona, onde todas essas substâncias são capazes de desenvolver efeitos anabólicos no organismo (TAVARES *et al*., 2024); THIRUMALAI; ANAWAIT,2022).

O termo androgênico tem origem grega, onde *andro* significa “homem” e *gennan* corresponde a palavra “produzido”, portanto a definição biológica de um androgênio é qualquer substância que produz especificamente o crescimento das gônadas masculinas. Na espécie humana, além da testosterona, existem outras três formas principais de androgênios circulantes: a diidrotestosterona (DHT), androstenediona, deidroepiandrosterona (DHEA) e seu derivado sulfatado (DHEAS) (COSTA *et al*., 2024).

Os andrógenos são utilizados em algumas terapias como tratamento de câncer de mama, pós menopausa, hipogonadismo masculino e em crianças. A testosterona ou um derivado próximo, pode ser administrada também para induzir a puberdade e desenvolvimento das características sexuais secundárias. A terapia anabólica também é utilizada de forma muito criteriosa para induzir o aumento da estatura em pacientes com previsão de baixa estatura (KOCHAKIAN, 1976, p.425-500).

Os efeitos ergogênicos dos anabolizantes são muitos, o que faz despertar ainda mais o desejo de atletas participantes de competições de utilizarem as substâncias, por isso o *doping* é frequentemente visto nestas competições (GARCÍA-ARNÉS; GARCÍA-CASARES, 2022).

Segundo o Comitê Olímpico Internacional (2025), o uso de substâncias ou métodos de dopagem para melhorar o desempenho é fundamentalmente errado e prejudica o espírito do esporte, este ato é caracterizado como *doping.*

Contudo, as notícias mostram que o uso dos anabolizantes não se limitam apenas aos atletas de alta performance, os consumidores das substâncias incluem também atletas amadores, treinadores e frequentadores de academias que estão em busca do anabolismo (GARCÍA-ARNÉS; GARCÍA-CASARES, 2022).

De acordo com Sjöqvist, Garle e Rane (2008) o anabolismo é definido como qualquer estado em que o nitrogênio é retido diferencialmente na massa corporal magra por meio da estimulação da síntese de proteínas e/ou da redução da degradação proteica.

Os EAA são grandes facilitadores do anabolismo promovendo o ganho de massa muscular esquelética e força, tais efeitos são ainda mais prevalentes quando combinados com treinamento de resistência e alimentação adequada para o objetivo, portanto o uso dos anabolizantes tornou-se assunto principalmente em academias de musculação, centros de treinamento e entre esportistas (THIRUMALAI; ANAWAIT,2022).

Além disso, os anabolizantes estimulam a eritropoiese, aumentando a concentração de 2,3-disfosfoglicerato (DPG) nos eritrócitos, promovendo com isto a capilaridade das fibras musculares e a biogênese mitocondrial, estas adaptações fisiológicas ocasionadas pelos anabolizantes resultam na melhora da entrega e a captação de oxigênio pelos músculos esqueléticos, resultando em um alto nível de desempenho físico (SHAHIDI, 2001).

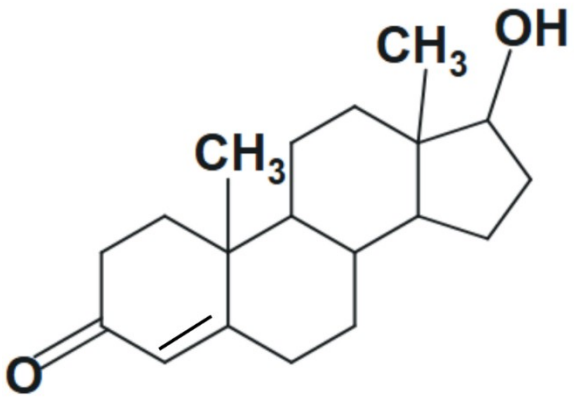
As modificações feitas ao longo do tempo nos anabolizantes visaram minimizar os efeitos androgênicos excessivos decorrentes do androgenismo, que pode levar a problemas na saúde como acne, hirsutismo, desequilíbrio hormonal e masculinização em mulheres. No entanto, apesar da tentativa de prevalecer os efeitos anabólicos dos EAA através de sua modificação estrutural, todos os esteroides androgênicos parecem ser virilizantes quando consumidos por tempo prolongado e em doses altas (El OSTA *et al*., 2016).

Devido a biodisponibilidade sistêmica da testosterona oral ser baixa, o que é resultado do extenso metabolismo hepático de primeira passagem, houve a necessidade do desenvolvimento das doses injetáveis dos anabolizantes. Portanto, de acordo com a via de administração e seu solvente transportador os anabolizantes podem ser classificados em duas categorias: anabolizantes orais ou 17 α-esterificados e anabolizantes parenterais ou

esteroides 17 β-esterificados. A estrutura da testosterona é demostrada na figura 1 (EL OSTA *et al*., 2016; BARCELOUX; PALMER, 2013).

Os anabolizantes orais ou esteroides 17 α-esterificados se originam da substituição do hidrogênio 17 α no núcleo esteroide por um grupo metil ou etil. A substituição alquilada evita a desativação do esteroide pelo metabolismo hepático de primeira passagem, o que permite que sua administração possa ser feita de forma oral. Esses esteroides geralmente têm meias-vidas curtas, portanto doses diárias são necessárias para manter níveis sanguíneos adequados para o objetivo proposto. Estanozolol, oxandrolona, metiltestosterona são alguns dos esteroides mais comuns desta classe (EL OSTA *et al*., 2016).

Figura 1. Estrutura química da testosterona



Fonte: Da autora, 2025.

Os anabolizantes parenterais ou esteroides 17 β-esterificados, são formados através do grupo hidroxila 17 β que é esterificado com uma porção ácida para evitar liberação rápida do veículo oleoso, pois quanto maior a cadeia da porção ácida, mais lentamente a substância é liberada na corrente sanguínea. Com isso, quando a molécula alcança a circulação ocorre a hidrólise rapidamente, liberando o composto ativo. Esses esteroides geralmente têm uma meia-vida mais longa e uma taxa de absorção mais lenta, o que gera menos estresse hepático do que os esteroides administrados através da via oral, entretanto a administração parenteral costuma causar dor nos locais de injeção, devido à sua composição com base oleosa (EL OSTA *et al*., 2016).

Embora a via injetável dos anabolizantes pareça ser a via de preferência, as vias de administração dos EAA não se limitam somente a oral e parenteral, pelo fato dos esteroides anabolizantes androgênicos serem capazes de se difundir pela pele e pelas membranas mucosas, outras formas de administração foram desenvolvidas, como adesivos

transdérmicos, sprays nasais e comprimidos bucais. Existem poucos dados sobre a toxicocinética dos EAA em indivíduos que fizeram hiper doses, a maioria dos estudos foram conduzidos com animais ou em homens hipogonádicos que receberam a dose terapêutica (BARCELOUX; PALMER, 2013).

Com relação a farmacocinética, os EAA passam a se ligar no plasma através das globulinas ligadoras de hormônios sexuais (SHBG). A biotransformação dos anabolizantes é bastante complexa, o metabolismo da testosterona endógena envolve a conversão no composto estrogênico estradiol, por meio da aromatase de esteroides, e no composto androgênico 5α-diidrotestosterona, por meio da 5α-redutase de esteroides. Posteriormente, a hidroxilação da testosterona é feita através das isoenzimas CYP450, resultando na formação de diversos metabólitos urinários menores da testosterona, este processo ocorre predominantemente no fígado. A eliminação final ocorre através da urina, cerca de 90% da dose absorvida de testosterona pode ser vista na urina como conjugados de glicuronídeo ou sulfato (BARCELOUX; PALMER, 2013).

Quanto a forma de uso, os usuários de anabolizantes costumam combinar diferentes compostos orais e injetáveis, este protocolo é conhecido como “empilhamento”, desta forma é possível criar ciclos de altas doses, que geralmente são administradas durante períodos de 4 a 12 semanas. O protocolo de "empilhamento" baseia-se na suposição de que doses menores de vários medicamentos podem reduzir as chances de efeitos adversos em comparação com doses maiores de um único medicamento e portanto, seu consumo poderia ser mais seguro (EL OSTA *et al*., 2016).

Segundo El Osta e colaboradores (2016) ainda dentro do protocolo de “empilhamento", é possível escolher entre os objetivos de ganho de massa ou definição. Os "empilhamentos para ganho de massa" consistem na combinação de testosterona e nandrolona (ou drogas semelhantes), usadas para maximizar ganhos musculares e de força de forma rápida. Enquanto os "empilhamentos para definição" consistem em combinações contendo andrógenos potentes como por exemplo a trembolona e a drostanolona, que são indicados para a definição corporal, devido à ausência de atividade estrogênica (menos retenção de água, sal e gordura) (EL OSTA *et al*., 2016).

Os usuários avançados também costumam combinar um "ciclo de ganho de massa", seguido de um "ciclo de definição", finalizando com uma "terapia pós-ciclo", onde inicia-se o consumo de antiestrogênios ou Gonadotrofina Coriônica Humana (hCG), com o objetivo de reiniciar a produção de andrógenos pelos testículos.

1.1.2 Efeitos colaterais dos anabolizantes

Apesar de os esteroides anabolizantes androgênicos ocasionarem funções fisiológicas específicas e se mostrarem muito eficazes nos esportes, seu uso indiscriminado e uso a médio e longo prazo podem levar a efeitos colaterais graves à saúde (BORODI *et al*., 2020). Contudo, dado ao uso clandestino e descontrolado de anabolizantes serem uma realidade mundial, torna-se difícil documentar e notificar efetivamente os efeitos colaterais que os anabolizantes trazem aos seus usuários (YOUNG, 2023).

Outra dificuldade da notificação desses efeitos adversos é o fato de que o uso de anabolizantes é frequentemente feito combinando diversas substâncias, o chamado “efeito coquetel”, podendo associar o uso de anabolizante a outros medicamentos ou substâncias tóxicas não anabólicas cuja origem também é desconhecida e, portanto, pode haver o desconhecimento da substância consumida (YOUNG, 2023).

O uso abusivo de esteroides pode causar sérios danos através de doenças cardíacas como hipertensão arterial, hipertrofia ventricular esquerda, comprometimento do enchimento diastólico, policitemia e trombose, gerando um risco de óbito. É comum que também ocorra a alteração do perfil lipídico, resultando em uma diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) e um aumento da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e do colesterol total, o que pode aumentar o risco de aterosclerose nas artérias coronárias podendo gerar um infarto do miocárdio (BORODI *et al*., 2020).

A literatura também mostra mais efeitos colaterais comuns nos usuários de esteroides anabolizantes androgênicos, como acne, alopecia e sintomas do trato urinário inferior gerado pelo aumento da próstata geralmente ocasionados devido ao forte efeito androgênico da 5DHT (El OSTA *et al*., 2016; OLIVEIRA; CAVALCANTE NETO, 2018).

Também é comum o surgimento de disfunção erétil e perda de libido, principalmente após a descontinuação do uso, devido aos níveis de testosterona endógena geralmente estarem baixos. Além disso, o aumento sustentado dos níveis de testosterona durante os "ciclos" resulta em taxas mais altas de aromatização da testosterona, gerando a ginecomastia, que é o aumento do tecido mamário em homens, resultando em um aspecto semelhante ao desenvolvimento de mamas femininas. É comum que ocorra também prejuízos hepáticos como peliose hepática rara, ictericia colestática e neoplasias hepáticas, como hiperplasia nodular focal, todas associadas fortemente à dose e à duração do uso (EL OSTA *et al*., 2016).

Alterações psicológicas também são comuns de serem relatadas quando o uso dos EAA é feito de forma abusiva. Os usuários podem passar a demonstrar maior agressividade, irritabilidade, depressão e psicoses, contudo, estes sintomas são considerados pelos usuários como alterações normais e previstas (COSTA *et al*., 2024; OLIVEIRA; CAVALCANTE NETO, 2018).

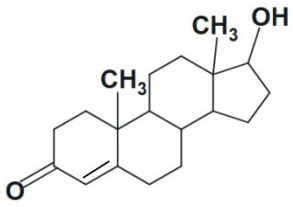
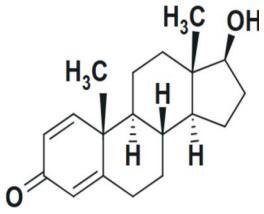
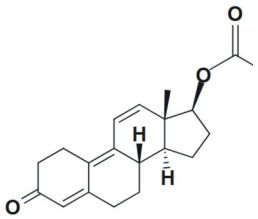
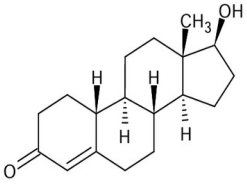
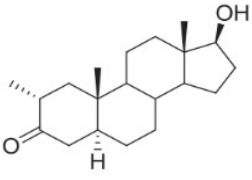
Em homens pode ocorrer infertilidade pelo consumo abusivo de EAA, devido ao surgimento de oligozoospermia ou azoospermia que são condições caracterizadas pela baixa concentração de espermatozoides ou ausência de espermatozoides no sêmen, o consumo excessivo de anabolizantes também pode levar a anormalidades na motilidade e morfologia dos espermatozoides, prejudicando a fertilidade masculina (EL OSTA *et al*., 2016).

Em mulheres os efeitos colaterais também ocorrem, são eles hipertrofia do clitóris, aumento de pelos faciais e corporais e mudança do timbre de voz, portanto a mulher pode passar a apresentar características sexuais masculinas (COSTA *et al*., 2024). Além disso, o uso abusivo dos EAAs pelas mulheres provoca diversas alterações no ciclo menstrual como a redução dos níveis circulantes do hormônio luteinizante, do hormônio folículo-estimulante, dos estrogênios e da progesterona. Também ocorre a inibição da foliculogênese e prejuízos na ovulação, alterações do ciclo menstrual que podem levar ao prolongamento da fase folicular e encurtamento da fase lútea, em algumas mulheres é comum o desenvolvimento de amenorreia, todas essas alterações podem levar a mulher a infertilidade ou trazer dificuldades para gestar (COSTA *et al*., 2024).

A abstinência é outro efeito que acontece frequentemente com os usuários crônicos de anabolizantes quando ocorre a redução da dose ou interrupção dos agentes dopantes, portanto sintomas como letargia, perda de energia, astenia, humor deprimido e ansiedade prolongada podem surgir. Esses episódios são classificados como síndrome de abstinência e ocorrem devido à dependência de andrógenos anabólicos, o que ocasiona uma alta prevalência de recaída entre os usuários de EAAs. Tais sinais podem ainda serem agravados pela redução crônica da testosterona e do estradiol circulantes, um efeito esperado após a retirada dos agentes dopantes (YOUNG, 2023).

Atualmente existem diversas substâncias anabólicas, contudo, optou-se por focar neste estudo nos seguintes anabolizantes: testosterona, nandrolona, boldenona, drostanolona e trembolona (Quadro 1), visto que são algumas das substâncias mais utilizadas e frequentemente encontradas em apreensões.

Quadro 1. Nome popular e IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), fórmula molecular, estrutura química e peso molecular da testosterona, boldenona, trembolona, nandrolona e drostanolona

Nome Popular	Nome IUPAC	Fórmula Molecular	Estrutura química	Peso Molecular
Testosterona	(8R,9S,10R,13S,14S,17S)-17-HYDROXY-10,13-DIMETHYL-1$_2$,6$_7$,8$_9$,11$_{12}$,14$_{15}$,16$_{17}$-DODECAHYDROCYCLOPENTAAAAPHENANTHREN-3-ONE	C19H28O2		288,4 g/mol
Boldenona	(8R,9S,10R,13S,14S,17S)-17-HYDROXY-10,13-DIMETHYL-6$_7$,8$_9$,11$_{12}$,14$_{15}$,16$_{17}$-DECAHYDROCYCLOPENTAAAAPHENANTHREN-3-ONE	C19H26O2		286,4 g/mol
Trembolona	(8S,13S,14S,17S)-17-HIDROXI-13-METIL-2,6,7,8,14,15,16,17-OCTAHIDRO-1H-CICLOPENTAAAAFENANTREN-3-ONA	C18H22O2		270,4 g/mol
Nandrolona	(8R,9S,10R,13S,14S,17S)-17-HYDROXY-13-METHYL-2,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17-DODECAHYDRO-1H-CYCLOPENTAAAAPHENANTHREN-3-ONE	C18H26O2		274,4 g/mol
Drostanolona	(2R,5S,8R,9S,10S,13S,14S,17S)-17-HIDROXI-2,10,13-TRIMETIL-1,2,4,5,6,7,8,9,11,12,14,15,16,17-TETRADECAHIDROCICLOPENTAAAAFENANTREN-3-ONA	C20H32O2		304,5 g/mol

Fonte: da autora, 2025.

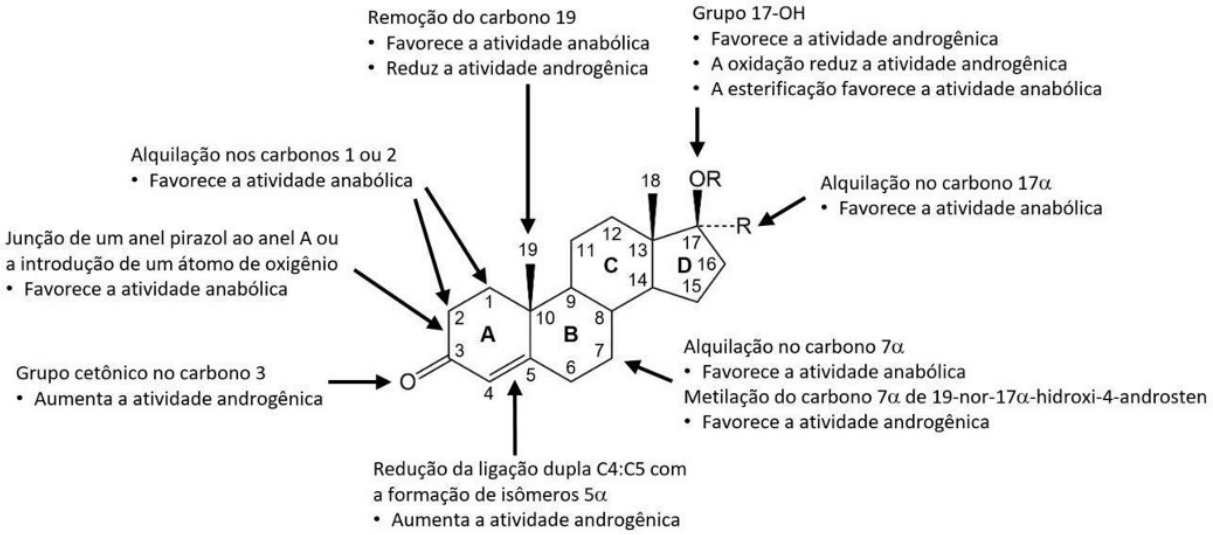
1.1.3 Testosterona

A testosterona (Quadro 1) pertence à família de medicamentos androgênicos, ela é o principal hormônio que regula o desenvolvimento das características masculinizantes

androgênicas nos homens, tem atividade anabólica e induz a formação de massa muscular magra. A testosterona (Quadro 1) pertence à família de medicamentos androgênicos, ela é o principal hormônio que regula o desenvolvimento das características masculinizantes androgênicas nos homens, tem atividade anabólica e induz a formação de massa muscular magra. Os derivados sintéticos da testosterona têm uma ampla utilização médica, seu uso mais comum é para o tratamento de hipogonadismo e hiperaldosteronismo, contudo, o uso de testosterona ficou mais atrativo para a população após as evidências da sua utilização, mostrarem seu alto favorecimento para desenvolver a massa muscular e aumento do desempenho esportivo (SINHA *et al*., 2024).

A produção de derivados sintéticos da testosterona e outros esteroides visa aumentar atividade anabólica e reduzir atividade androgênica, e isto é feito principalmente por meio de modificações na estrutura do androgênio natural da testosterona (FRAGKAKI *et al*., 2009) (Figura 2).

Figura 2. Locais significativos da testosterona para a expressão das atividades androgênica e anabólica



Fonte. adaptado de FRAGKAKI *et al*., 2009.

Para o uso de *doping* a testosterona natural também tem sido utilizada, tanto na forma não esterificada na formulação de adesivos e géis, quanto esterificada na posição C17 com ácidos graxos de diferentes naturezas e comprimentos, como o enantato, undecanoato, cipionato, entre outros. As formas esterificadas são mais usualmente administradas por via parenteral, intramuscular ou subcutânea. Contudo, é comum que usuários também possam ingerir precursores esteroides da testosterona, como androstenediona e desidroepiandrosterona (DHEA), que podem posteriormente serem metabolizados em testosterona (YOUNG, 2023).

A duração da ação da testosterona é variável e apresenta uma meia-vida de 10-100 minutos. Alguns nomes comerciais para a testosterona são: *Striant*, AndroGel, Testina e *Androderm* (YOUNG, 2023).

1.1.4 Nandrolona

A nandrolona (Quadro 1) é um dos esteroides anabolizantes androgênicos, também conhecida como 19-nortestosterona ou 19-norandrostenolona, é uma substância sintética derivada da testosterona e portanto, sua estrutura se dá por meio da formação de derivados da 19-nortestosterona (PUBCHEM, 2025).

Quando comparada ao propionato de testosterona, o decanoato de nandrolona (um dos ésteres mais utilizados da nandrolona) é considerada como tendo efeitos anabólicos fortes, contudo, apresentando efeitos androgênicos fracos, tornando o uso da nandrolona muito apreciada pelos consumidores. Em geral, ésteres de nandrolona são reconhecidos por sua maior razão entre efeitos anabólicos e androgênicos quando comparados a outros os anabolizantes (PATANÉ *et al*., 2020).

O uso clínico da nandrolona já demonstrou em estudos anteriores aumentar a massa livre de gordura, a área de secção transversal muscular e/ou a força em diversas condições patológicas. Em pessoas saudáveis estes efeitos são especialmente vistos quando combinados com o exercício de treinamento resistido (HORSTMAN *et al*., 2019).

Portanto, a nandrolona é geralmente utilizada na forma injetável através de veículos oleosos com o objetivo de aumentar o desempenho físico e por apresentar menor incidência de efeitos colaterais, tornou-se rapidamente alvo de atletas fisiculturistas. Sua administração é geralmente feita de maneira regular, esporádica ou em semanas que antecedem competições e na maioria das vezes ela é combinada com outras substâncias anabólicas (PATANÉ *et al*., 2020).

Segundo Busardò e colaboradores (2015) o consumo da nandrolona pode causar diversos efeitos psicológicos quando sua administração é feita de forma crônica e em altas doses. Essas alterações estão relacionadas à ativação de diversos receptores e sistemas ocasionando o aumento dos efeitos ansiolíticos, déficit da memória social, prejuízos no aprendizado e comportamento agressivo.

1.1.5 Trembolona

A trembolona (Quadro 1) é um esteroide sintético, que é frequentemente utilizado por veterinários em animais de criação com o objetivo de crescimento pecuário. Com o objetivo de potencializar seus efeitos anabólicos, aumentar a meia-vida e reduzir os efeitos colaterais como a ginecomastia, as formas sintéticas foram criadas e portanto em humanos, a trembolona não é utilizada em sua forma original, mas sim administrada como acetato de trembolona ou enantato de trembolona (formas sintéticas) (BEG; SIDDIQUE; AFZAL, 2007).

Este anabolizante é um composto derivado do grupo da nandrolona e possui propriedades anabólicas muito fortes, além de efeitos de particionamento de nutrientes, o que proporciona o aumento da absorção de minerais e melhora o ganho de massa muscular magra, portanto devido a estes efeitos, a trembolona é frequentemente utilizada por atletas e fisiculturistas com o objetivo de aumentar a massa muscular (BORODI *et al*., 2020).

Comercialmente, estão disponíveis algumas formas esterificadas de trembolona, como o acetato de trembolona, o hexahidrobenzilcarbonato de trembolona (comumente conhecido como Parabolan) e o enantato de trembolona, que é considerado um esteroide "designer", pois se mostra adequado para o uso de fisiculturistas e atletas de força, assim como para o uso para fins científicos. A esterificação dos anabolizantes é um processo necessário para a prolongação da duração da sua ação através da administração intramuscular e subcutânea. Na trembolona, a esterificação é realizada através da adição de um éster de ácido carboxílico na posição 17-b no grupo hidroxila O-H (BORODI *et al*., 2020).

O acetato é o éster mais curto da trembolona apresentando uma meia vida de 1 a 2 dias, o hexahidrobenzilcarbonato de trembolona tem uma meia-vida de cerca de 8 dias, e o enantato de trembolona é a forma que apresenta a maior duração de ação, com meia-vida de 11 dias (BORODI *et al*., 2020).

1.1.6 Drostanolona

A drostanolona (Quadro 1) é um dos anabolizantes mais rotineiramente utilizados de forma indevida para o fisiculturismo e melhora do desempenho corporal, sendo frequentemente detectada em exames de *doping.* Contudo, seu uso terapêutico também é amplamente utilizado no tratamento de hipercolesterolemia e no tratamento de cânceres,

principalmente câncer de mama, através do éster propionato de drostanolona (LIU *et al*., 2016).

A drostanolona deriva do androstano que é um esteroide C19 que contém três anéis ciclohexano e um anel ciclopentano em sua base estrutural. Esta molécula foi modificada quimicamente com o objetivo de aumentar sua potência anabólica e reduzir os efeitos da aromatização, resultando em um anabolizante de perfil androgênico moderado muito apreciado pelos seus consumidores. Masteron é o nome utilizado comercialmente para a drostanolona, sua administração se dá por meio de injeções (SINHA *et al*., 2024).

1.1.7 Boldenona

A boldenona (Quadro 1) é um esteroide androgênico anabólico sintético utilizado para o ganho de massa corporal e aumento do desempenho em atletas humanos, embora a substância esteja listada como proibida pela Agência Mundial Antidoping (WADA) de 1999, este anabolizante é frequentemente detectado em análises de *doping* (AGÊNCIA MUNDIAL ANTIDOPING, 2024).

A boldenona difere da testosterona apenas por uma dupla ligação na posição 1 de sua estrutura química. Sua forma mais utilizada é a undecilenato, que é a forma que recebe uma adição de um éster derivado de ácido undecilênico, tornando-o capaz de prolongar a meia vida do anabolizante, permitindo uma liberação gradual no organismo. Este anabolizante promove o aumento do tamanho muscular devido à ativação de um balanço positivo de nitrogênio, estimulando a produção de proteínas e reduzindo sua deterioração. Seus efeitos também incluem a retenção de água corporal, nitrogênio, sódio, potássio e íons de cálcio (ODA; EL ASHMAWY, 2012).

Boldenona foi classificada pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) como uma substância que age como um provável carcinógeno humano, apresentando índice de carcinogenicidade superior ao de outros andrógenos, como nandrolona, estanozolol e testosterona (DE BRABANDER *et al*., 2004).

Um estudo recente relatou a morte de um jovem que injetou uma alta dose de boldenona intencionalmente e teve uma morte súbita. O estudo destaca que é difícil estimar as doses letais assim como informações mais específicas sobre o metabolismo da boldenona, visto que esta é uma substância proibida em humanos, contudo existe na literatura o achado de que o conjugado glucuronídeo pode ser identificado como o principal

metabólito da boldenona em humanos, com seu pico de excreção observado cerca de 19 horas após a administração na urina (PARK *et al*., 2019).

1.1.8 Falsificação de anabolizantes

No Brasil, a regulamentação da comercialização dos anabolizantes é feita através da Portaria n. 344/98 ANVISA. Tais substâncias são pertencentes a lista “C1” que abrange os anabolizantes. A normativa destaca que os anabolizantes somente devem ser vendidos sob prescrição médica, através de receituário de controle com 2 vias, sendo a 1ª via que deve ficar retida no estabelecimento farmacêutico e a 2ª via que deverá ser devolvida ao paciente. A prescrição dos anabolizantes somente pode ser feita por médico ou cirurgião dentista (quando comprovados os fins odontológicos), além disso, a normativa proíbe a distribuição de amostras gratuitas destes medicamentos (BRASIL, 1998).

Devido à dificuldade ao acesso aos anabolizantes, muitos usuários recorrem ao mercado clandestino e acabam adquirindo medicamentos falsificados ou com irregularidades (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2024).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) os produtos médicos falsificados podem não conter nenhum ingrediente ativo, ou conter o ingrediente ativo errado ou a quantidade errada do ingrediente ativo correto (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

De acordo com o relatório técnico de produtos farmacêuticos da Polícia Federal, a grande maioria dos medicamentos apreendidos no Brasil no ano de 2023 correspondia a produtos anabolizantes (68,4), em seguida produtos para disfunção erétil (3,1%), Anti-inflamatórios Não Esteroides (3,0%), anorexígenos (2,0%) e abortivos (1,7%) (INSTITUTO NACIONAL DE CRIMINALÍSTICA, 2024).

De acordo com a ANVISA, a investigação de falsificação de medicamentos e produtos tem dois objetivos importantes: informar a população da existência do produto falso e identificar os autores da fabricação e distribuição do produto falsificado, buscando mapear a origem dos produtos e alertar a população. A falsificação de anabolizantes é considerada um crime hediondo, portanto existe a necessidade de abordar a investigação sob a ótica administrativa e penal com base nas leis vigentes (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2010).

O artigo 273 do Código Penal descreve como conduta ilícita o ato de falsificar, corromper ou adulterar produtos destinados a fins terapêuticos ou medicinais. Tais produtos incluem aqueles que estão sendo comercializados sem registro, quando exigível, no órgão

de vigilância sanitária competente; em desacordo com a fórmula constante do registro; sem as características de identidade e qualidade admitidas para a sua comercialização; com redução de seu valor terapêutico ou de sua atividade; de procedência ignorada e adquiridos de estabelecimento sem licença da autoridade sanitária competente (TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO DISTRITO FEDERAL E TERRITÓRIOS, 2024).

No Paraná um estudo realizado recentemente pelo nosso laboratório em parceria com a Polícia Federal de Foz do Iguaçu, observou que 67,5% das amostras de anabolizantes à base de Nandrolona apreendidas pela Polícia Federal no tríplice fronteira (Brasil, Paraguai e Argentina), apresentaram concentrações abaixo das indicadas no rótulo. A análise também revelou que algumas amostras sequer continham o ingrediente ativo declarado pelo fabricante. Outro fato importante constatado nas análises deste estudo, é que em algumas amostras com princípio ativo declarado como nandrolona em seus rótulos, foi encontrado a drostanolona, sendo esta uma inconformidade grave. O estudo relatou que a maioria das amostras eram de origem paraguaia (SCHUVIECERSK *et al*., 2025).

Outro estudo realizado na região sul do Brasil recentemente, mostrou que a maioria das amostras de anabolizantes periciadas não tinham o componente declarado no rótulo em sua composição, e que amostras com a ausência do ingrediente ativo eram comuns. As amostras obtidas neste estudo, também foram frutos de apreensões realizadas pela Polícia Federal Brasileira (BERNEIRA *et al*., 2022).

Ao vermos os resultados dos estudos de análises das amostras de anabolizantes apreendidas, é possível que a motivação para a fraude seja econômica, visando o ganho de lucros, visto que a maioria dos casos relatados trata-se de produtos com concentração inferior à declarada ou de produtos com ausência do composto ativo, contudo não podemos confirmar esta hipótese, visto que não há relatos de comparações destes produtos inconformes com seus respectivos produtos originais (SCHUVIECERSK *et al*., 2025; BERNEIRA *et al*., 2022).

De fato, o mercado de produção e venda de anabolizantes irregulares movimenta muito dinheiro, é o que mostra um estudo etnográfico que relata que um fisiculturista passou a traficar anabolizantes com o objetivo de arcar com os custos de suas próprias drogas. Para isso, primeiramente ele conseguiu adquirir os anabolizantes de um fornecedor internacional, posteriormente ele passou a reprocessar os esteroides veterinários destinados a gado que eram adquiridos com facilidade em lojas de suprimentos veterinários. Por fim, o homem passou a comprar matérias-primas químicas de sites estrangeiros (inclusive de substâncias que não estavam mais em comercialização) e

"fabricar" os anabolizantes em casa, transformando-os em um produto utilizável. O estudo americano relata que o traficante tinha uma margem de lucro impressionante de aproximadamente 3.333% (KRASKA; BUSSARD; BRENT, 2010).

Portanto, neste cenário onde medicamentos são processados de forma irregular, com precários padrões de qualidade, as concentrações e composições das substâncias tornam-se inconsistentes, fica explícito que o consumidor será lesado ao consumir um produto que claramente não trará o efeito esperado, além de colocar sua saúde em risco consumindo um medicamento de composição duvidosa (SCHUVIECERSK *et al*., 2025; BERNEIRA *et al*., 2022;KRASKA; BUSSARD; BRENT, 2010).

1.1.9 Cromatografia Gasosa Acoplada ao espectrômetro de Massas - CG-EM

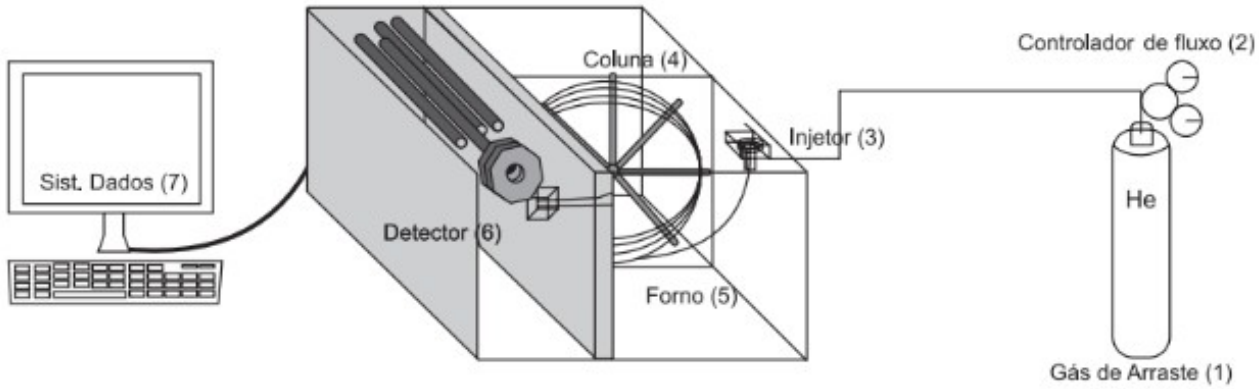
Para caracterizar e quantificar a composição de um produto e determinar sua idoneidade, as técnicas analíticas têm sido uma ferramenta crucial. Neste contexto, a cromatografia se tornou uma das principais ferramentas aliadas contra a falsificação de medicamentos mundialmente (NEVES; CALDAS, 2017).

A cromatografia é definida como um método físico-químico de análise baseado na separação dos componentes que constituem a amostra. A separação consiste na distribuição dos componentes em duas fases, uma fase estacionária e uma móvel. A cromatografia pode ser dividida em líquida, em que a fase móvel é um líquido, e gasosa, onde a fase móvel será um gás (NASCIMENTO *et al*., 2018, p. 13).

Para a análise de anabolizantes a técnica de cromatografia gasosa é a que tem sido mais empregada. O sistema é composto de uma fase móvel que transporta os solutos através da coluna chamada de gás de transporte ou de arraste; um controlador de fluxo que regula a saída do gás; um injetor que é um dispositivo utilizado para introduzir amostras gasosas na entrada da coluna; uma coluna que pode ser considerada o coração do sistema de cromatografia gasosa (CG) na qual as amostras são arrastadas pelo seu interior; um forno onde a coluna é abrigada e funciona como um termostato de ar para manter uma temperatura constante ou um aumento de temperatura programado para a coluna; um detector que registra os solutos à medida que saem da coluna e um sistema de dados que registra, armazena e demonstra os analitos identificados através de picos cromatográficos em cromatogramas.

O sistema é demonstrado através da figura 3 (DETTMER-WILDE; ENGEWALD, 2014).

Figura 3. Partes componentes de um sistema de cromatografia gasosa



Fonte: NASCIMENTO *et al*., 2018, p. 17.

A CG pode ser combinada com diversos tipos de detectores, contudo para a análise de anabolizantes, o detector mais comum nos estudos e prática diária tem sido o espectrômetro de massas (EM). A análise por CG é altamente eficaz para separar os esteroides, enquanto o EM entrega uma alta performance na identificação dos esteroides, formando assim um sistema altamente capaz de identificar e quantificar os analitos presentes nos anabolizantes, a cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CHEN, LE BIZEC; DERVILLY, 2024).

Antes de as amostras serem levadas para o cromatógrafo elas precisam passar por uma etapa de pré-tratamento, chamada de extração e purificação. Existem diversas formas para realizar esta etapa como a utilização da fase sólida (SPE), QuEChERS que é um método que traz em seu nome as características da técnica “ rápido, simples, barato, eficaz, robusto e seguro” e extração líquido-líquido (LLE). Contudo, a extração LLE, baseada na partição do soluto entre o solvente orgânico adicionado e o solvente ou excipiente da amostra, tem sido amplamente utilizada como o método preferido de purificação na análise de anabolizantes devido à sua operação simples e rápida (ZHANG *et al*., 2022).

Em alguns tipos de amostras e metodologias utilizando o CG-EM uma etapa adicional pode ser necessária que é a etapa de derivatização. A derivatização é uma etapa que consiste na modificação das moléculas dos analitos através de reagentes específicos com o objetivo de melhorar a detectabilidade, estabilidade, volatilidade ou comportamento cromatográfico da molécula original, contudo, a depender da amostra, esta etapa pode se tornar desnecessária e significar mais tempo gasto e recursos com reagentes para o preparo das amostras (CHEN, LE BIZEC; DERVILLY, 2024).

Recentemente a técnica de CG-EM foi utilizada em um estudo na Escócia. Na ocasião, houve a análise de cinco cartuchos de cigarro eletrônico apreendidos em prisões escocesas, os resultados revelaram que havia a presença de anabolizantes como a mestanolona e a oxandrolona, além de outras substâncias ilícitas como SCRAs (ADB-BUTINACA e MDMB-4en-PINACA), Δ9-tetraidrocanabinol (Δ9-THC) e cocaína. O estudo mostrou que o mercado clandestino pode estar apostando em novas formas de administração dos esteróis não convencionais como a vaporização, outra hipótese é que os EAA podem ter sido incluídos nos cartuchos por contaminação no momento da sua fabricação (HARRIES *et al*., 2024).

Outro estudo utilizando a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas tandem (CG-EM/EM) conseguiu detectar a presença de testosterona, 4-hidroxi-androstenediona, DHEA e 6-Br-androstenediona em suplementos alimentares. Para o preparo das amostras foi utilizado a técnica LLE com o solvente n-hexano e posteriormente foi feita a etapa de derivatização com uma mistura de MSTFA/etanotiol/NH_4I. O estudo Chinês mostrou que a maioria das amostras que apresentaram a falsificação eram adquiridas pela internet (ZHANG *et al*., 2022).

Para analisar quarenta amostras de produtos à base de nandrolona, apreendidos na tríplice fronteira do Paraná pela Polícia Federal Brasileira, também foi utilizado o instrumento analítico CG-EM. A técnica para a etapa de extração escolhida foi LLE utilizando como reagente uma mistura de acetato de etila e acetonitrila. O método validado seguindo as normas do INMETRO dispensou a utilização da etapa de derivatização, tornando-o mais prático e rápido para as rotinas periciais (SCHUVIECERSK *et al*., 2025).

Berneira e colaboradores (2022) também utilizou a técnica de extração LLE para conduzir a análise por CG-EM de nove amostras de produtos apreendidos pela Polícia Federal no Rio Grande do Sul. O reagente escolhido para a extração foi o clorofórmio e não foi feita a derivatização. A análise cromatográfica revelou que seis amostras eram de produtos falsificados, já que os componentes declarados nos rótulos não foram detectados, além disso, três amostras não continham o ingrediente ativo declarado.

Em Brasília, um outro estudo foi feito, amostras de anabolizantes e suplementos passaram por análise do CG-EM. O estudo mostrou que 42% dos produtos apreendidos em ações realizadas pela Polícia Federal Brasileira estavam irregulares. Para o preparo das amostras a técnica escolhida também foi a LLE, utilizando como reagente o metanol, a etapa de derivatização também não foi realizada (NEVES; CALDAS, 2017).

Diversas metodologias são praticadas em laboratórios para a análise de anabolizantes, contudo para que uma metodologia seja estabelecida é necessário que o método analítico gere informações confiáveis e interpretáveis sobre a amostra. Com o objetivo de comprovar que o método é eficaz para a sua finalidade é necessário fazer então a validação do método (WALPURGIS; PIPER; THEVIS, 2022; RIBANI, 2004).

Segundo a Resolução n. 899, de 29 de maio de 2003, da ANVISA, a validação deve garantir, por meio de estudos experimentais, que o método atenda às exigências das aplicações analíticas, assegurando a confiabilidade dos resultados. Portanto, deve apresentar especificidade, linearidade, intervalo, precisão, sensibilidade, limite de quantificação, exatidão, adequados à análise.

1.2 Justificativa

Este estudo traz como justificativa a demanda atual de investigar os produtos anabolizantes apreendidos na fronteira pela Polícia Federal. Tais produtos têm sido cada vez mais utilizados por atletas e frequentadores de academias com o objetivo de aumentar suas performances e ganhar massa muscular de forma rápida. Contudo, devido a proibição destas substâncias, a principal forma dos usuários terem acesso aos anabolizantes é pelo mercado clandestino, se colocando a exposição de adquirir produtos não idôneos. Os produtos não idôneos são aqueles que não apresentam a concentração e ou substância declarada, e/ou podem conter outras substâncias não declaradas ou não conter nenhuma substância com princípio ativo. Estes produtos colocam em risco a saúde da população, lesam o consumidor e atrai lucros exorbitantes ao mercado clandestino. Neste contexto, metodologias eficientes e práticas devem ser desenvolvidas e validadas para a análise pericial de substâncias apreendidas, a fim de que medidas sejam adotadas para a implementação de políticas públicas, tanto na área de saúde quanto de segurança.

1.3 Pergunta norteadora

Os anabolizantes a base de testosterona, trembolona, boldenona, drostanolona e nandrolona apreendidos pela Polícia Federal no tríplice fronteira são idôneos em sua qualidade? Ou seja, possuem o(s) princípio(s) ativo(s) e a concentração(ões) declaradas?

1.4 Hipótese

H0: Os anabolizantes apreendidos em Foz do Iguaçu possuem o princípio ativo e as concentrações conforme declarado.

H1: Os anabolizantes apreendidos em Foz do Iguaçu não possuem o princípio ativo e as concentrações conforme declarado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- caracterizar e quantificar, através da técnica de cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas, os princípios ativos presentes em amostras de anabolizantes à base de trembolona, boldenona, testosterona, drostanolona e nandrolona apreendidos pela Polícia Federal na cidade de Foz do Iguaçu (PR), com o intuito de avaliar a idoneidade desses produtos.

2.2 Específicos

- caracterizar as amostras de anabolizantes oleosos à base de trembolona, boldenona, testosterona, nandrolona e drostanolona, apreendidas no período de 2019 a 2022 e 2024 e 2025 pela Polícia Federal na cidade de Foz do Iguaçu (PR);
- validar o método de análise por CG-EM para anabolizantes oleosos à base de trembolona, boldenona, testosterona, nandrolona e drostanolona, seguindo as orientações do DOQ-CGCRE-008 do INMETRO (INMETRO, 2020) e ANVISA (RDC 166/2017 e RDC 899/2003), através da determinação dos parâmetros de: linearidade, limite de detecção, limite de quantificação, seletividade, recuperação, precisão e efeito de matriz;
- quantificar os ésteres de trembolona, boldenona, testosterona, nandrolona e drostanolona presentes nas amostras de anabolizantes oleosos apreendidas no período de 2019 a 2022 e 2024 a 2025 pela Polícia Federal na cidade de Foz do Iguaçu (PR);
- avaliar a idoneidade das amostras através da caracterização e concentração dos anabolizantes presentes; e
- classificar as amostras quanto a sua procedência, país e empresa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Ética em pesquisa

Este trabalho não precisou ser submetido ao comitê de ética em pesquisas por não envolver seres humanos e animais em sua metodologia.

3.2 Amostras

Foram analisadas 61 amostras (Figura 4) amostras oriundas das apreensões efetuadas pela Polícia Federal na cidade de Foz do Iguaçu (PR), consistindo em esteroides anabolizantes formulados a base de testosterona, drostanolona, boldenona, nandrolona e trembolona, nos períodos de 2019 a 2022 e 2024 a 2025. As amostras foram mantidas em freezer a uma temperatura de -20°C, acondicionadas em frascos-ampola selados até o momento da avaliação.

Figura 4. Amostras de anabolizantes apreendidos contendo nandrolona em seu rótulo

Fonte: SCHUVIECRSKI, 2022.

Todas as amostras selecionadas passaram por triagem e foram enumeradas e tabeladas de acordo com o número do material, perito, informações do rótulo do produto e laudo prévio emitido de forma qualitativa. Com base nestes dados categorizou-se os materiais em amostras com 1 éster declarado (Tabela 1) e amostras com mais de 1 éster declarado (Tabela 2) para melhor organização. Estas tabelas serviram como base para avaliação qualitativa e quantitativa dos produtos apreendidos.

Tabela 1. Triagem das amostras apreendidas pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu contendo 1 éster

Amostra	Origem / Fabricante	Éster declarado	Concentração declarada mg/mL)	Ano de apreensão
1	Paraguai/1	Testosterona enantato	250	2022
2	Paraguai/1	Testosterona enantato	250	2021
3	Paraguai/1	Testosterona enantato	250	2020
4	Paraguai/1	Testosterona enantato	250	2020
5	Paraguai/1	Testosterona enantato	250	2020
6	Paraguai/1	Testosterona cipionato	200	2024
7	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
8	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
9	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
10	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
11	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
12	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
13	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
14	Paraguai/1	Drostanolona propionato	100	2024
15	Paraguai/1	Trembolona acetato	100	2024
16	Paraguai/1	Trembolona acetato	100	2024
17	Paraguai/1	Trembolona enantato	100	2024
18	Paraguai/1	Trembolona enantato	100	2024
19	Paraguai/2	Drostanolona propionato	100	2022
20	Paraguai/2	Testosterona enantato	250	2022
21	México/ 3	Testosterona enantato	250	2022
22	México/ 3	Testosterona enantato	250	-
23	México/ 3	Testosterona enantato	250	2021
24	México/ 3	Testosterona enantato	250	2021
25	México/ 3	Testosterona propionato	200	2021
26	México/ 3	Drostanolona enantato	100	2024
27	México/ 3	Drostanolona propionato	100	2024
28	Índia/4	Trembolona enantato	100	2022
29	Índia/4	Drostanolona propionato	100	2022
30	Alemanha/5	Não declarado	100	2022
31	Sem origem e fabricante	Testosterona enantato	200	2022
32	Sem origem e fabricante	Testosterona cipionato	200	2022

33	Sem origem e fabricante	Não declarado	Não declarado	2022

Fonte: da autora, 2025.

Tabela 2. Triagem das amostras apreendidas pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu contendo mais de 1 éster

Amostra	Origem / Fabricante	Éster declarado	Concentração declarada mg/mL	Total declarado mg/mL	Ano de apreensão
34	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2022
		Testosterona isocaproato	100		
		Testosterona fenilpropionato	100		
35	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2022
		Testosterona isocaproato	100		
		Testosterone fenilpropionato	100		
36	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2024
		Testosterona isocaproato	100		
		Testosterona fenilpropionato	100		
37	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2024
		Testosterona isocaproato	100		
		Testosterona fenilpropionato	100		
38	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2024
		Testosterona isocaproato	100		
		Testosterona fenilpropionato	100		
39	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2025
		Testosterona Isocaproato	100		
		Testosterona fenilpropionato	100		
40	Paraguai/1	Testosterona propionato	50	250	2025
		Testosterona isocaproato	100		
		Testosterona fenilpropionato	100		
41	Paraguai/1	Testosterona propionato	30	250	2021
		Testosterona isocaproato	60		
		Testosterona decanoato	100		
		Testosterona fenilpropionato	60		
42	Paraguai/1	Testosterona propionato	30	250	2021
		Testosterona isocaproato	60		
		Testosterona decanoato	100		
		Testosterona fenilpropionato	60		
43	Paraguai/1	Testosterona propionato	30	250	2022
		Testosterona Isocaproato	60		
		Testosterona decanoato	100		

		Decanoato			
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
44	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2022
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
45	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2021
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
46	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2019
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
47	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2021
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
48	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2021
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
49	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2021
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
50	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2022
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
51	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2021
		Testosterona fenilpropionato	60		
52	Paraguai/1	Testosterona propionato	30	250	2021
		Testosterona isocaproato	60		

		Testosterona decanoato	100		
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
53	Paraguai/1	Testosterona decanoato	100	250	2021
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Trembolona acetato	50		
54	Paraguai/1	Trembolona enantato	100	250	2021
		Trembolona carbonato	50		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
55	Paraguai/2	Testosterona decanoato	100	250	2020
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
56	México/3	Testosterona decanoato	100	100	2020
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
57	México/3	Testosterona decanoato	100	250	2022
		Testosterona fenilpropionato	60		
		Testosterona enantato	100		
		Boldenona undecilenato	100		
58	Hungria/6	Nandrolona decanoato	100	300	2024
		Testosterona propionato	36		
		Testosterona isocaproato	72		
59	Máldavia/7	Testosterona decanoato	120	300	2022
		Testosterona fenilpropionato	72		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
60	Sem origem/8	Testosterona decanoato	100	250	2022
		Testosterona fenilpropionato	30		
		Testosterona propionato	30		
		Testosterona isocaproato	60		
61	Sem origem/8	Testosterona decanoato	100	200	2025
		Testosterona	60		

fenilpropionato

Fonte: da autora, 2025.

3.3 Preparo das amostras

Para o preparo das amostras a técnica de LLE foi a escolhida. Inicialmente foi feita a diluição em um tubo de microcentrífuga de 2 mL levando-se em consideração a diluição de 250 vezes, que foi dividida em duas etapas, recebendo as identificações de diluição 1 e diluição 2. O solvente utilizado foi uma mistura de acetonitrila e acetato de etila em proporções iguais (1:1). A diluição 1 foi preparada utilizando 950 µL de solvente e adicionando 50 µL da amostra. Posteriormente foi feita homogeneização em vortex e finalmente as amostras foram congeladas a -20ºC durante 24 horas. A diluição 2 foi preparada colocando-se 1230 µL de solvente, 120 µL do sobrenadante obtido da diluição 1 e 150 µL de padrão interno de sibutramina 102 µg/mL.

3.4 Validação do método

A validação do método de quantificação foi feita seguindo as orientações do DOQ-CGCRE-008 do INMETRO (INMETRO, 2020) e ANVISA (RDC 166/2017 e RDC 899/2003), através da determinação dos parâmetros escolhidos: seletividade, linearidade, efeito de matriz, limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ), recuperação e precisão.

3.4.1 Curva análitica

Foram utilizados os seguintes padrões analíticos grau HPLC:

- 8*R*,9*S*,10*R*,13*S*,14*S*,17*S*-17-hidroxi-13-metil-2,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17-dodecahidro–1*H*ciclopenta[a]fenantren-3-ona (Decanoato de nandrolona, CAS: 360-70-3. DR-Ehrenstorfer- Alemanha);
- 8S,13S,14S,17S-17-hydroxy-13-methyl-2,6,7,8,14,15,16,17-octahydro-1Hcyclopenta[a]phenanthren-3-one (Trembolone – acetate, CAS: 10161-34-9, DR-Ehrenstorfer-Alemanha);
- 1R,3aS,3bR,10aR,10bS,12aS-1-Ethinyl-10a,12a-dimethyl2,3,3a,3b,4,5,10,10a,10b,11,12,12adodecahydro-Hcyclopenta[7,8]phenanthro[3,2-d][1,2]oxazol1-ol (Boldenone, CAS: 846-48-0. DR-Ehrenstorfer-Alemanha);

- 2*R*,5*S*,8*R*,9*S*,10*S*,13*S*,14*S*,17*S*)-17-hydroxy-2,10,13-trimethyl-1,2,4,5,6,7,8,9,11,12,14,15,16,17-tetradecahydrocyclopenta[a]phenanthren-3-one (Drostanolone Propionate, CAS: 521-12-0. TRC Canada – Canadá);
- (8*R*,9*S*,10*R*,13*S*,14*S*,17*S*)-17-hydroxy-10,13-dimethyl-1,2,6,7,8,9,11,12,14,15,16,17-dodecahydrocyclopenta[a]phenanthren-3-one (Testosterone Propionate, CAS: 57-85-2. DR-Ehrenstorfer- Alemanha).

A curva foi preparada a partir de uma solução estoque inicial na concentração de 10 mg/mL, preparada com cada anabolizantes em acetato de etila e acetonitrila (AE/ACN) grau HPLC (1:1, v/v). A curva analítica foi construída através de diluições da solução estoque nas concentrações de 200, 250, 300, 350, 400 e 450 µg/mL. O padrão interno utilizado foi o cloridrato de sibutramina ((±)-dimethyl-1-[1-(4-chlorophenyl)-cyclobutyl]-N,N,3-trimethylbutan-1-amine) na forma de substância química de referência (FIOCRUZ – INCQS – Brasil) na concentração de 102 µg/mL em cada ponto da curva analítica. A escolha da sibutramina como padrão interno foi feita com base nas suas características como boa estabilidade térmica, não interferência com os analitos alvo e custo acessível de aquisição. Todos os pontos das curvas foram injetados em seis repetições.

3.4.2 Efeito matriz

De acordo com a RDC 166/2017 (BRASIL, 2017) o efeito matriz determina a interferência dos componentes da matriz nos resultados analíticos. O efeito matriz pode ser identificado através da comparação da curva analítica utilizando solvente e da curva analítica com a matriz sem a presença do analito (passando por análise prévia).

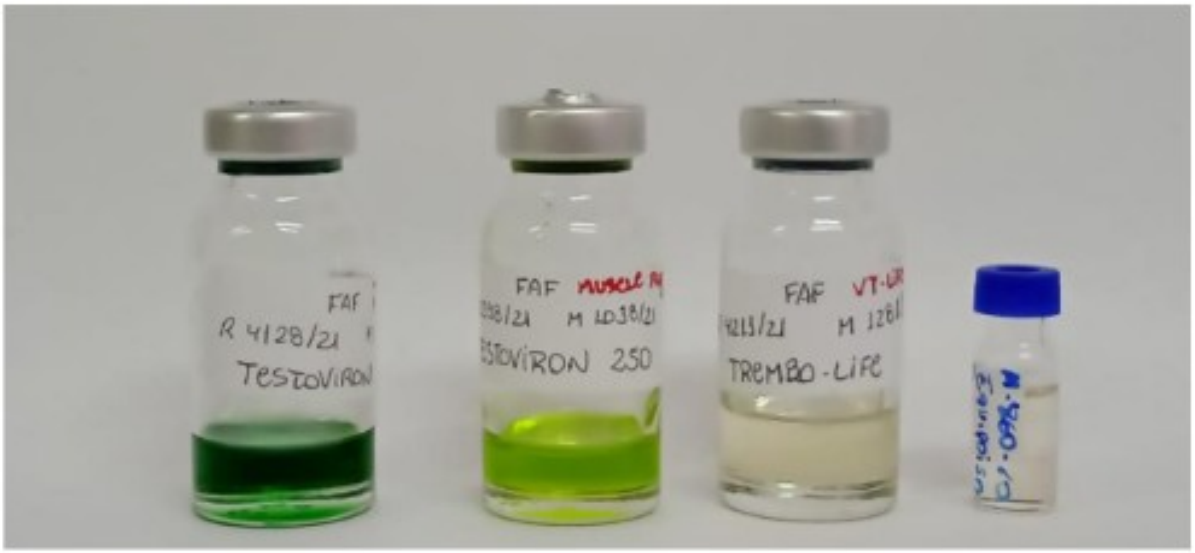
Para obter uma matriz representativa das diferentes amostras, foi preparado uma mistura de amostras (*pool)* de 04 amostras com colorações diferentes e fabricantes distintos, que está demonstrado na figura 5. Este *pool* foi utilizado como matriz para a curva analítica utilizando as mesmas concentrações da curva com solvente.

Para a determinação do efeito matriz foi utilizado o teste t de *Student* com a finalidade de comparar as inclinações das retas obtidas, considerando as seguintes hipóteses:

$H0 = \mu1 = \mu2$ ou $H1 = \mu1 \neq \mu2$

onde H: é a hipótese e µ: correspondem aos valores de cada curva, portanto o H0= indica que não existe efeito de matriz e H1= indica a presença do efeito de matriz.

Figura 5. Preparo do "*pool*" para avaliação do Efeito de Matriz



Fonte: SCHUVIECRSKI, 2022.

3.4.3 Linearidade

De acordo com o INMETRO (2020) a linearidade de um procedimento analítico é a sua habilidade dentro de uma determinada faixa de obter resultados, tais resultados são diretamente proporcionais à concentração do analito da amostra. O sinal analítico considerado foi a área do padrão dividido pelo sinal do padrão interno, com as quais obteve-se as curvas analíticas. Para análise da linearidade foi utilizada a regressão linear, coeficiente de correlação (r) e o gráfico de resíduos (homocedasticidade), conforme a orientação preconizada pelo INMETRO.

3.4.4 Limite de detecção e limite de quantificação

O limite de detecção (LD) de um procedimento analítico individual pode ser determinado pela menor quantidade de analito na amostra que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada. Enquanto o limite de quantificação (LQ) de um procedimento analítico individual é determinado pela menor quantidade do analito na amostra que pode ser quantitativamente determinada com precisão e exatidão aceitáveis (INMETRO, 2020). Para a determinação de LD e LQ foi utilizado a planilha da UNICAMP de Ribeiro (RIBEIRO *et al*., 2008).

3.4.5 Seletividade

A seletividade, segundo o INMETRO, é o grau em que o método pode quantificar o analito na presença de outros analitos, matrizes ou de outro material potencialmente interferente. O método foi considerado seletivo após a avaliação da ausência de interferência nos picos e na retenção do analito. Deste modo, a cromatografia foi empregada de forma que nenhum dos anabolizantes estudados coeluíssem e, assim, fosse garantida a seletividade de cada anabolizante seguindo as recomendações INMETRO e ANVISA (RDC 899/2003).

3.4.6 Recuperação

De acordo com a RDC 166, a exatidão pode ser expressa pela relação percentual de recuperação do analito de concentração conhecida adicionado à amostra ou pela relação entre a concentração média (determinada experimentalmente) e a concentração teórica correspondente.

Neste estudo a recuperação foi estimada através da fortificação de amostras com quantidades conhecidas dos padrões, em três diferentes concentrações (baixa = 200 µg/mL, média = 300 µg/mL e alta = 450 µg/mL) da faixa de trabalho do método.

Depois do preparo das amostras fortificadas foi feita a leitura dos sinais obtidos para cada concentração, com base nestes sinais foi calculado o valor de recuperação, através da equação 1:

Equação 1:

$$\text{Recuperação (\%)} = \frac{(C1 - C2)}{C3} \times 100$$

onde:

C1= concentração do analito na amostra fortificada

C2= concentração do analito na amostra não fortificada

C3= concentração do analito adicionado na amostra fortificada.

Após a aplicação do cálculo, realizamos a comparação dos resultados obtidos com os critérios de aceitação de recuperação de acordo com orientações normativas vigentes para validação.

3.4.7 Precisão

O parâmetro da precisão tem como objetivo avaliar a proximidade dos resultados obtidos através da repetibilidade do método analítico a ser validado. A precisão de um método pode ser obtida através da repetibilidade, pela precisão intermediária ou pela reprodutibilidade (INMETRO, 2020).

Para isto, utiliza-se o cálculo de desvio padrão relativo (DPR) através da equação 2, com o objetivo de demonstrar a dispersão dos resultados obtidos. Realizou-se o estudo de precisão através das etapas de repetibilidade, ou precisão intra-ensaios, através de determinações para seis níveis diferentes (200-250-300-350-400-450 µg/mL) de concentrações-teste.

Equação 2: Desvio Padrão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_{i-} \bar{x})^2}{n-1}}$$

E o valor médio do número total das medidas (N), calculado $\left(\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{N} \right)$

onde x*i* representa cada uma das medidas individuais, com base nisto é obtém-se o DPR, pela equação 3.

Equação 3:

$$DPR = \frac{100s}{\bar{x}}$$

3.4.8 Análise cromatográfica

A análise dos anabolizantes foi feita utilizando o equipamento *CG System* modelo 7890A da *Agilent Technologies* (EUA), acoplado ao espectrômetro Inert XL MSD com *Triple–Axis Detector* modelo 5975C da *Agilent Technologies* com injetor automático *Agilent Technologies 7683B séries*, operando no modo de impacto eletrônico de 70 eV. A separação dos analitos ocorreu através da coluna HP-5MS 5% Phenyl Methyl Silox (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm; Sigma Aldrich – EUA), utilizando gás hélio empregado como gás de arraste em fluxo de 0,8 mL/minutos, o volume de injeção foi de 1 µL a velocidade de injeção de 70

µL/segundo. A programação de temperatura escolhida foi: 60ºC até 150ºC a 40ºC/min (1 min), até 315ºC a 4ºC/min (20 min).

O método de monitoramento de todos os íons (SCAN) no espectrômetro de massas (EM) foi utilizado para a caracterização das amostras. O método de monitoramento de íons (SIM – *Selected Ion Monitoring*) no EM foi escolhido para a quantificação dos analitos.

Além disso, o modo de monitoramento seletivo de íons permite que diferentes ésteres de um mesmo anabolizante seja quantificado, pois o pico base se mantém em qualquer éster de um anabolizante específico. A escolha dos íons para quantificação foi realizada com base no pico base, na melhor sensibilidade e, também, de acordo com sua estabilidade para diferentes ésteres (Tabela 3).

Tabela 3. Tempo de retenção e íons monitorados da boldenona, sibutramina, nandrolona, testosterona, trembolona e drostanolona

Analito	Tempo de retenção (min)	Ion alvo (m/z)**
Boldenona	13,73	91, 122*
Nandrolona	47,77	110*, 91, 274
Testosterona	36,32	124*, 246, 288
Trembolona	35,21	252, 270, 141*, 198
Drostanolona	35,37	271, 149*, 286
Sibutramina	15,70	114*

Nota: * Íon molecular, Pico base. **m/z: razão massa/carga.

Fonte: da autora, 2025.

3.4.9 Análise estatística e processamento de dados

A validação do método e processamento de dados foram feitos utilizando a planilha de Ribeiro (Unicamp - Brasil) (RIBEIRO *et al*., 2008) com auxílio do programa *Microsoft*® Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho eficiente de um método analítico depende, em grande parte, da precisão das técnicas analíticas escolhidas e confiabilidade dos dados estatísticos utilizados, portanto, a definição de limites para os parâmetros analisados é essencial para garantir a aplicabilidade e a eficácia do método desenvolvido. Para isto, é fundamental a validação do método, onde no Brasil é feita através de diretrizes regulamentadoras expedidas pelos órgãos INMETRO e ANVISA.

Contudo, dentro de um laboratório, na prática, frequentemente os pesquisadores precisam adaptar métodos propostos em literaturas de acordo com sua realidade, o que traz a necessidade de atestar a segurança da técnica desenvolvida através de uma validação. Segundo a RDC 166/2017, a validação analítica consiste na avaliação sistemática de um método por meio de ensaios experimentais de modo a confirmar e fornecer evidências objetivas de que os requisitos específicos para seu uso pretendido são atendidos. Neste estudo, o preparo das amostras avaliadas foram feitas utilizando uma extração simples, (LLE), tornando nosso método rápido e eficaz nessa etapa, além da notável redução do uso de reagentes quando comparado com outras técnicas de extração.

4.1 Validação do Método

4.1.1 Efeito matriz

O efeito matriz foi avaliado por meio da comparação dos coeficientes angulares das curvas de calibração preparadas na matriz da amostra com aquelas preparadas utilizando apenas o solvente final de análise (Figura 6), para efeito estatístico foi utilizado o teste t. Somente a trembolona demonstrou diferença estatística entre as retas (Tabela 4) demonstrando um possível efeito matriz, o que é comum de acontecer, apesar disso optamos para a simplificação do método, seguindo a quantificação usando o solvente.

Não foi possível realizar este parâmetro para a boldenona pois o padrão foi insuficiente.

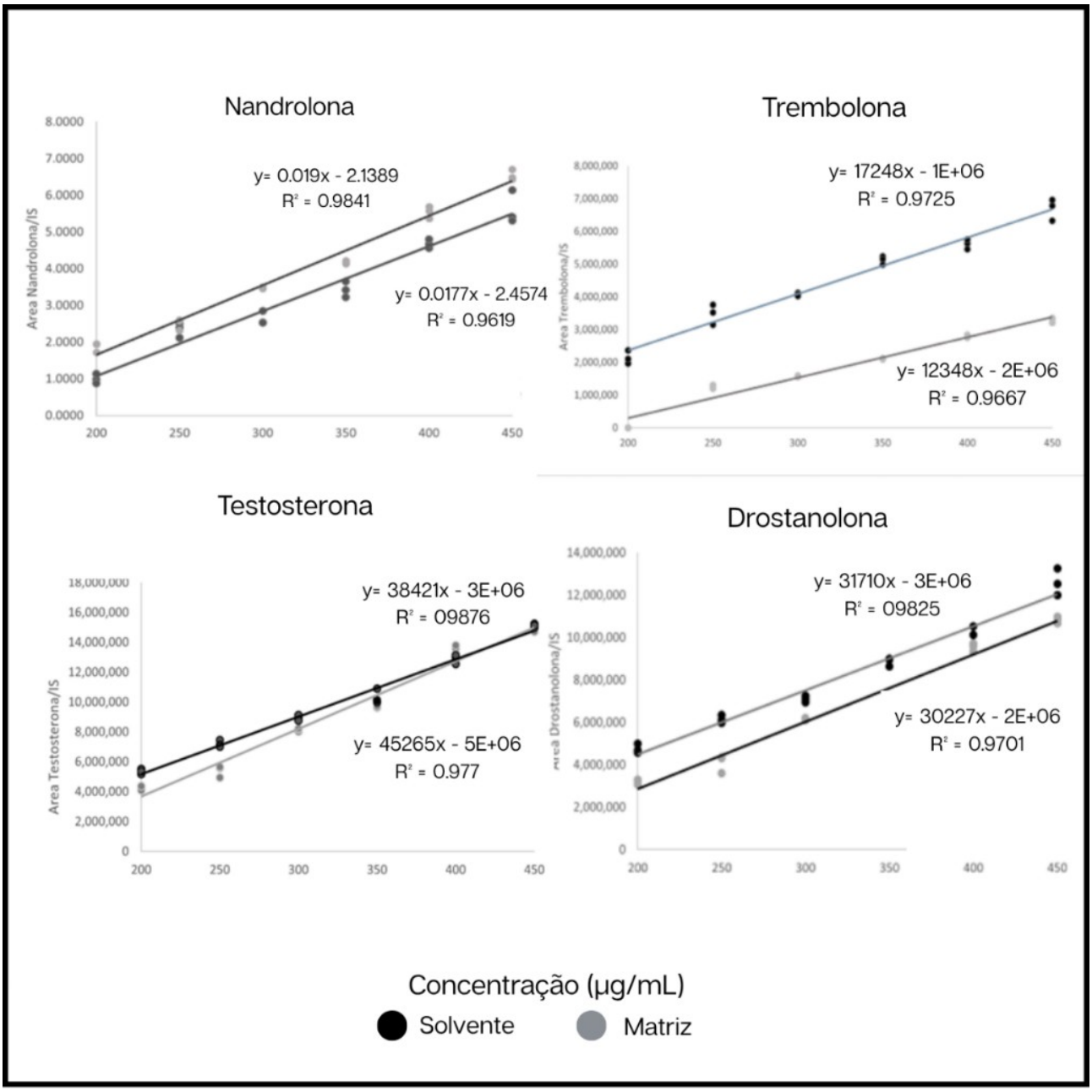
Tabela 4. Aplicação do Teste t de *Student* para a comparação das retas

	Testosterona	Drostanolona	Nandrolona	Trembolona
Matriz α1 Coeficiente angular da reta (y)	45265	30227	0,019	12348
Solvente α1	38421	31710	0,0177	17248

Coeficiente angular da reta (y)				
T calculado	0,6080	0,1269	0,1849	8,2261
t crítico	2,0322	2,0322	2,0322	2,0322
Resultado	Sem diferença significativa	Sem diferença significativa	Sem diferença significativa	Há diferença significativa

Fonte: da autora, 2025.

Figura 6. Comparação das inclinações das retas obtidas das curvas analíticas em solvente e em matriz

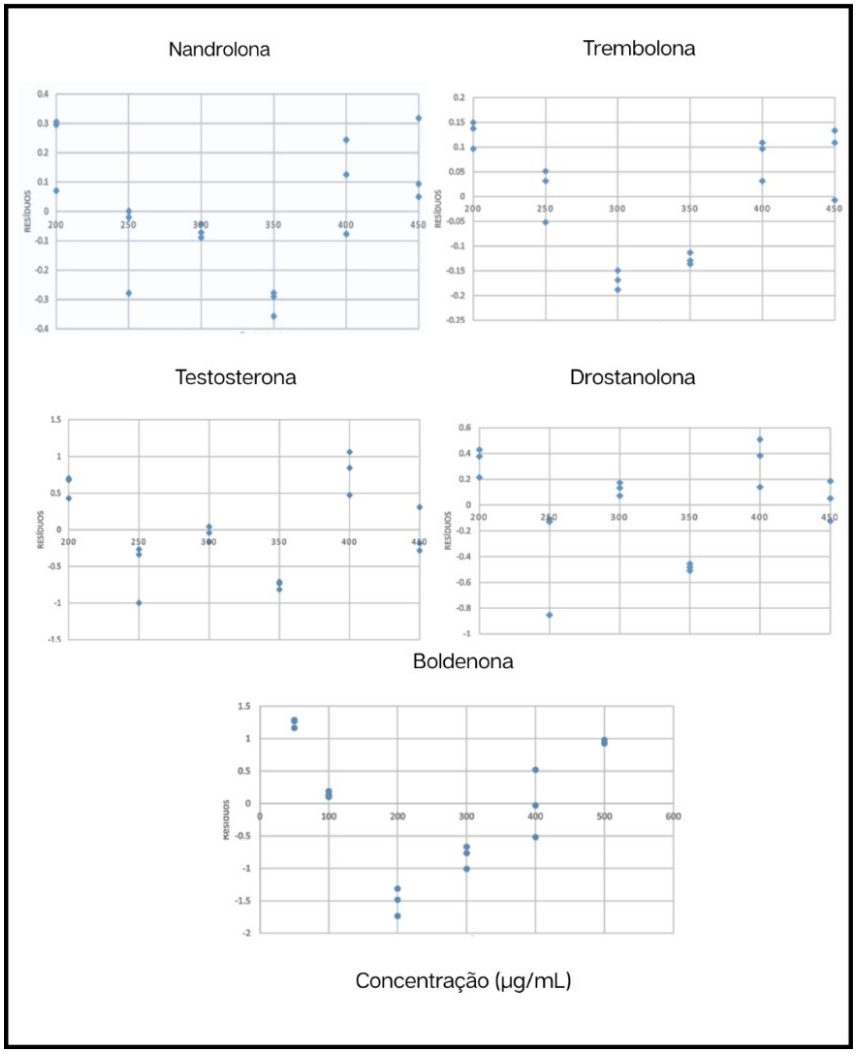


Fonte: da autora, 2025.

4.1.2 Linearidade

A linearidade foi confirmada para todos os agentes anabolizantes com base nos valores de R obtidos (Tabela 5) e na homocedasticidade do sistema (dispersão residual) demonstrado através da figura 7, estes parâmetros se mostraram em conformidade com as diretrizes da ANVISA (RDC 166/2017; RDC 899/2003).

Figura 7. Comparação entre os gráficos de dispersão de resíduos para nandrolona, testosterona, drostanolona, trembolona e boldenona



Fonte: da autora, 2025.

Tabela 5. Faixa de linearidade, R, Equação da Reta, LD e LQ para os analitos

Analito (µg/mL)	Linearidade (µg/mL)	R	Equação da reta	LD (µg/mL)	LQ (µg/mL)
Testosterona	200-450	0,9899	y=0,0453x -5.3791	72,09	107,15
Trembolona	200-450	0,9914	y= 0,0098x -12007	68,27	101,33

Drostanolona	200-450	0,9931	y= 0,0317x-4773	105,65	157,57
Nandrolona	200-450	0,9939	y=0,019x -2.1388	117,91	174,91
Boldenona	200-450	0,9939	y=0,019x -2.1388	120,37	178,66

Fonte: da autora, 2025.

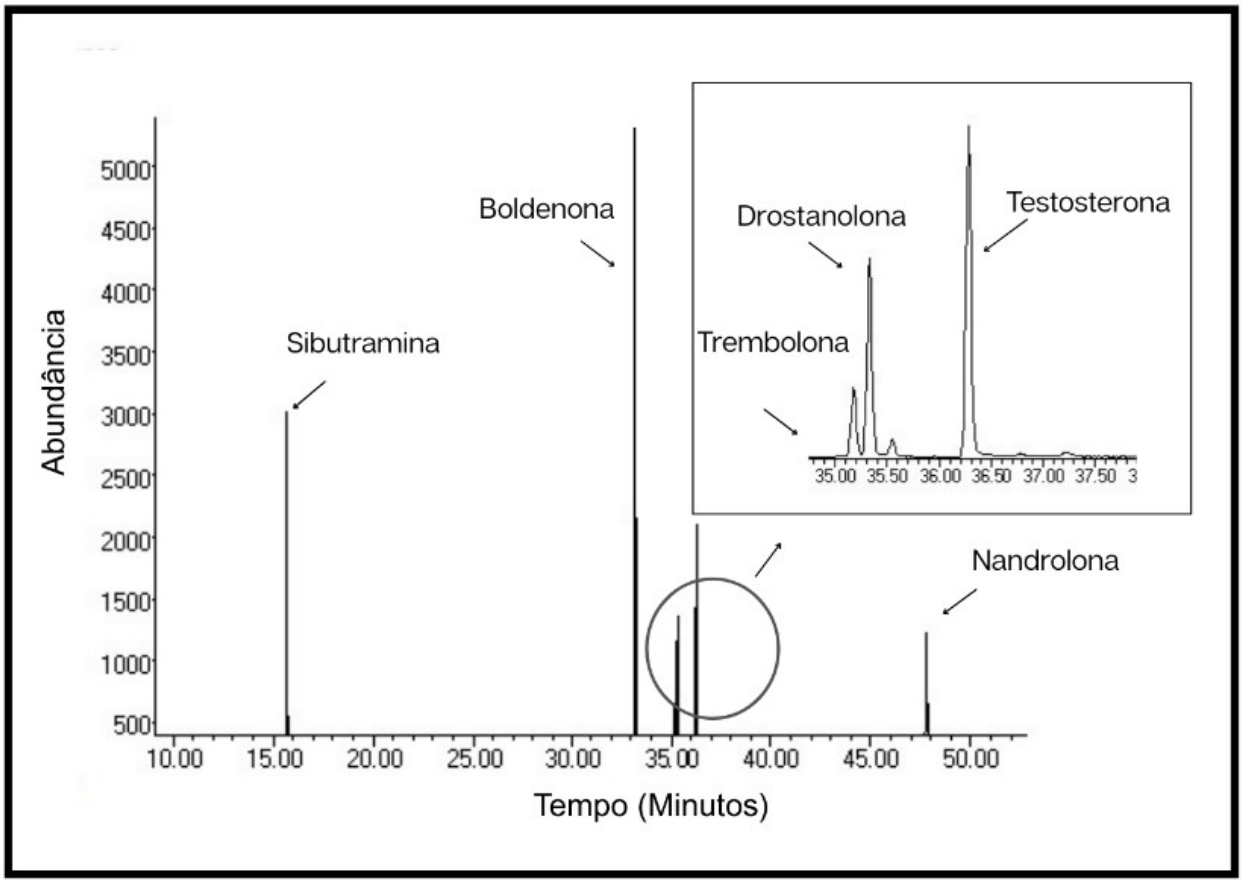
4.1.3 Limite de detecção e limite de quantificação

Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) dos analitos variaram de 72 a 120 µg/mL e de 101 a 178 µg/mL, respectivamente (Tabela 5). Considerando que as concentrações dos agentes anabolizantes estão na ordem de mg/mL, esses limites são considerados adequados. Além disso, quando comparados a outros estudos que também quantificaram agentes anabolizantes utilizando CG-EM, os LDs e LQs obtidos em nosso estudo foram satisfatórios (NEVES; CALDAS, 2017; SCHUVIECERSK *et al*., 2025).

4.1.4 Seletividade

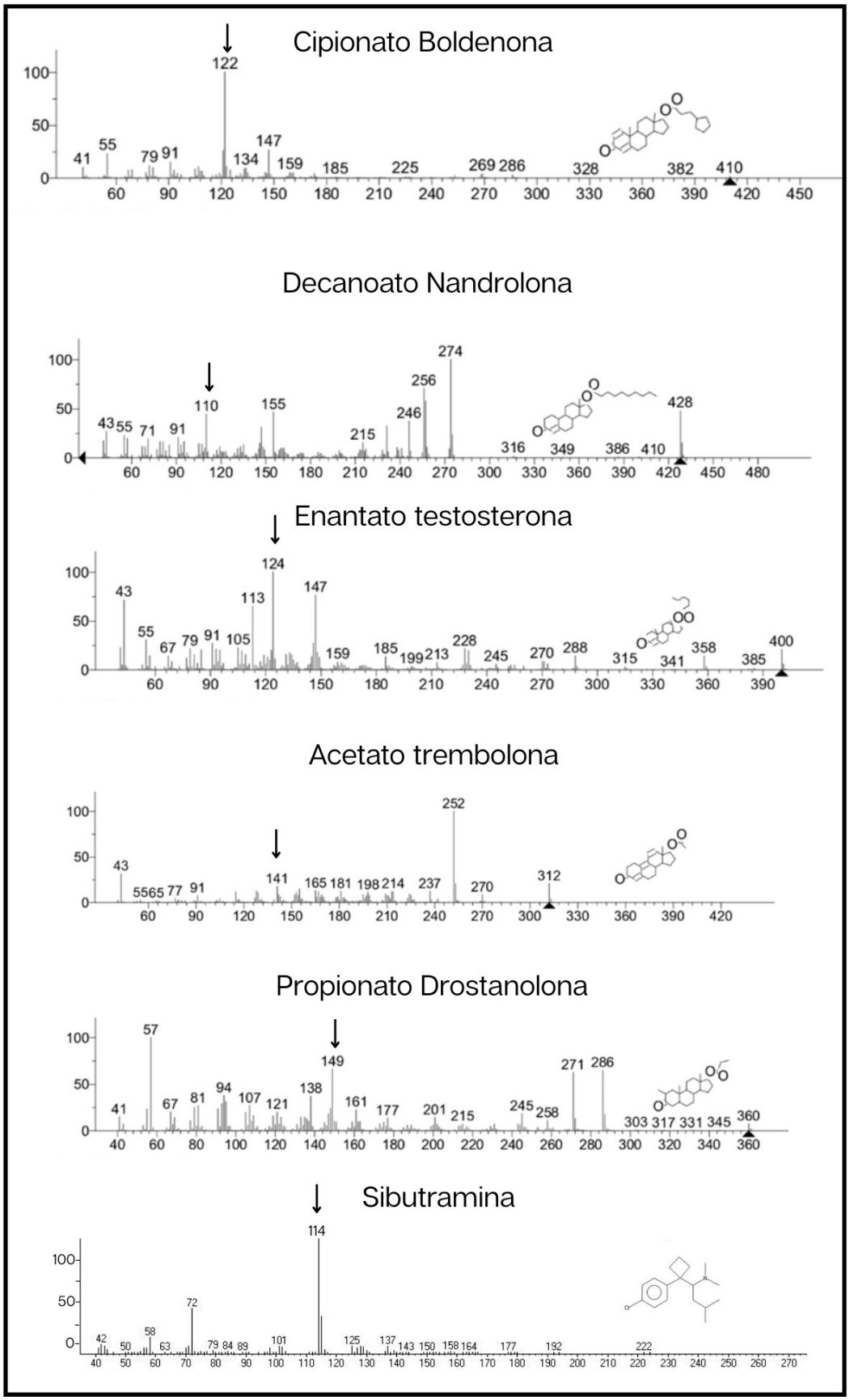
O método cromatográfico foi programado de forma que nenhum dos anabolizantes alvo coeluíssem, desta forma foi garantida a seletividade de cada analito (Figura 8) seguindo as recomendações da ANVISA (RDC 899/2003). Foi utilizado o modo de monitoramento de íons selecionados (SIM) no espectrômetro de massas, o que não apenas aumenta a sensibilidade de detecção, como também permite o monitoramento de diferentes ésteres de um mesmo agente anabolizante. O espectro de massas dos ésteres cipionato de boldenona, decanoato de nandrolona, enantato de testosterona, acetato de trembolona e propionato de drostanolona podem ser vistos através da figura 9. Os íons selecionados foram m/z 124 para testosterona, 122 para boldenona, 110 para nandrolona, 141 para trembolona, 149 para drostanolona e 114 para sibutramina (utilizada como padrão interno). A escolha dos íons foi baseada na comparação na melhor linearidade e variabilidade em relação ao pico base.

Figura 8. Cromatograma demonstrando os anabolizantes boldenona, nandrolona, testosterona, trembolona, drostanolona e o padrão interno sibutramina



Fonte: da autora, 2025.

Figura 9. Espectro de massas de ésteres de boldenona, nandrolona, testosterona, trembolona, drostanolona e sibutramina



Fonte: da autora, 2025.

4.1.5 Recuperação

A recuperação (Tabela 6) foi avaliada em três níveis de concentrações (baixo, médio e alto) para cada agente anabolizante.

Os valores obtidos variaram de 80% a 120%, conforme recomendado pela diretriz da ANVISA (RDC 166/2017). O estudo da recuperação também não foi realizado para a boldenona pois o padrão foi insuficiente.

Tabela 6. Valores encontrados no estudo de recuperação

Analito (µg/mL)	Nível (µg/mL)	Recuperação (%) n=3	Analito (µg/mL)	Nível (µg/mL)	Recuperação (%) n=3
	200,00	118,30		200,00	81,17
Testosterona	300,00	103,40	Drostanolona	300,00	104,63
	450,00	91,20		450,00	95,69
	200,00	120,39		200,00	96,16
Trembolona	300,00	95,06	Nandrolona	300,00	105,72
	450,00	90,19		450,00	96,39

Fonte: da autora, 2025.

4.1.6 Precisão

A precisão do método foi determinada por meio da repetibilidade intradia, calculando-se o Desvio Padrão Relativo (DPR%) nos seis níveis da curva de calibração.

Os resultados de DPR% variaram de 0,14% a 5,01%, os quais, de acordo com a diretriz (INMETRO, 2020) são considerados aceitáveis para os níveis de concentração utilizados, com valores de até 5,3% (Tabela 7).

Tabela 7. Valores obtidos no estudo de desvio padrão relativo (DPR)

Analito	Nível (µg/mL)	DPR% (n=3)
Testosterona	200	2,86
	250	0,61
	300	1,05
	350	0,46
	400	1,79
	450	1,72
Trembolona	200	2,54
	250	3,55
	300	1,00

	350	0,45
	400	1,21
	450	1,86
	50	1,56
	100	2,69
	200	5,01
Boldenona	300	1,81
	400	3,40
	500	0,14
	200	2,84
	250	0,24
	300	0,67
Drostanolona	350	0,30
	400	1,60
	450	1,16
	250	5,00
	300	0,54
	350	0,74
Nandrolona	400	2,39
	450	1,79

Fonte: da autora, 2025.

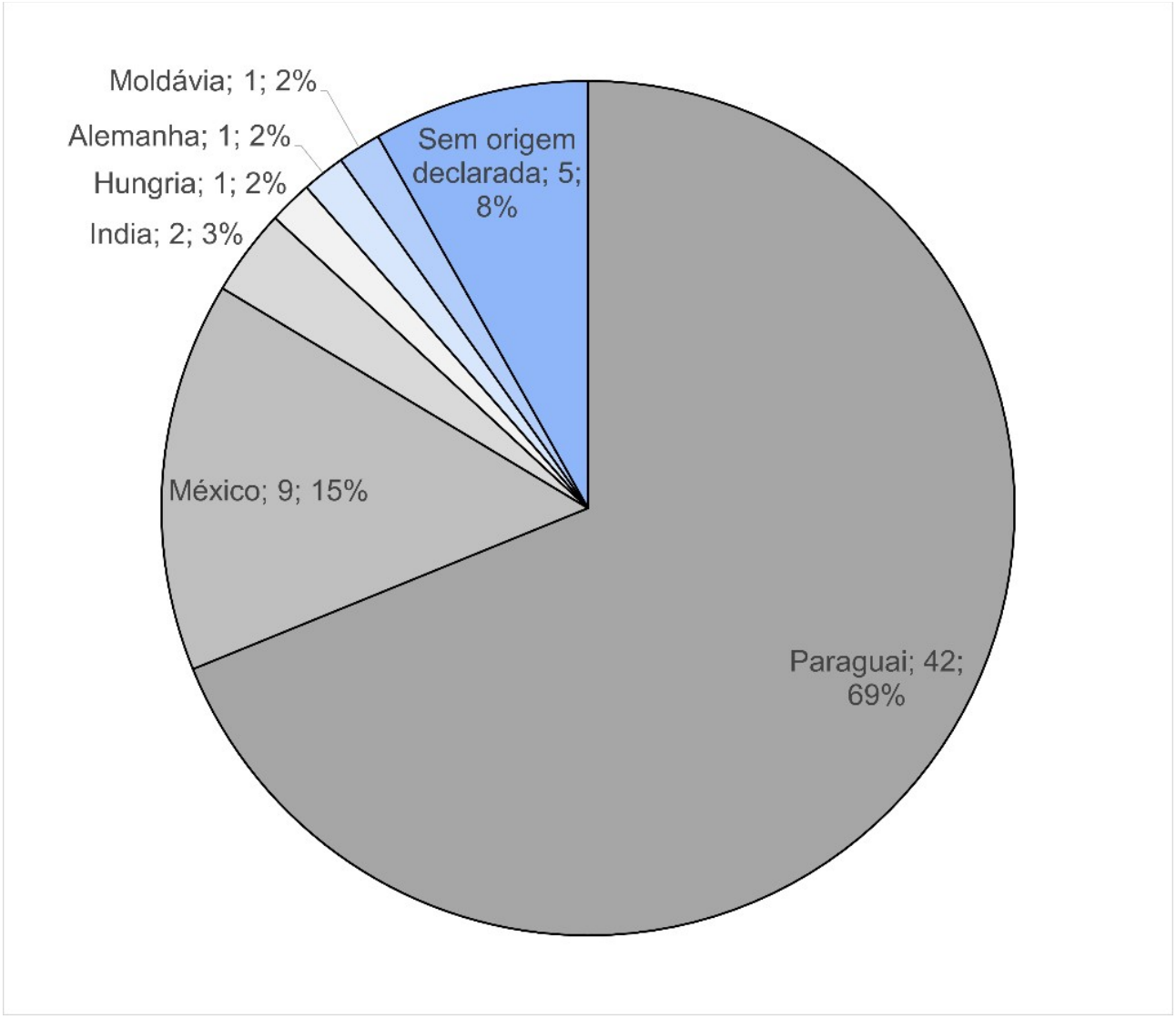
4.2 Avaliação das amostras

4.2.1 Perfil das amostras e análise qualitativa

Todas as amostras utilizadas no estudo passaram por avaliação das embalagens, fazendo uma comparação entre os rótulos dos fabricantes (informações declaradas) e a análise de seus princípios ativos.

Com relação à origem, verificou-se que as amostras eram provenientes de 8 fabricantes diferentes (Tabelas 8 e 9) divididos em 6 países, sendo a grande maioria (68,8%, Figura 10) produzidas no Paraguai. Em um outro estudo, um resultado semelhante foi encontrado, confirmando que a maioria desses anabolizantes apreendidos tem origem paraguaia, sustentando a hipótese de que a fronteira entre Foz do Iguaçu (BR) e *Ciudad del Este* (PY) é uma grande porta de entrada para produtos falsificados no país (Zago; Iii; Ames, 2012). Dentre as amostras minoritárias, 9 (14,7%) eram do México, 2 (3,2%) da Índia, 1 (1,6%) da Hungria, 1 (1,6%) da Alemanha, 1 (1.6%) da Moldávia (Figura 8). Haviam também 5 (8,20%) amostras que não informaram a origem em seus rótulos.

Figura 10. Origem das amostras analisadas



Fonte: da autora, 2025.

Os fabricantes indicados nos rótulos são de empresas existentes, mas assim como a origem geográfica, estas procedências não puderam ser confirmadas, devido a alguns fatores como indisponibilidade de um produto original para comparação e a negação do fornecimento de um rótulo original pela empresa.

As amostras foram classificadas em dois grupos de acordo com a quantidade de ésteres esteroidais declarado no rótulo. O primeiro grupo é composto por 33 amostras que declararam apenas 1 éster como princípio ativo (Tabela 8) e o segundo grupo formado por 28 amostras declaradas com vários ésteres esteroidais (Tabela 9). Contudo, haviam 2 amostras (30 e 33) que não declararam o princípio ativo em seus rótulos, porém a análise cromatográfica identificou a presença de apenas um éster em cada uma delas, sendo então inseridas no grupo 1 (Tabela 8). Em ambos os grupos os ésteres de testosterona foram os princípios ativos mais declarados, presentes em 41 amostras (67,2%), sendo 14 no grupo 1

(Tabela 8) e 27 (Tabela 9) no grupo 2. Este perfil também foi encontrado em um estudo feito na Coréia do Sul onde foram analisados 19 medicamentos apreendidos, ficou constatado que 26% das amostras se tratavam de propionato de testosterona (CHO *et al*., 2015).

Segundo Oleksak e colaboradores (2024), a testosterona é o EAA mais utilizado de forma indevida em todos os esportes, provavelmente pela sua popularidade conhecida em causar efeitos anabólicos e seu baixo custo de aquisição.

No grupo 1, entre as 18 amostras paraguaias (origem mais abundante), 4 princípios ativos diferentes foram declarados, sendo 5 amostras contendo enantato de testosterona, 8 amostras com propionato de drostanolona, 2 amostras com acetato de trembolona, 2 amostras com enantato de trembolona e 1 com ciprionato de testosterona. O México foi o segundo país a apresentar maior número de amostras (total de 9), sendo 5 delas contendo 1 éster de testosterona (21 a 25) e 2 com drostanolona (26 e 27) (Tabela 8).

Neste grupo, das 31 amostras que declararam o princípio ativo, 5 (amostras 6, 22, 25, 31 e 32) não continham o éster declarado (16,1%) (Tabela 8).

As amostras (31 e 32), de origem e fabricante desconhecidos, apresentaram divergências entre as substâncias declaradas. A amostra 31 declarou a presença de enantato de testosterona, contudo, além do enantato, identificamos o propionato de testosterona. Já a amostra 32 declarou o ciprionato de testosterona e foram identificados o enantato e propionato de testosterona, ambos não declarados. Na amostra 30, sem declaração da substância ativa, encontramos a presença de propionato de testosterona. E por fim, a amostra 33 apresentou o maior número de divergências, como a ausência de declaração de origem, fabricante, princípio ativo e concentração. Nela encontramos o éster enantato de testosterona.

No grupo 2, observa-se que 26 das 28 amostras eram compostas exclusivamente por blends de ésteres de testosterona, contendo 3 ou 4 dos ésteres de propionato, isocaproato, decanoato e fenilpropionato. As amostras 54 e 58 declararam a presença de outros esteroides, sendo uma com 3 ésteres de trembolona e outra com testosterona, boldenona e nandrolona, respectivamente (Tabela 9). Blends de anabolizantes diferentes também foram encontrados em um estudo brasileiro (COIMBRA *et al*., 2021), que também analisou amostras de anabolizantes apreendidos, as análises revelaram a presença de duas ou mais substâncias anabolizantes como testosterona, nandrolona e trembolona em sua composição.

Além da maioria das amostras ser proveniente do Paraguai (22 amostras, Tabela 8), o fabricante Paraguai/1 foi responsável pelo maior número de amostras (total 21), sendo

somente 1 amostra (amostra 55) de um outro fabricante paraguaio (Paraguai/2) (Tabela 9). As amostras de Paraguai/1 eram compostas por blends com 4 diferentes ésteres de testosterona (amostras 41 a 53), sendo somente 1 de ésteres de trembolona (54). Das amostras mexicanas, 2 amostras (56 e 57) eram compostas por 4 diferentes ésteres de testosterona (propionato, isocaproato, decanoato e fenilpropionato). No entanto, na amostra 56 não foram identificados os ésteres isocaproato e decanoato. Já a amostra 57 mostrou um desfecho curioso, pois nenhum éster de testosterona declarado foi encontrado, mas somente o enantato de testosterona, não declarado. Resultado semelhante foi relatado em estudo da República Tcheca, que também analisou anabolizantes apreendidos, das 7 amostras analisadas, somente 1 apresentava o princípio ativo declarado no rótulo. (PROKUDINA *et al*., 2015).

Em um outro estudo brasileiro sobre anabolizantes apreendidos pela Polícia Federal, foi demonstrado que frequentemente os anabolizantes apreendidos e suspeitos de irregularidades contém substâncias diferentes do que as declaradas em seus rótulos, e que é comum que anabolizantes contendo testosterona estejam envolvidos nestes casos (NEVES; CALDAS, 2017).

No grupo 2, 16 amostras possuíam todos os seus constituintes de acordo com o rótulos. Não obstante, 5 amostras (39, 49, 50, 51, 54) apresentaram ausência de um ou mais constituintes, como por exemplo: Nas amostras 39 e 49 o éster fenilpropionato de testosterona, na amostra 50 os ésteres isocaproato, decanoato e fenilpropionato de testosterona e na amostra 54 houve a ausência do carbonato de trembolona. Todas estas divergências citadas ocorreram com amostras com o mesmo rótulo provenientes do mesmo país e fabricante (Paraguai/1).

Nas amostras 59, 56 e 61 também houve a ausência de uma ou mais substâncias. Ademais, além da amostra 57 já citada, nas amostras 52, 53 e 60 não foram encontradas nenhum princípio ativo.

Tabela 8. Análise dos anabolizantes apreendidos em Foz do Iguaçu contendo um éster

Amostra	Origem/ Fabricante	Éster declarado	Éster detectado	Concentra-ção declarada mg/mL)	Concentra-ção encontrada (mg/mL)
1	Paraguai/1	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	1,46+ 0,02
2	Paraguai/1	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	90,49±0,01
3	Paraguai/1	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	84,96 ± 0,02
4	Paraguai/1	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	90,15 ± 0,00
5	Paraguai/1	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	90,36 ± 0,02

6	Paraguai/1	Testosterona cipionato	Testosterona decanoato	200	59,97 ±0,00
7	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	75,06 ± 0,00
8	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	146,99 ±0,00
9	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	78,00 ± 0,00
10	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	77,70 ±0,00
11	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	39,60 ± 0,00
12	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	39,57 ±0,00
13	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	39,90 ±0,01
14	Paraguai/1	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	41,10 ±0,02
15	Paraguai/1	Trembolona acetato	Trembolona acetato	100	40,76 ± 0,01
16	Paraguai/1	Trembolona acetato	Trembolona acetato	100	40,38 ±0,01
17	Paraguai/1	Trembolona enantato	Trembolona enantato	100	31,06 ±0,01
18	Paraguai/1	Trembolona enantato	Trembolona enantato	100	88,54 ±0,00
19	Paraguai/2	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	33,80 ± 0,00
20	Paraguai/2	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	33,41 ± 0,01
21	México/ 3	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	44,74 ±0,05
22	México/ 3	Testosterona enantato	Testosterona propionato	250	37,66 ± 0,02
23	México/ 3	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	61,76 ±0,01
24	México/ 3	Testosterona enantato	Testosterona enantato	250	52,67 ± 0,02
25	México/ 3	Testosterona propionato	Testosterona enantato	200	33,80 ±0,00
26	México/ 3	Drostanolona enantato	Drostanolona enantato	100	56,55 ± 0,06
27	México/ 3	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	40,64 ±0,01
28	Índia/4	Trembolona enantato	Trenbolona enantato	100	51,40 ± 0,02
29	Índia/4	Drostanolona propionato	Drostanolona propionato	100	92,64 ±0,01
30	Alemanha/5	Não declarado	Testosterona propionato	100	38,71±0,01
31	Sem origem e fabricante	Testosterona enantato	Testosterona enantato e Testosterona propionato	200	76,93±0,01
32	Sem origem e fabricante	Testosterona cipionato	Testosterona enantato e Testosterona propionato	200	71,13±0,02
33	Sem origem e fabricante	Não declarado	Testosterona enantato	Não declarado	34,87±0,00

Fonte: da autora, 2025.

Tabela 9. Análise dos anabolizantes apreendidos em Foz do Iguaçu com mais de um éster

Amostra	Origem/ Fabricante	Éster declarado	Éster detectado	Concentração declarada mg/mL	Concentração medida mg/ mL	Total declarado mg/mL	Total encontrado mg/ mL
34	Paraguai/1	Testosterona propionato	Testosterona Propionato	50	40,11±0,01	250	127,73+0,01
		Testosterona isocaproato	Testosterona Isocaproato	100	50,61±0,02		
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona Fenilpropionato	100	37,01±0,01		
35	Paraguai/1	Testosterona propionato	Testosterona Propionato	50	42,63±0,00	250	116,09+0,00

		Testosterona isocaproato	Testosterona Isocaproato	100	40,31±0,01		
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona Fenilpropionato	100	33,16±0,01		
		Testosterona propionato	Testosterona Propionato	50	30,05±0,01		
36	Paraguai/1	Testosterona isocaproato	Testosterona Isocaproato	100	33,62±0,03	250	99,89±0,00
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona Fenilpropionato	100	36,23±0,00		
		Testosterona propionato	Testosterona Propionate	50	30,22±0,01		
37	Paraguai/1	Testosterona isocaproato	Testosterona Isocaproato	100	35,87±0,03	250	105,15±0,01
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona Fenilpropionato	100	39,26±0,01		
		Testosterona propionato	Testosterona Propionato	50	34,61±0,02		
38	Paraguai/1	Testosterona isocaproato	Testosterona Isocaproato	100	38,22±0,04	250	102,89±0,11
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona Fenilpropionato	100	29,99±0,01		
		Testosterona propionato	Testosterona Propionato	50	32,78±0,00		
39	Paraguai/1	Testosterona Isocaproato	Testosterona Isocaproato	100	35,21±0,01	250	67,99±0,00
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	100	0		
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	50	30,75±0,00		
40	Paraguai/1	Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	100	38,98±0,02	250	102,61±0,01
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	100	32,88±0,01		
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	41,75±0,00		
41	Paraguai/1	Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	56,64±0,02	250	221,76±0,01
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	81,7±0,00		
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	41,67±0,01		
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	38,52±0,00		
42	Paraguai/1	Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	47,59±0,00	250	183,85±0,01
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	62,39±0,01		

43	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	35,60±0,01	250	191,55±0,11
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	48,43±0,02		
		Testosterona Isocaproata	Testosterona isocaproato	60	48,74±0,01		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	67,77±0,00		
44	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	36,62±0,01	250	179,13±0,01
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	35,10±0,00		
		Testosterona isocaproato	Testosterona Isocaproato	60	41,10±0,02		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	53,61±0,01		
45	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	49,01±0,03	250	162,41±0,00
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	47,12±0,01		
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	33,42±0,00		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	37,51±0,00		
46	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	44,36±0,01	250	200,03±0,02
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	40,71±0,02		
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	51,78±0,05		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	70,73±0,02		
47	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	37,08±0,01	250	144,41±0,02
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	34,73±0,00		
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	44,34±0,01		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	32,33±0,01		
48	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	33,02±0,07	250	411,57±0,02
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	60,71±0,01		
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	137,33±0,00		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	147,95±0,05		
49	Paraguai/1	Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	65,59±0,01	250	477,89±0,1
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	136,73±0,03		
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	245,14±0,01		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	96,03±0,00		
		Testosterona	Não identificado	60	0		

		fenilpropionato					
50	Paraguai/1	Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	30,74±0,01	250	30,74±0,01
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
		Testosterona decanoato	Não identificado	100	0		
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	60	0		
51	Paraguai/1	Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	44,04±0,02	250	152,49±0,03
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	63,54±0,01		
		Testosterona decanoato	Testosterona deca-noato	100	44,90±0,00		
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	60	0		
52	Paraguai/1	Testosterona propionato	Não identificado	30	0	250	0
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
		Testosterona decanoato	Não identificado	100	0		
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	60	0		
53	Paraguai/1	Testosterona propionato	Não identificado	30	0	250	0
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
		Testosterona decanoato	Não identificado	100	0		
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	60	0		
54	Paraguai/1	Trembolona acetato	Trembolona acetato	50	44,59±0,05	250	88,53±0,03
		Trembolona enantato	Trembolona enantato	100	43,34±0,01		
		Trembolona carbonato	Não identificado	50	0		
55	Paraguai/2	Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	31,52±0,02	250	127,40±0,01
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	60	30,82±0,00		
		Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	31,65±0,01		
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	33,41±0,00		
56	México/3	Testosterona propionato	Testosterona propionato	30	32,60±0,01	100	65,41±0,11
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
		Testosterona decanoato	Não identificado	100	0		
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	32,81±0,01		

		Testosterona propionato	Não identificado	30	0		
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
57	México/3	Testosterona decanoato	Não identificado	100	0	250	33,60±0,01
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	60	0		
		-	Testosterona enantato	0	33,60±0,01		
		Testosterona enantato	Testosterona enantato	100	51,01±0,01		
58	Hungria/6	Boldenona undecilenato	Boldenona undecilenato	100	35,76±0,01	300	134,53±0,01
		Nandrolona decanoato	Nandrolona decanoato	100	47,76±0,01		
		Testosterona propionato	Testosterona propionato	36	33,54±0,07		
		Testosterona isocaproato	Testosterona isocaproato	72	36,03±0,00		
59	Moldávia/7	Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	120	30,43±0,01	300	100±0,02
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	72	0		
		Testosterona propionato	Não identificado	30	0		
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
60	Sem origem/8	Testosterona decanoato	Não identificado	100	0	250	0
		Testosterona fenilpropionato	Não identificado	30	0		
		Testosterona propionato	Não identificado	30	0		
		Testosterona isocaproato	Não identificado	60	0		
61	Sem origem/8	Testosterona decanoato	Testosterona decanoato	100	29,10±0,01	200	58,99±0,01
		Testosterona fenilpropionato	Testosterona fenilpropionato	60	29,89±0,01		

Fonte: da autora, 2025.

4.2.2 Perfil quantitativo das amostras

Excetuando uma amostra (amostra 33) que não possuía concentração declarada para fins de comparação e 3 amostras que não foram identificadas nenhuma substância ativa, 93,4% das amostras apresentaram diferenças entre as concentrações declaradas e

as analisadas. A maioria das amostras (54 amostras, 88,5%) apresentaram concentração inferior à declarada, corroborando os resultados de outros estudos (NEVES; CALDAS, 2017; PELLEGRINI *et al*., 2012; SCHUVIECERSK *et al*., 2025) que também analisaram anabolizantes apreendidos. A amostra 1 foi a que mais se destacou, pois seu rótulo indicava a presença de 250 mg/mL de enantato de testosterona, contudo encontramos somente 1,46 mg/mL (Tabela 8).

Curiosamente, mas não menos preocupante, assim como relatado em um outro estudo brasileiro (NEVES; CALDAS, 2017) , constatou-se em nosso estudo que 3 amostras (4,92%, amostras 48, 49 e 8) apresentaram concentração superior à declarada. Duas delas, em especial, continham concentrações muito elevadas: a amostra 48, que declarava 250 mg/mL, possuia 411,57 mg/mL de diferentes ésteres de testosterona (propionato, isocaproato, decanoato e fenilpropionato), representando 64,6% a mais de anabolizantes; e a amostra 49, que declarava uma concentração de 250 mg/mL e possuía 477,89 mg/mL de diferentes ésteres de testosterona, como na amostra anterior, totalizando cerca de 91,2% a mais de anabolizantes.

Em um panorama geral, observou-se que 8 amostras (13,1%) apresentaram concentrações até 25% abaixo do valor declarado, 9 amostras (14,7%) mostraram concentrações entre 25% e 50% abaixo do valor declarado, em 26 amostras (42,6%) detectou-se concentrações entre 50% e 75% abaixo do valor declarado e em 11 amostras (18,0%) apresentaram concentrações com mais de 75% abaixo do valor declarado.

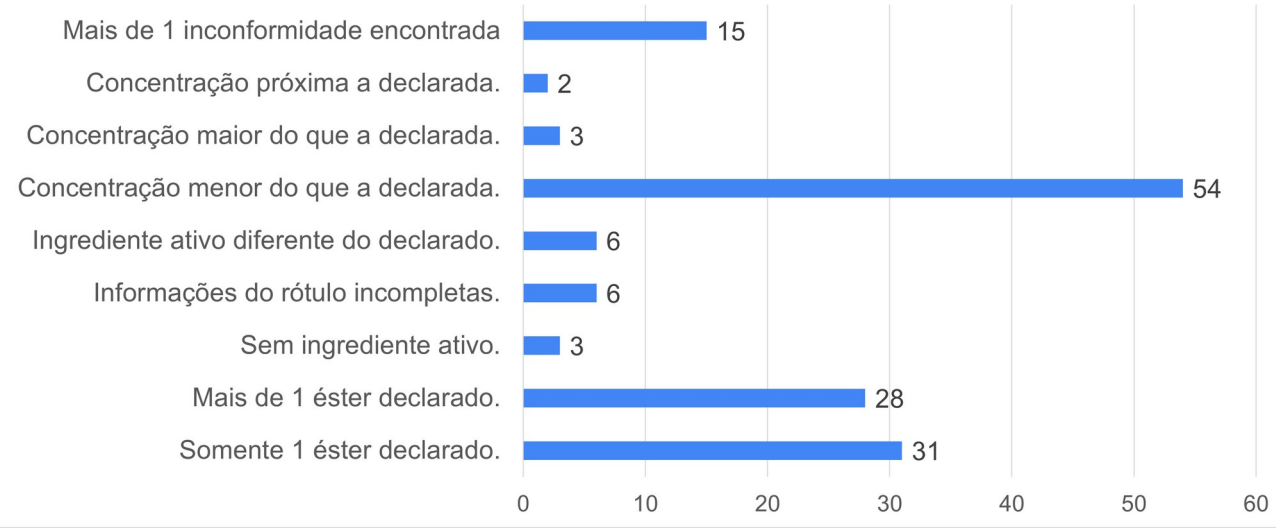
As amostras 29 (Tabela 8) e 41 (Tabela 9) foram as que mais se aproximaram das concentrações declaradas. A amostra 29 indicou em seu rótulo 100 mg/mL de propionato de drostanolona e 92,64 mg/mL foram encontrados. Na amostra 42, o rótulo exibia 250 mg/mL de ésteres de testosterona (propionato, isocaproato, decanoato e fenilpropionato) e encontrou-se 221,76 mg/mL destas substâncias. Diferenças relativamente baixas quando comparadas com as demais amostras.

Uma alta variabilidade das concentrações, de 30,74 mg/mL a 477,89 mg/mL, foi encontrada em 11 amostras (41 a 51), as quais possuíam as mesmas informações no rótulo e eram provenientes do Paraguai (fabricante 1). Tal perfil também foi um achado por Coimbra e colaboradores onde foram observadas amostras com grandes variações de concentrações, variando de 930 µg/mL a 85 mg/mL, para produtos com composição semelhante no rótulo, demonstrando a falta de cuidado no preparo de amostra não idôneas (COIMBRA *et al*. 2021).

4.2.3 Perfil geral

De forma resumida, a figura 11 apresenta o perfil das amostras analisadas neste estudo. Diversas inconformidades foram encontradas, desde qualitativas – como princípio ativo diferente ao declarado, ausência de princípio ativo, rótulos com informações faltantes –, quanto quantitativas – como concentrações muito inferiores a declaradas ou superiores a declarada.

Figura 11. Perfil das amostras analisadas apreendidas dentre os anos de 2019 a 2025 em Foz do Iguaçu (Brasil)



Fonte: da autora, 2025.

No presente estudo, considerando todos os tipos de inconformidades listadas, todas as amostras apreendidas apresentaram-se não idôneas, com uma ou mais irregularidades. Fica claro que a comercialização de medicamentos fora de conformidade é um problema que perpetua há anos e, mesmo com as proibições, ainda existe um grande público disposto a comprar estes medicamentos, independente da idoneidade ter sido atestada por órgãos responsáveis, caracterizando uma forma de negligência com a própria saúde.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto o crescimento global do mercado clandestino de medicamentos irregulares, métodos analíticos rápidos e versáteis tornam-se cada vez mais necessários para avaliação de conformidades. Neste cenário, o método aplicado, além de versátil, pois quantifica diversos esters de diferentes anabolizantes, apresentou também excelentes parâmetros de validação, tornando-se adequado para rotinas periciais.

Constatou-se que 100% dos anabolizantes esteroidais apreendidos pela Polícia Federal de Foz do Iguaçu, durante os anos de 2019 a 2022 e 2024 a 2025, tratavam-se de medicamentos com inconformidades.

A maioria das amostras apresentaram alguma divergência entre a concentração declarada e a concentração medida ou alguma irregularidade na sua composição, como a presença de outros anabolizantes além do esperado e a ausência dos esperados. Respondendo a hipótese desta pesquisa, 6 (seis) amostras apresentaram princípio ativo diferente do declarado, 54 (cinquenta e quatro) amostras continham concentração menor de substância ativa do que o declarado e 3 (três) amostras demonstraram ter mais ingrediente ativo do que o declarado.

Fica evidente que a problemática da venda e consumo de anabolizantes irregulares é grande, contudo, pequena é a sua repercussão, evidenciado pela baixa produção de estudos no assunto e de campanhas alertando a população. Os resultados aqui produzidos, além de corroborarem alguns estudos pregressos, evidencia também que o consumo de anabolizantes adquiridos de forma clandestina é um problema de saúde pública, tendo em vista as diversas substâncias não declaradas no rótulo, bem como a ocorrência de concentrações diferentes das declaradas.

Considerando que esses medicamentos tratam-se de hormônios e que seu uso abusivo pode ser responsável por diversos e sérios danos à saúde do consumidor, o risco torna-se ainda maior quando são adquiridos de forma irregular, uma vez que não há garantia quanto à substância presente no produto, nem a sua concentração.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA MUNDIAL *ANTIDOPING*. 2024. **Lista de substâncias e métodos proibidos**. Montreal, Canadá: WADA. Disponível em: <https://www.wada-ama.org/en/prohibited-list?item-id=5028>. Acesso em: 29 nov. 2024.

BARCELOUX, D. G.; PALMER, R. B.. 2013. *Anabolic-androgenic sterids*. ***Disease-a-Month*****,** v. 59, p. 226-248, jun.. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2013.03.010>. Acesso em: 14 fev. 2025.

BERNEIRA, L. M. *et al*.. 2022. *Chemical and cytotoxicity evaluation of apprehended formulations of anabolic androgenic steroids*. ***Talanta Open***, v. 05. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.talo.2022.100101>. Acesso em: 24 agosto. 2024.

BORODI, G. *et al*.. 2020. *Structural studies of trenbolone, trenbolone acetate, hexahydrobenzylcarbonate and enanthate esters*. ***Journal of Molecular Structure***, v. 1212. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128127>. Acesso em: 26 jul. 2024.

BOTTONI, P.; CAROLI, S.. 2019. *Fake pharmaceuticals*: *a review of current analytical approaches*. ***Microchemical Journal***, v. 151, p. 104252. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104252>. Acesso em: 24 agosto. 2024.

BRABANDER, H. F. de *et al*.. 2004. *Presence and metabolism of the anabolic steroid boldenone in various animal species*: *a review*. ***Food Additives and Contaminants***, jun. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02652030410001687717>. Acesso em: 21 out 2024.

BRASIL. DISTRITO FEDERAL. TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO DISTRITO FEDERAL E TERRITÓRIOS. 2020. **Falsificação de produto terapêutico ou medicinal**. Brasília, DF: TJDFT. Disponível em: <https://www.tjdft.jus.br/institucional/imprensa/campanhas-e-produtos/direito-facil/edicao-semanal/falsificacao-de-produto-terapeutico-ou-medicinal>. Acesso em: 15 junho. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. COORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO. 2020. **Orientação sobre validação de métodos analíticos**: DOQ-CGCRE-008: Revisão 09. Rio de Janeiro: INMETRO**.** Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro>. Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. DEPARTAMENTO DA POLÍCIA FEDERAL. INSTITUTO NACIONAL DE CRIMINALÍSTICA. 2024. **Produtos farmacêuticos**: relatório 2023. Brasília/DF: DPF. Disponível em: <https://www.gov.br/pf/pt-br/acesso-a-informacao/estatisticas/diretoria-tecnico-cientifica-

ditec/relatorio-de-quimica-forense-2023/relatorio_farmonitor_2023.pdf>. Acesso em: 06 out. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2003. Resolução RE n. 899, de 29 de maio de 2003. **Dispõe sobre a validação de métodos analíticos**. DOU (Diário Oficial da União): seção 1, Brasília, DF, n. 103, p. 43-45, 30 maio. 2003. Disponível em: <https://anvisalegis.datalegis.net>. Acesso em: 02 dez. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2017. Resolução RDC n. 166, de 24 de julho de 2017. **Dispõe sobre a validação de métodos analíticos**. DOU (Diário Oficial da União): seção 1, Brasília, DF, n. 141, p. 29-31, 25 jul. 2017. Disponível em: <https://anvisalegis.datalegis.net>. Acesso em: 13 fev. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2020. **Anvisa alerta para a falsificação de medicamentos**. Brasília: Anvisa. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/anvisa-alerta-para-a-falsificacao-de-medicamentos>. Acesso em: 02 dez. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. 2023. Resolução CFM n. 2.333, de 30 de março de 2023. **Dispõe sobre o uso de esteroides anabolizantes**. DOU (Diário Oficial da União): seção 1, Brasília, DF, n. 69, p. 226, 11 abr. 2023. Disponível em: <https://sistemas.cfm.org.br/normas/arquivos/resolucoes/BR/2023/2333_2023.pdf>. Acesso em: 15 dez 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. 1998. Portaria MS n. 344, de 12 de maio de 1998. **Aprova o regulamento técnico sobre substâncias e medicamentos sujeitos a controle especial**. DOU (Diário Oficial da União): seção 1, Brasília, DF, n. 94, p. 07, 19 maio 1998. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1998/prt0344_12_05_1998_rep.html>. Acesso em: 23 mar. 2025.

BRASIL. SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. 2023. **Anvisa determina apreensão e proibição de anabolizantes falsificados**. Brasília: EBC, 29 mar. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2023-03/anvisa-determina-apreensao-e-proibicao-de-anabolizantes-falsificados>. Acesso em: 10 jul. 2025.

BUSARDÒ, F. P. *et al*.. 2015. *The impact of nandrolone decanoate on the central nervous system.* ***Current Neuropharmacology,*** v. 13, p. 122-131. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1570159x13666141210225822>. Acesso em: 23 mar. 2025.

CHEN, T.; LE BIZEC, B.; DERVILLY, G.. 2024. *Anabolic steroids in livestock production: Background and implications for chemical food safety*. ***Steroids***, v. 206, p. 109420. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2024.109420>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CHO, S. H. *et al*.. 2015. *Determination of anabolic-androgenic steroid adulterants in counterfeit drugs by UHPLC-MS/MS*. ***Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis***, v. 111, p. 138-146. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2015.03.018>. Acesso em: 11 jul. 2025.

CNN BRASIL. 2023. **Polícia descobre, em Goiás, a maior fábrica de anabolizantes falsos do país**. São Paulo: CNN Brasil, 19 jul. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/policia-descobre-em-goias-a-maior-fabrica-de-anabolizantes-falsos-do-pais/>. Acesso em: 11 dez 2024.

COIMBRA, M. A. *et al*.. 2021. *Mass spectrometry determination of seized oil-based anabolic-androgenic steroids products*. ***Forensic Science International***, v. 328. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.111012>. Acesso em: 11 dez 2024.

COMITÊ OLÍMPICO INTERNACIONAL. 2025. *Anti doping*. ***Athlete365***. Lausanne, Suíça: COI. Disponível em: <https://www.olympics.com/athlete365/topics/antidoping>. Acesso em: 10 jul. 2025.

COSTA, K. I. N. *et al*.. 2024. O risco do uso indiscriminado de esteroides anabolizantes para performance corporal. ***Brazilian Journal of Health Review***, v. 07, n. 02, p. e68089. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv7n2-126>. Acesso em: 12 nov 2024.

DETTMER-WILDE, K.; ENGEWALD, W.. 2014. ***Practical gas chromatography****: a comprehensive reference*. 01. ed.. Heidelberg, Alemanha: *Springer Berlin*. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-54640-2>. Acesso em: 20 nov. 2024.

EL OSTA, Rabih *et al*.. 2016. *Anabolic steroids abuse and male infertility*. ***Basic and Clinical Andrology***, v. 26, n. 02. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12610-016-0029-4>. Acesso em: 13 ago. 2024.

FABRESSE, N. *et al*.. 2021. *Analysis of pharmaceutical products and dietary supplements seized from the black market among bodybuilders*. ***Forensic Science International***, v. 322, p. 110771. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110771>. Acesso em: 08 abr. 2025.

FRAGKAKI, A. G. *et al*.. 2009. *Structural characteristics of anabolic androgenic steroids contributing to binding to the androgen receptor and to their anabolic and androgenic activities: applied modifications in the steroidal structure*. ***Steroids***, v. 74, n. 02), p. 172-197. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2008.10.016>. Acesso em: 15 jul. 2025.

GARCÍA-ARNÉS, J. A.; GARCÍA-CASARES, N. 2022. *Doping and sports endocrinology: anabolic-androgenic steroids*. ***Revista Clínica Española* (*English Edition*),** v. 222, n. 10, p. 612-620. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2022.09.003>. Acesso em: 04 dez. 2024.

HARRIES, R. L. *et al.*. 2024. *Detection of anabolic-androgenic steroids in e-cigarettes seized from prisons*: *a case study*. ***Forensic Science International***, v. 356. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.111965>. Acesso em: 09 dez. 2024.

HORSTMAN, A. M. H. *et al*.. 2019. *Nandrolone decanoate administration does not attenuate muscle atrophy during a short period of disuse*. ***PLOS ONE***, v. 14, n. 01. Disponível em: < https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210823>. Acesso em: 10 abr. 2025.

HURTADO, R. L.; LASMAR, M. C.. 2014. Medicamentos falsificados e contrabandeados no Brasil: panorama geral e perspectivas de combate ao seu consumo. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, n. 04, p. 891-895. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00107013>. Acesso em: 3 dez. 2024.

LIU, Y. *et al*.. 2016. *New drostanolone metabolites in human urine by liquid chromatography time-of-flight tandem mass spectrometry and their application for doping control*. ***Steroids***, v. 108, p. 61-67. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.01.013>. Acesso em: 14 fev. 2025.

KRASKA, P. B.; BUSSARD, C. R.; BRENT, J. J.. 2010. *Trafficking in bodily perfection: Examining the late-modern steroid marketplace and its criminalization*. ***Justice Quarterly***, v. 27, n. 02, p. 159-185. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07418820902814013>. Acesso em: 05 dez. 2024.

NASCIMENTO, R. F. do; LIMA, A. C. A. de; BARBOSA, P. G. A.; SILVA, V. P. A. da. 2018. **Cromatografia gasosa**: aspectos teóricos e práticos. 01. ed.. Fortaleza: UFC. Disponível em: <https://editora.ufc.br/pt/catalogo/ciencias-medicas/cromatografia-gasosa-aspectos-teoricos-e-praticos/>. Acesso em: 06 dez. 2024.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Boldenone*. ***PubChem***. *Bethesda, MD USA*: NCBI. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Boldenone>. Acesso em: 06 dez. 2024.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. 2024. *Drostanolone.* ***PubChem***. *Bethesda, MD USA*: NCBI. Disponível em: <*https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Drostanolone*>. Acesso em: 14 dez. 2024.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. 2024. *Testosterone.* ***PubChem***. *Bethesda, MD USA*: NCBI. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Testosterone>. Acesso em: 08 dez. 2024.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. 2024. *Nandrolone*. ***PubChem***. *Bethesda, MD USA*: NCBI. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Nandrolone>. Acesso em: 06 dez. 2024.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. 2024. *Trenbolone*. ***PubChem***. *Bethesda, MD USA*: NCBI. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Trenbolone>. Acesso em: 06 dez. 2024.

NEVES, D. B. da J.; CALDAS, E. D.. 2017. *GC–MS quantitative analysis of black market pharmaceutical products containing anabolic androgenic steroids seized by the Brazilian Federal Police*. ***Forensic Science International***, v. 275, p. 272-281. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.03.016>. Acesso em: 06 dez. 2024.

NEVES, D. B. da J.; MARCHETI, R. G. A.; CALDAS, E. D.. 2013. *Incidence of anabolic steroid counterfeiting in Brazil*. ***Forensic Science International***, v. 228, n. 01-03, p. e81-e83. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.02.035>. Acesso em: 12 dez 2024.

ODA, S. S.; EL-ASHMAWY, I. M.. 2012. *Adverse. effects of the anabolic steroid, boldenone undecylenate, on reproductive functions of male rabbits*. ***International Journal of Experimental Pathology***, v. 93, n. 03, p. 172-178. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2613.2012.00814.x>. Acesso em: 24. nov. 2024.

OLEKSAK, P. *et al*.. 2024. *Comprehensive analysis of prohibited substances and methods in sports*: *unveiling trends, pharmacokinetics, and WADA evolution*. ***Environmental Toxicology and Pharmacology***, v. 108, p. 104447. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104447>. Acesso em 25 Nov. 2024.

OLIVEIRA, L. L. de; CAVALCANTE NETO, J. L.. 2018. *Sociodemographic factors, users profile and motivation to the use of anabolic steroids among young adults*. ***Revista Brasileira de Ciências do Esporte***, v. 40, n. 03, p. 309-317. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2018.03.015>. Acesso em 25 abril. 2025.

PARK, M. *et al*.. 2019. *Determination of boldenone in postmortem specimens including blood and urine samples using LC-MS/MS*. ***Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*****,** v. 169, p. 111-115. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.02.043>. Acesso em: 04 dez. 2024.

PATANÈ, F. G. *et al*.. 2020. *Nandrolone decanoate: use, abuse and side effects*. ***Medicina*****,** v. 56, n. 11, p. 606. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/medicina56110606>. Acesso em: 10 abr. 2025.

PELLEGRINI, M. *et al*.. 2012. *A simple toxicological analysis of anabolic steroid preparations from the black market*. ***Annales de Toxicologie Analytique***, v. 24, n. 02, p. 67-72. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/ata/2012011>. Acesso em: 08 abr. 2025.

PROKUDINA, E. A. *et al*.. 2015. *Analysis of anabolic androgenic steroids by direct analysis in real time ionization with time-of-flight mass spectrometry*. ***International Journal of Mass Spectrometry,*** v. 392, p. 28-33. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2015.08.022>. Acesso em: 11 dez. 2024.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F.; MELO, L. F. C.. 2004. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, v. 27, n. 05, p. 771-780. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000500017>. Acesso em: 08 abr. 2025.

RIBEIRO, F. *et al*.. 2008. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. **Química Nova**, v. 31, n. 01, p. 164-171. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/medicina56110606>. Acesso em: 11 dez. 2024.

RICHARDSON, A. *et al*.. 2024. *Attitudes of anabolic steroid users and non-users towards general practitioners in the United Kingdom*. ***Performance Enhancement & Health***, v. 12, p. 100304. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.peh.2024.100304>. Acesso em: 15 dez. 2024.

SAGOE, D. *et al*.. 2014. *The global epidemiology of anabolic-androgenic steroid use: a meta-analysis and meta-regression analysis*. ***Annals of Epidemiology***, v. 24, p. 383-398. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.annepidem.2014.01.009>. Acesso em: 09 dez. 2024.

SCHUVIECERSK, F. Z. *et al*.. 2025. *Profile of nandrolone-based anabolic steroids confiscated by Federal Police of Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil*. ***Journal of the Brazilian Chemical Society***, v. 36, n. 02, p. e-20240205. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20240205>. Acesso em: 03 dez. 2024.

SHAHIDI, N. T.. 2001. *A review of the chemistry, biological action, and clinical applications of anabolic-androgenic steroids*. ***Clinical Therapeutics,*** v. 23, n. 09, p. 1355-1390. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/s0149-2918(01)80114-4>. Acesso em: 14 dez. 2024.

SINHA, A.; DEB, V. K.; DATTA, A.; YADAV, S.; PHULKAR, A.; ADHIKARI, S.. 2024. *Evaluation of structural features of anabolic-androgenic steroids: entanglement for organ-specific toxicity.* ***Steroids***, v. 212, p. 109518. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2024.109518>. Acesso em: 31. Jan. 2024.

SJÖQVIST, F.; GARLE, M.; RANE, A.. 2008. *Use of doping agents, particularly anabolic steroids, in sports and society*. ***Lancet***, v. 371, p. 1872-1882. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60801-6>. Acesso em: 4 dez. 2024.

TAVARES, A. S. R.; VITAL, M.; CUNHA, M.; MATOS, M. M.; TONIN, F. S.. 2024. *Impact of anabolic steroid consumption on biochemical and hematological parameters in bodybuilders*: *a systematic review and evidence gap mapping*. ***Performance Enhancement & Health***, v. 12, p. 100280. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.peh.2024.100280>. Acesso em: 3 dez. 2024.

THIRUMALAI, A.; ANAWALT, B. D.. 2022. *Androgenic steroids use and abuse: past, present, and future*. ***Urologic Clinics of North America***, v. 49, p. 645-663. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ucl.2022.07.008>. Acesso em: 04 dez. 2024.

WALPURGIS, K.; PIPER, T.; THEVIS, M.. 2022. *Androgens, sports, and detection strategies for anabolic drug use*. ***Best Practice and Research Clinical Endocrinology and Metabolism***, v. 36, n. 04, p. 101609. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.beem.2021.101609>. Acesso em: 31 jan. 2025.

YOUNG, J.. 2023. *Doping with testosterone and androgenic/anabolic steroids: Impact on health, screening tools and medical care*. ***Annales d'Endocrinologie***, v. 84, n. 03, p. 401-405. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ando.2023.03.025>. Acesso em: 09 out. 2024.

ZAGO, D.; SOUZA III, A.. 2012. Falsificação de medicamentos no Brasil. **Revista de Saúde Pública,** v. 46, n. 01, p. 154-159. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102012005000005>. Acesso em: 31 jan. 2025.

ZHANG, Y. *et al*.. 2022. *Simultaneous detection of 93 anabolic androgenic steroids in dietary supplements using gas chromatography tandem mass spectrometry*. ***Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis***, v. 211. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2022.114619>. Acesso em: 09 dez. 2024.