

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NÍCOLAS COUTINHO LOMBA

**FATORES DETERMINANTES DA TAXA METABÓLICA BASAL: COMPARAÇÕES
ENTRE ATLETAS E INDIVÍDUOS OBESOS**



**CURITIBA
2025**

NÍCOLAS COUTINHO LOMBA

**FATORES DETERMINANTES DA TAXA METABÓLICA BASAL: COMPARAÇÕES
ENTRE ATLETAS E INDIVÍDUOS OBESOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Treinamento de Força e Hipertrofia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. DR. SÉRGIO GREGÓRIO DA SILVA.

**CURITIBA
2025**

Dedico este trabalho aos meus maiores
incentivadores: “Meu pai e minha Mãe”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Marcelo e Luciana Lomba, cujo exemplo como educadores sempre me inspirou a valorizar o conhecimento e buscar crescimento contínuo. Sua confiança e apoio incondicional foram e são fundamentais em cada etapa da minha jornada.

Agradeço também a todos os professores que participaram da minha formação acadêmica, em especial ao Dr. Sérgio Gregório da Silva, por sua generosidade em compartilhar conhecimento e por sua orientação durante a realização deste trabalho.

Por fim, registro minha gratidão a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para que eu pudesse concluir este curso de Especialização em Treinamento de Força e Hipertrofia.

RESUMO

Por meio de uma revisão de literatura e análise comparativa de 39 estudos (16 com homens e 23 com mulheres), foi investigado como a maior proporção de massa magra em atletas e de gordura em obesos influencia a taxa metabólica basal (TMB) colocada de forma relativa. Os homens apresentaram uma massa corporal média de $87,3 \pm 10,4$ kg e percentual de gordura de $20,5 \pm 8,89\%$, enquanto as mulheres apresentaram $70,3 \pm 8,48$ kg e $31,1 \pm 8,82\%$, respectivamente. O gasto energético em repouso foi de 2037 ± 313 kcal/dia nos homens e 1486 ± 197 kcal/dia nas mulheres. Os dados revelaram que atletas possuem uma TMB relativa média de aproximadamente 23 kcal/kg/dia, significativamente maior do que o grupo de obesos/sobrepeso, que apresentou cerca de 19 kcal/kg/dia ($p < 0,001$). Adicionalmente, por meio da revisão de literatura foram identificados outros fatores determinantes da TMB, como idade, sexo, alterações hormonais (níveis de leptina e cortisol), e inatividade física, que contribuem para a redução da massa magra e para o agravamento de processos metabólicos, como resistência à insulina e inflamação crônica. Esses resultados destacam a importância da composição corporal e da atividade física regular para a eficiência metabólica, indicando que aumentar a massa magra e reduzir a gordura corporal são estratégias eficazes para melhorar a saúde e o desempenho físico.

Palavras-chave: Obesidade, metabolismo, calorimetria indireta.

ABSTRACT

Through a literature review and comparative analysis of 39 studies (16 with men and 23 with women), it was investigated how a higher proportion of lean mass in athletes and fat mass in obese individuals influences the relative resting metabolic rate (RMR). Men exhibited an average body mass of 87.3 ± 10.4 kg and a body fat percentage of $20.5 \pm 8.89\%$, while women showed 70.3 ± 8.48 kg and $31.1 \pm 8.82\%$, respectively. Resting energy expenditure was 2037 ± 313 kcal/day in men and 1486 ± 197 kcal/day in women. The data revealed that athletes have an average relative RMR of approximately 23 kcal/kg/day, significantly higher than the overweight/obese group, which presented about 19 kcal/kg/day ($p < 0.001$). Additionally, the literature review identified other determinants of RMR, such as age, sex, hormonal changes (leptin and cortisol levels), and physical inactivity, which contribute to the reduction of lean mass and exacerbate metabolic processes like insulin resistance and chronic inflammation. These results highlight the importance of body composition and regular physical activity for metabolic efficiency, indicating that increasing lean mass and reducing body fat are effective strategies to improve health and physical performance.

Keywords: Obesity, metabolism, indirect calorimetry

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVOS.....	9
3.	METODOLOGIA.....	10
4.	DESENVOLVIMENTO	11
4.1	Impacto do Treinamento Físico na Composição Corporal.....	11
4.2	Diferenças entre Modalidades Esportivas	12
4.3	Inatividade física, sedentários e TMB.....	14
4.4	Obesidade e TMB	17
4.5	Diferenças na TMB entre Grupos Populacionais.....	18
4.6	Fatores Determinantes da TMB	20
5.	ANÁLISE COMPARATIVA	22
5.1	Estudos com Populações Masculinas.	22
5.2	Estudos com Populações Feminina.	23
5.3	Tabela descritiva separada por sexo.	24
5.4	Gráfico TMB Relativa separado por sexo e tipo de amostra.	25
5.5	Teste t para amostras independentes O&S e Atletas.....	25
5.6	Gráfico TMB Relativa Entre Obesos e Sobrepeso (O&S) e Atletas.....	25
6.	CONCLUSÕES.....	27
7.	REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A composição corporal é um indicador fundamental para a compreensão do metabolismo humano, pois reflete a proporção relativa de massa magra, massa gorda, massa óssea e água corporal no organismo. Diferentemente do peso corporal isolado, a análise da composição corporal oferece um panorama mais abrangente sobre a saúde metabólica e o desempenho físico, sendo um fator determinante na taxa metabólica basal (TMB) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2015).

A TMB, definida como a energia mínima necessária para a manutenção das funções vitais em repouso, representa de 60% a 75% do gasto energético diário de indivíduos sedentários. Essa taxa é influenciada por fatores fisiológicos, como a composição corporal, idade, sexo, estado hormonal e predisposição genética, além de aspectos ambientais e comportamentais (HEYMSFIELD et al., 2018). Entre os componentes da composição corporal, a massa magra, composta por tecidos metabolicamente ativos como músculos e órgãos, é a principal determinante da TMB, devido ao seu elevado consumo energético em repouso (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2015).

A análise da TMB em valores absolutos é amplamente utilizada em estudos metabólicos, mas apresenta limitações para comparações interindividuais, especialmente em populações com diferenças significativas na composição corporal. Por esse motivo, a TMB relativa, calculada pela divisão da TMB absoluta pelo peso corporal, tem se mostrado uma métrica mais adequada para investigar diferenças metabólicas entre grupos populacionais distintos (SCANTLEBURY et al., 2024).

Com base nesse contexto, a análise da Taxa Metabólica Basal (TMB) em diferentes populações se mostra essencial para compreender as implicações da composição corporal sobre a eficiência metabólica. Comparar indivíduos obesos/sobrepeso e atletas, que representam extremos nesse espectro, pode fornecer informações valiosas sobre como intervenções específicas podem contribuir para o controle de peso corporal e a melhoria do desempenho físico. Assim, esta pesquisa visa preencher lacunas na literatura e ampliar o entendimento sobre as diferenças metabólicas entre esses grupos.

2. OBJETIVOS

Investigar os fatores que influenciam a Taxa Metabólica Basal (TMB), com ênfase nas diferenças entre indivíduos obesos e atletas. Busca-se compreender como a maior quantidade de massa magra em atletas e a maior proporção de massa gorda em indivíduos obesos impactam a TMB relativa, utilizando uma abordagem de revisão de literatura e análise qualitativa de dados.

3. METODOLOGIA

A busca bibliográfica foi realizada exclusivamente na base de dados PUBMED, priorizando artigos publicados nos últimos cinco anos e redigidos em inglês, a fim de garantir a atualidade e relevância científica.

Os critérios de inclusão adotados exigiram que os estudos utilizassem calorimetria indireta como método de medição da TMB ou do gasto energético em repouso, além de investigarem a relação entre composição corporal e metabolismo energético. As palavras-chave utilizadas foram: *Metabolism, measurement, body composition, resting metabolic rate, energy metabolism, e indirect calorimetry*. Foram excluídos artigos que basearam suas análises em equações preditivas ou dispositivos não validados, assim como estudos com populações clínicas específicas, amostras muito pequenas (menos de 10 participantes) ou focados exclusivamente em biomarcadores ou intervenções específicas, como suplementação termogênica.

O processo de seleção dos artigos foi realizado em duas etapas. Inicialmente, os títulos e resumos foram avaliados para identificar estudos potencialmente relevantes. Em seguida, os textos completos dos artigos selecionados foram analisados quanto à conformidade com os critérios de inclusão e exclusão, assegurando a consistência com os objetivos do estudo.

Os estudos selecionados foram organizados em três grupos principais: adultos sem sobrepeso ou obesidade, adultos com sobrepeso ou obesidade (O&S), e atletas, independentemente da modalidade esportiva. Para cada estudo, foram coletados dados como idade, massa corporal, percentual de gordura, valores absolutos de TMB e valores de TMB relativa, estes últimos calculados pela divisão da TMB absoluta pelo peso corporal. Esses dados foram apresentados em tabelas descritivas para facilitar a comparação entre os grupos.

Na análise estatística, foram realizadas medidas descritivas (média, mediana, desvio-padrão, valores mínimos e máximos) e o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Comparações entre os grupos independentes (O&S e atletas) foram conduzidas com o teste t de Student, adotando-se um nível de significância estatística de $p < 0,05$.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Impacto do Treinamento Físico na Composição Corporal

O treinamento físico é um dos principais fatores responsáveis por moldar a composição corporal em atletas, promovendo o aumento da massa magra e a redução do percentual de gordura corporal. Essas adaptações, induzidas por exercícios regulares e planejados, são determinantes para o aumento da taxa metabólica basal (TMB), visto que a massa magra é o componente mais metabolicamente ativo do corpo humano (STAŚKIEWICZ, 2023). Estudos mostram que o treinamento físico direcionado pode elevar significativamente a TMB ao melhorar a densidade muscular e a eficiência metabólica (HEYMSFIELD ET AL., 2018; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2015).

A hipertrofia muscular, consequência comum do treinamento resistido, é um dos fatores mais influentes no metabolismo basal. O tecido muscular consome aproximadamente 13 kcal por quilograma ao dia, em comparação com o tecido adiposo, que consome apenas cerca de 4,5 kcal por quilograma ao dia (HEYMSFIELD ET AL., 2018). Isso significa que mesmo pequenos aumentos na massa muscular podem resultar em elevações no gasto energético diário. Em atletas, essa hipertrofia é potencializada por treinos de força intensivos e pela alimentação adequada, rica em proteínas e calorias ajustadas às demandas energéticas específicas (Posthumus et al., 2024).

O treinamento físico também induz melhorias na qualidade da massa magra, aumentando a capilarização e a densidade mitocondrial, fatores que contribuem para a maior eficiência do metabolismo energético. Segundo estudos como os de Pontzer et al. (2021), essa otimização metabólica é especialmente evidente em modalidades que combinam treinamento de força e resistência, onde a funcionalidade muscular é aprimorada. Atletas de esportes de força, por exemplo, apresentam maiores valores absolutos de TMB devido à maior quantidade de massa muscular total, enquanto atletas de resistência exibem TMB relativa elevada devido à maior eficiência metabólica associada à sua composição corporal enxuta (Francischi, R.P. et al., 2001).

Outro aspecto relevante do treinamento físico é sua capacidade de modular a composição corporal ao longo do tempo, mesmo em períodos de inatividade relativa, como no intervalo entre temporadas esportivas. Estudos destacam que atletas mantêm níveis mais elevados de massa magra e TMB em comparação a indivíduos

sedentários, mesmo após períodos curtos de redução na atividade física, devido ao impacto prolongado de adaptações musculares induzidas pelo exercício (Cooney et al., 2021; Prado-Nóvoa et al., 2023).

4.2 Diferenças entre Modalidades Esportivas

A relação entre composição corporal e taxa metabólica basal (TMB) varia consideravelmente entre atletas de diferentes modalidades esportivas devido às demandas específicas de cada prática, que influenciam tanto o aumento da massa magra quanto a utilização energética em repouso. Estudos como os de Heymsfield et al. (2018) e Posthumus et al. (2024) indicam que essas diferenças podem ser observadas principalmente entre atletas de força, como halterofilistas, e atletas de resistência, como corredores de longa distância.

Atletas de força apresentam maiores valores absolutos de taxa metabólica basal (TMB) devido à alta quantidade de massa muscular total, característica de treinamentos voltados para hipertrofia muscular e potência. Em modalidades como levantamento de peso e rugby, o aumento da massa magra não apenas melhora o desempenho físico, mas também eleva significativamente o metabolismo basal (Barcelos; Rogatto, 2014). Por exemplo, jogadores de rugby analisados por Posthumus et al. (2024) apresentaram uma TMB média de 2.585 kcal/dia, com diferenças substanciais entre posições: jogadores de linha ("forwards"), devido à maior massa magra, exibiram TMB significativamente maior do que jogadores de defesa ("backs"), mesmo quando ajustada para a massa corporal total.

Em esportes como o rugby, as equações preditivas frequentemente apresentam imprecisões devido às características corporais específicas dos atletas. Estudos revelaram que sete das nove equações avaliadas subestimaram a TMB em até 346 kcal/dia, enquanto uma superestimou em 192 kcal/dia, comprometendo a precisão das recomendações nutricionais e impactando o desempenho e a recuperação dos atletas (Heymsfield et al., 2018; Posthumus et al., 2024). De forma geral, essas discrepâncias podem alcançar divergências de até 16% entre os valores medidos por calorimetria indireta e os preditos por equações padrão (O'Neill et al., 2020).

Por outro lado, atletas de resistência, como corredores e ciclistas, possuem composição corporal caracterizada por baixo percentual de gordura e densidade muscular adaptada à eficiência metabólica. Esse perfil contribui para uma TMB

relativa elevada, considerando a leveza corporal em relação à massa magra (Speakman; Selman, 2003). Estudos como os de Pontzer et al. (2021) indicam que corredores de longa distância apresentam adaptações mitocondriais e vasculares que aumentam a eficiência do gasto energético, reduzindo a necessidade de massa muscular volumosa, mas mantendo alto consumo energético em repouso proporcional ao peso. No entanto, as limitações das equações preditivas também afetam esses atletas. Modelos que utilizam a massa magra, como a equação de Cunningham, são mais precisos, mas ainda podem superestimar a TMB relativa devido à falta de ajustes para a densidade muscular e o gasto energético relacionado às adaptações ao treinamento de resistência (Pontzer et al., 2021).

Em esportes mistos, como futebol, tênis e basquete, a composição corporal dos atletas reflete a necessidade de um equilíbrio entre força e resistência, resultando em valores intermediários de Taxa Metabólica Basal (TMB), tanto em termos absolutos quanto relativos. Esse perfil é corroborado por Rizal et al. (2024), que compararam a TMB medida e estimada em atletas de basquete e demonstraram que a composição corporal adequada está diretamente associada às demandas energéticas específicas desse tipo de esporte. Além disso, os autores destacaram que a massa magra é um fator crítico para o desempenho, influenciando diretamente o metabolismo basal.

Outro estudo, conduzido por Fields et al. (2024), identificou diferenças significativas na composição corporal e na TMB entre atletas com diferentes níveis de intensidade esportiva. Eles destacaram que esportes mistos exigem uma combinação de atributos físicos que impactam na distribuição de massa corporal, tornando esses atletas únicos em suas demandas energéticas.

Um ponto a ser considerado é que muitas equações preditivas foram desenvolvidas a partir de amostras populacionais não representativas de atletas modernos. Equações históricas, como a de Harris-Benedict, foram baseadas em populações gerais do início do século 20, enquanto atletas contemporâneos possuem composições corporais e níveis de treinamento significativamente diferentes (Prado-Nóvoa et al., 2023; Popp et al., 2019). Isso reforça a importância de desenvolver novas equações que considerem fatores como percentual de massa magra, modalidade esportiva, sexo e faixa etária.

Portanto, as limitações das equações preditivas para estimar a TMB em atletas destacam a necessidade de métodos de medição mais precisos, como a calorimetria indireta, ou de modelos específicos para cada tipo de esporte. Essa abordagem é

essencial para garantir que as recomendações nutricionais sejam adequadas às demandas metabólicas reais, promovendo um desempenho físico otimizado e uma recuperação eficiente (CAMBRAIA, A. N.; PULCINELLI, A. J., 2002)

4.3 Inatividade física, sedentários e TMB

A inatividade física é um fator determinante no declínio progressivo da massa magra, um processo que impacta negativamente a saúde metabólica e a taxa metabólica basal (TMB). A redução da massa muscular em indivíduos sedentários não apenas diminui o gasto energético em repouso, mas também favorece o acúmulo de gordura corporal, alterando a composição corporal de forma prejudicial (HEYMSFIELD ET AL., 2018; ISOLA ET AL., 2024).

O declínio da massa magra devido à inatividade física é acelerado pelo sedentarismo e pelo envelhecimento, tornando-se mais pronunciado após os 30 anos, quando a perda muscular pode atingir 3-5% por década. Essa perda, conhecida como sarcopenia, está associada a uma série de consequências metabólicas e funcionais, incluindo redução da TMB, resistência à insulina e diminuição da força muscular (PRADO-NÓVOA ET AL., 2023; MAHMOUD ET AL., 2023). Estudos como os de Cooney et al. (2021) destacam que a inatividade física agrava esse processo ao criar um ciclo vicioso em que a redução da massa muscular diminui a capacidade de resposta a estímulos anabólicos, como o exercício físico e a ingestão de proteínas.

Outro aspecto importante é o impacto hormonal da inatividade. A redução da massa magra em indivíduos sedentários está frequentemente associada à diminuição dos níveis de testosterona e hormônio do crescimento, hormônios que desempenham papel central na manutenção muscular. Essa alteração hormonal não apenas acelera a perda muscular, mas também compromete a eficiência metabólica, contribuindo para o aumento do percentual de gordura corporal (ISOLA ET AL., 2024; MAHMOUD ET AL., 2023).

A sarcopenia não afeta apenas o metabolismo basal; ela também está diretamente ligada à funcionalidade e qualidade de vida. A redução da força muscular, combinada ao aumento do tecido adiposo, favorece o desenvolvimento de obesidade sarcopênica, uma condição que combina os riscos da obesidade com as limitações funcionais da sarcopenia. Essa condição aumenta significativamente a probabilidade de complicações metabólicas, como diabetes tipo 2, hipertensão e doenças cardiovasculares (POPP ET AL., 2019; COONEY ET AL., 2021).

O sedentarismo é amplamente reconhecido como um fator determinante para o desenvolvimento de alterações metabólicas que comprometem a saúde e aumentam o risco de doenças crônicas. A ausência de atividade física regular não apenas reduz a taxa metabólica basal (TMB), mas também está associada a mudanças sistêmicas que afetam negativamente o metabolismo energético, a composição corporal e o funcionamento hormonal. Estudos sugerem que essas alterações criam um ambiente metabólico desfavorável, caracterizado pelo aumento da gordura visceral, resistência à insulina e inflamação crônica de baixo grau (POPP ET AL., 2019; COONEY ET AL., 2021).

A resistência à insulina é uma das principais consequências metabólicas do sedentarismo. A falta de estímulos musculares reduz a captação de glicose pelos tecidos, promovendo hiperglicemia e aumentando o risco de diabetes tipo 2. (PEREIRA; FRANCISCHI; LANCHETA JR., 2003). O tecido muscular, principal local de captação de glicose dependente de insulina, tem sua funcionalidade comprometida pela inatividade física, resultando em menor eficiência metabólica (PRETORIUS ET AL. 2021). Além disso, a perda progressiva de massa magra observada em indivíduos sedentários exacerba esse quadro, uma vez que o músculo esquelético desempenha um papel central no controle glicêmico e na oxidação de ácidos graxos (MAHMOUD ET AL., 2023).

O acúmulo de gordura visceral é outro marcador metabólico frequentemente associado ao sedentarismo. Diferentemente da gordura subcutânea, o tecido adiposo visceral apresenta alta atividade inflamatória e é uma fonte importante de citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e a interleucina-6 (IL-6). Esses mediadores inflamatórios contribuem para a resistência à insulina e a disfunção endotelial, promovendo um ciclo vicioso de alterações metabólicas (ISOLA ET AL., 2024). Estudos longitudinais indicam que o aumento da gordura visceral em indivíduos sedentários está correlacionado a um maior risco de doenças cardiovasculares e síndrome metabólica (PRETORIUS ET AL., 2021).

A inatividade física também afeta o metabolismo lipídico, contribuindo para dislipidemias e para o aumento do colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDL). Essa alteração está associada à menor atividade de enzimas responsáveis pela oxidação de lipídios, como a lipase lipoproteica, cuja expressão é significativamente reduzida em condições de sedentarismo (PONTZER ET AL., 2021). Além disso, os níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL), que desempenham

papel protetor contra doenças cardiovasculares, tendem a diminuir em indivíduos sedentários (PITANGA, F., 2021).

Indivíduos sedentários apresentam diversas alterações metabólicas e corporais que tornam essencial a implementação de estratégias de intervenção para melhorar a composição corporal e a taxa metabólica basal (TMB). As intervenções mais eficazes incluem a prática regular de exercícios físicos, especialmente treinamento resistido e aeróbico, em conjunto com estratégias nutricionais adequadas (BATEMAN, L. A., 2011).

O treinamento resistido, em particular, é considerado uma das intervenções mais eficazes para sedentários, pois promove a hipertrofia muscular e o aumento da densidade óssea. Esses efeitos não apenas elevam a TMB, mas também melhoram a funcionalidade e a força muscular. Segundo Isola programas regulares de exercícios resistidos podem aumentar a massa magra em até 10% em indivíduos sedentários, gerando um impacto significativo no gasto energético diário (ISOLA ET AL. 2024). Além disso, o treinamento aeróbico contribui para a oxidação de gordura e melhora a eficiência cardiovascular, complementando os benefícios metabólicos do treinamento resistido (CAMBRAIA; PULCINELLI, 2002).

A intervenção nutricional também desempenha um papel crucial no potencial de reversão das alterações metabólicas em sedentários. A ingestão de proteínas de alta qualidade, especialmente aminoácidos como a leucina, é fundamental para estimular a síntese proteica muscular e mitigar a perda de massa magra (PHILLIPS., 2016). Dietas com distribuição adequada de proteínas ao longo do dia aumentam a resposta anabólica e promovem maior retenção muscular, mesmo em indivíduos que começam a se exercitar após períodos prolongados de inatividade. (PRADO-NÓVOA ET AL., 2023)

Outro fator importante é a redução da ingestão calórica, especialmente de carboidratos refinados e gorduras saturadas, combinada com um aumento no consumo de fibras e alimentos integrais. Essa abordagem reduz a inflamação sistêmica e melhora a sensibilidade à insulina, promovendo um ambiente metabólico mais favorável (HEYMSFIELD ET AL., 2018; COONEY ET AL., 2021). Em indivíduos sedentários com obesidade, estratégias como a dieta hipocalórica controlada associada à prática de exercícios podem resultar em uma redução significativa da gordura visceral e na melhora do metabolismo basal (BRAGA, V. A. S. ET AL., 2017).

A adesão a mudanças no estilo de vida é essencial para o sucesso das intervenções. Programas que combinam educação em saúde, monitoramento regular e suporte psicológico tendem a apresentar melhores resultados na promoção de atividades físicas e na manutenção de hábitos alimentares saudáveis. Estudos enfatizam que a abordagem multidisciplinar é necessária para garantir que as intervenções sejam sustentáveis e eficazes a longo prazo (ISOLA ET AL. 2024; MAHMOUD ET AL. 2023).

4.4 Obesidade e TMB

A obesidade é caracterizada pelo aumento significativo da massa corporal total, predominantemente composto por tecido adiposo. Esse perfil impacta diretamente a taxa metabólica basal (TMB), que pode ser analisada sob duas perspectivas: absoluta (em valores totais) e relativa (ajustada pelo peso corporal). Em indivíduos obesos, a TMB absoluta tende a ser mais elevada do que em indivíduos não obesos devido à maior massa corporal total; no entanto, a TMB relativa é frequentemente menor, refletindo a menor atividade metabólica do tecido adiposo em comparação à massa magra (GOULD ET AL., 2021; BENTES ET AL., 2021).

Embora indivíduos obesos apresentem TMB absoluta maior, a maior proporção de tecido adiposo compromete a eficiência metabólica relativa. Isso é particularmente evidente em situações onde o índice de massa corporal (IMC) excede 35 kg/m² (MARQUES ET AL. (2021). Mesmo entre pessoas com IMC elevado, há variações significativas na proporção de massa magra e gordura corporal, o que justifica as diferenças nos valores de TMB observados entre indivíduos com níveis similares de obesidade (SCANTLEBURY ET AL., 2024).

Um dos hormônios mais relevantes na obesidade é a leptina, que regula o apetite e o gasto energético. Embora indivíduos obesos apresentem níveis elevados de leptina devido ao maior volume de tecido adiposo, a resistência à leptina é uma característica comum, comprometendo a sinalização central desse hormônio no hipotálamo. Isso resulta em aumento do apetite e redução do gasto energético, criando um ciclo vicioso que favorece o ganho de peso (MAURY-SINTJAGO ET AL., 2022). Adicionalmente, a resistência à insulina, outro marcador metabólico da obesidade, interfere na captação de glicose pelos músculos esqueléticos, reduzindo o uso energético desse substrato e contribuindo para a redução da eficiência metabólica (MARQUES ET AL., 2021).

O tecido adiposo visceral, em particular, é uma importante fonte de citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e a interleucina-6 (IL-6). Essas moléculas não apenas exacerbam a inflamação sistêmica, mas também prejudicam o metabolismo lipídico e a sensibilidade à insulina, agravando as alterações hormonais já existentes (MOLINA-LUQUE ET AL., 2021). Estudos indicam que a inflamação crônica de baixo grau é um fator central no desenvolvimento de complicações metabólicas, como diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares, em indivíduos obesos (POPP ET AL., 2019).

Outro hormônio afetado na obesidade é o cortisol, cuja produção pode ser aumentada devido ao estresse metabólico. O excesso de cortisol promove o acúmulo de gordura abdominal e reduz a massa magra, impactando negativamente a TMB (POSTHUMUS ET AL., 2024). Essa resposta catabólica, aliada à redução de hormônios anabólicos como a testosterona e o hormônio do crescimento, cria um ambiente hormonal que favorece o declínio da eficiência metabólica em repouso.

Além disso, o eixo hipotálamo-hipófise-tireoide, que regula a secreção de hormônios tireoidianos como a T3 e T4, é frequentemente desregulado na obesidade. Níveis reduzidos de T3 ativo, mesmo dentro dos limites normais, podem levar a uma diminuição da TMB e comprometer o gasto energético diário. Essa disfunção é particularmente prevalente em obesidade severa, exigindo atenção no manejo clínico (ISOLA ET AL. 2024).

O manejo do metabolismo basal em indivíduos obesos requer uma abordagem multidisciplinar, focada na redução do excesso de gordura corporal, preservação da massa magra e melhoria da eficiência metabólica. Estratégias que combinam intervenções nutricionais, exercícios físicos e, em casos específicos, suporte farmacológico ou cirúrgico têm demonstrado eficácia em promover mudanças significativas na composição corporal e no metabolismo basal (MAURY-SINTJAGO ET AL., 2022; GOULD ET AL., 2021).

4.5 Diferenças na TMB entre Grupos Populacionais

As diferenças na taxa metabólica basal (TMB) entre atletas, indivíduos sedentários e pessoas com obesidade refletem as variações em composição corporal, atividade metabólica dos tecidos e condições hormonais específicas de cada grupo. A TMB é influenciada principalmente pela massa magra, que é metabolicamente ativa, e pela proporção de massa gorda, que tem menor demanda energética. Essas

características tornam as disparidades entre os grupos particularmente evidentes quando analisadas em termos absolutos e relativos (MAURY-SINTJAGO ET AL., 2022; SCANTLEBURY ET AL., 2024).

Em atletas, a alta proporção de massa magra, associada à densidade e à funcionalidade muscular, resulta em uma TMB absoluta elevada, como descrito pelo estudo com jogadores de rugby, que devido à alta densidade muscular, possuem uma TMB média de até 2.585 kcal/dia (POSTHUMUS ET AL. 2024). Contudo, a TMB relativa, que considera o peso corporal total, pode ser similar à de indivíduos sedentários magros, dependendo da modalidade esportiva. Em esportes de força, como levantamento de peso, a massa muscular volumosa eleva a TMB absoluta, enquanto em esportes de resistência, como corrida, o metabolismo é otimizado para eficiência energética, com menor peso corporal total (PONTZER ET AL., 2021).

Indivíduos sedentários, por outro lado, apresentam uma TMB mais baixa, tanto em valores absolutos quanto relativos. Isso ocorre devido à menor proporção de massa magra e à predominância de massa gorda, que consome cerca de 4,5 kcal/kg/dia, em comparação aos músculos, que consomem até 13 kcal/kg/dia (HEYMSFIELD ET AL., 2018). Além disso, o sedentarismo está associado à resistência à insulina e à inflamação crônica de baixo grau, fatores que reduzem ainda mais a eficiência metabólica. Essa redução na TMB é exacerbada pelo envelhecimento, que acelera a perda de massa magra em indivíduos inativos. (POPP ET AL., 2019; MOLINA-LUQUE ET AL., 2021).

Pessoas com obesidade, por sua vez, apresentam uma TMB absoluta elevada devido ao maior peso corporal total. No entanto, a TMB relativa é inferior devido à alta proporção de tecido adiposo em relação à massa magra. O estudo de Gould demonstrou que em pessoas com obesidade severa ($IMC > 35 \text{ kg/m}^2$), a eficiência metabólica é prejudicada pela menor atividade metabólica do tecido adiposo e pelas alterações hormonais, como a resistência à leptina e o aumento dos níveis de cortisol (GOULD ET AL. 2021). Além disso, a redistribuição da gordura corporal, com predomínio de gordura visceral, contribui para a inflamação sistêmica e a redução da funcionalidade metabólica (MAURY-SINTJAGO ET AL., 2022; MOLINA-LUQUE ET AL., 2021).

A comparação entre esses grupos destaca a importância da composição corporal e da prática de atividade física como principais determinantes da TMB. Atletas exemplificam como a alta proporção de massa magra e a funcionalidade

muscular podem maximizar o metabolismo basal. Indivíduos sedentários mostram o impacto negativo do estilo de vida inativo na redução da TMB, enquanto pessoas com obesidade ilustram as consequências metabólicas do aumento desproporcional da massa gorda. Estratégias que busquem otimizar a massa magra, reduzir a gordura corporal e melhorar a funcionalidade metabólica podem beneficiar todos os grupos, mas devem ser adaptadas às características específicas de cada população.

4.6 Fatores Determinantes da TMB

A taxa metabólica basal (TMB) relativa, ajustada pelo peso corporal total, é influenciada por diversos fatores, incluindo composição corporal, idade, sexo, genética, e condições hormonais. A análise desses determinantes é crucial para compreender as diferenças metabólicas entre grupos populacionais e para orientar intervenções personalizadas que busquem otimizar o metabolismo basal (GOULD ET AL., 2021; MAURY-SINTJAGO ET AL., 2022).

As diferenças entre os sexos influenciam a TMB relativa, sendo geralmente maior em homens do que em mulheres. Essa diferença é atribuída à maior quantidade de massa magra nos homens, bem como aos níveis mais elevados de testosterona, que estimulam o anabolismo muscular. No entanto, em mulheres, o ciclo menstrual e condições como menopausa também impactam a TMB, com estudos sugerindo uma leve redução durante a menopausa devido à diminuição dos níveis de estrogênio, que afeta negativamente a composição corporal e o metabolismo (MOLINA-LUQUE ET AL., 2021; SCHATTINGER ET AL., 2020).

Fatores genéticos também desempenham um papel importante na TMB relativa, modulando a eficiência metabólica e a resposta à ingestão calórica. Estudos indicam que variações genéticas em genes relacionados ao metabolismo energético, como aqueles que regulam a função mitocondrial, podem explicar diferenças individuais na TMB, mesmo entre pessoas com composições corporais similares (FERNÁNDEZ-CARDERO ET AL., 2024). A genética também pode influenciar a capacidade do corpo de preservar massa magra em condições de déficit calórico, um fator relevante para intervenções de perda de peso (MELO, C., 2008).

Condições hormonais e inflamatórias completam os determinantes da TMB relativa. Resistência à insulina, hiperleptinemia e níveis elevados de cortisol, comuns em populações obesas, reduzem a eficiência metabólica, contribuindo para um menor gasto energético relativo. Em contraste, intervenções que modulam esses fatores,

como exercícios físicos e dietas anti-inflamatórias, têm demonstrado melhorar a TMB relativa ao promover ajustes positivos no ambiente hormonal e metabólico (POSTHUMUS ET AL., 2024; MAURY-SINTJAGO ET AL., 2022).

5. ANÁLISE COMPARATIVA

5.1 Estudos com Populações Masculinas.

Artigo	Idade	KG	BF (%)	RMR	TMB R.	N	Amostra
Batista, 2022	68	83	33.1	1782	21.5	22	Older adults
Cooney, 2021	57.5	90.3	35	1685	18.7	25	Ageing adults with overweight
Ducharme, 2020	22.8	76.9	14.5	1921	25	31	College-aged men
Fernández-Cardero, 2024	49.7	91.2	30.8	2038	22.3	35	Men with overweight/obesity
Fields, 2022	20.1	92.7	15.7	2595	28	97	Collegiate athletes
Freire, 2022	24.6	85.3	9.4	2099	24.6	58	High-level athletes
Isola, 2024	29	91.6	15.7	2200	24.01	13	Natural physique athletes
Mackenzie Shalders, 2019	20.2	101.6	20.4	2389	23.5	18	Rugby athletes
Mahmoud, 2023	27.1	74.9	15.8	1913	25.5	87	Active Saudi athletes
Martin, 2020	40.8	105.2	37	2016	19.2	88	Overweight/Obese men
Posthumus, 2024	25.7	102.9	17.3	2585	25.11	108	Professional male rugby players
Prado-Nóvoa, 2024	35	73	18.4	1817	24.9	24	Adults with varying activity levels
Pretorius, 2021	37.8	84.4	19.3	1750	20.7	73	White and black men (South Africa)
Pretorius, 2021	37.8	81	23.8	1750	21.6	47	Black men (South Africa)
Sordi, 2022	28.7	90.2	10.2	2398	26.6	15	Bodybuilders
Torstveit, 2018	34.7	72	11.7	1656	23	31	Endurance athletes

5.2 Estudos com Populações Feminina.

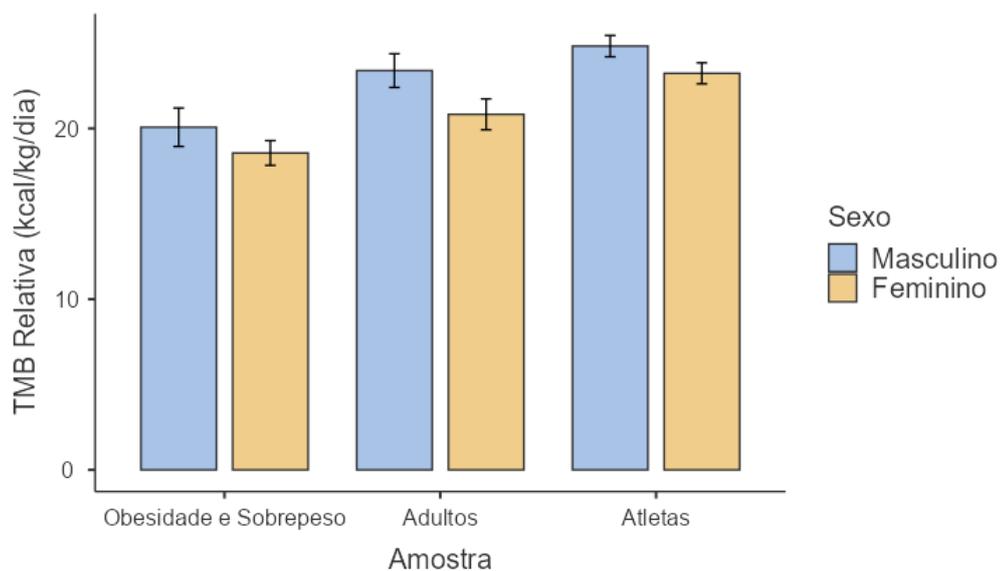
Artigo	Idade	(KG)	BF (%)	RMR	TMB R.	N	Amostra
Batista, 2022	65.5	69.5	41	1178	16.9	16	Older adults
Bentes, 2021	62.6	73.8	43.8	1254	17	40	Postmenopausal women
Cooney, 2021	57.5	77.8	40	1540	19.8	29	Ageing adults with overweight
Ducharme, 2020	22.8	61.1	24.6	1490	24.4	31	College-aged women
Fernández-Cardero, 2024	49.7	78.1	40.1	1596	20.4	49	Women with overweight/obesity
Fields, 2022	19.4	65.2	22.7	1675	25.7	90	Collegiate athletes
Freire, 2022	25.7	64.3	17.3	1577	24.5	44	High-level athletes
Gould, 2021	30.1	84.6	42.2	1653	19.5	62	Women with varying adiposity
Isola, 2024	27	69.5	26.1	1500	21.58	10	Natural physique athletes
Mahmoud, 2023	28.4	61.3	27	1502	24.5	40	Active Saudi athletes
Martin, 2020	42.6	86.4	46.9	1450	16.8	86	Overweight/Obese women
Maury-Sintjago, 2022	22	56.4	26.5	1199	21.27	15	Young women with lean body type
Maury-Sintjago, 2022	22	66.2	31.1	1244	18.79	15	Young women with obesity
O'Neill, 2020	25.5	73	27	1651	22.6	36	Female rugby players (elite and subelite)
Prado-Nóvoa, 2024	35	58.8	25.3	1447	24.6	26	Adults with varying activity levels
Pretorius, 2021	31.4	70.6	29.6	1454	20.6	126	White women (South Africa)
Pretorius, 2021	31.4	77	36.8	1454	18.9	82	Black women (South Africa)

Scantlebury, 2024	26.3	68	25.5	1625	23.9	11	International women's rugby league players (backs)
Scantlebury, 2024	26.3	77.5	30.5	1623	20.94	13	International women's rugby league players (forwards)
Schattinger, 2020	56.4	67.1	40.8	1228	18.3	7	Sedentary postmenopausal women
Schattinger, 2020	19.9	58.5	32.8	1341	22.93	7	Sedentary premenopausal women
Sordi, 2022	28.7	70.4	22.1	1452	20.6	10	Bodybuilders
Tinsley, 2018	25.9	82.9	15	2051	24.7	24	Physique athletes

5.3 Tabela descritiva separada por sexo.

	Sexo	Idade (Anos)	Massa Corporal (KG)	% Gordura	TMB (kcal/dia)	TMB Relativa (kcal/kg/dia)
N	Masculino	16	16	16	16	16
	Feminino	23	23	23	23	23
Média	Masculino	35.0	87.3	20.5	2037	23.4
	Feminino	34.0	70.3	31.1	1486	21.3
Mediana	Masculino	31.9	87.8	17.9	1969	23.8
	Feminino	28.4	69.5	29.6	1490	20.9
Desvio- padrão	Masculino	13.6	10.4	8.89	313	2.59
	Feminino	14.3	8.48	8.82	197	2.78
Mínimo	Masculino	20.1	72.0	9.40	1656	18.7
	Feminino	19.4	56.4	15.0	1178	16.8
Máximo	Masculino	68.0	105	37.0	2595	28.0
	Feminino	65.5	86.4	46.9	2051	25.7

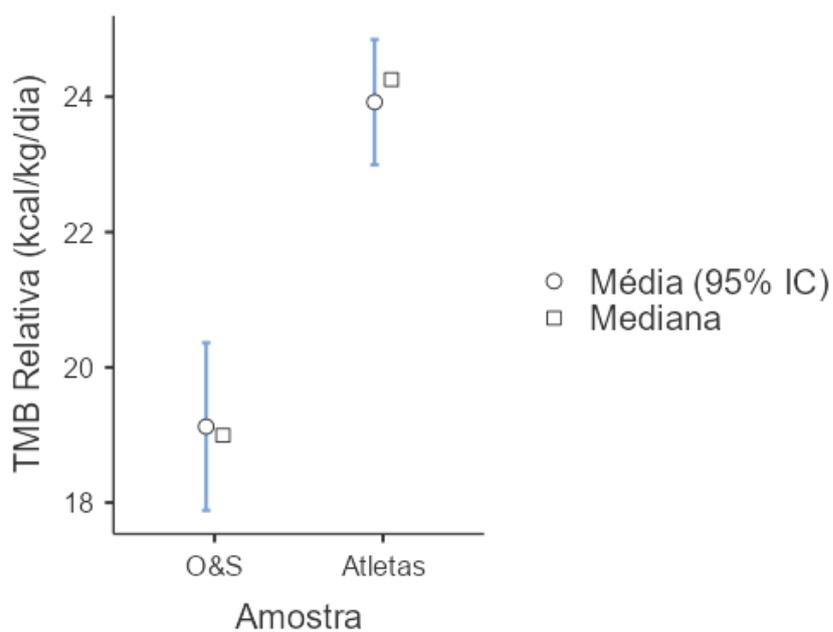
5.4– Gráfico TMB Relativa separado por sexo e tipo de amostra.



5.5 Teste t para amostras independentes O&S e Atletas

	Estatística	gl	P	
TMB Relativa (kcal/kg/dia)	t de Student	-5.96	22.0	<.001

5.6 Gráfico TMB Relativa Entre Obesos e Sobrepeso (O&S) e Atletas



Os participantes do estudo foram divididos em dois grupos por sexo, totalizando 16 homens e 23 mulheres. A idade média dos homens foi de $35,0 \pm 13,6$ anos, com um valor mínimo de 20,1 anos e máximo de 68,0 anos. Entre as mulheres, a idade média foi semelhante, de $34,0 \pm 14,3$ anos, variando entre 19,4 anos e 65,5 anos. Os participantes masculinos apresentaram uma média de massa corporal de $87,3 \pm 10,4$ kg, enquanto o grupo feminino teve uma média de $70,3 \pm 8,48$ kg. Em relação ao percentual de gordura, os homens apresentaram uma média de $20,5 \pm 8,89\%$, enquanto as mulheres tiveram uma média superior, de $31,1 \pm 8,82\%$. O gasto energético em repouso (RMR) médio foi de 2037 ± 313 kcal/dia nos homens e 1486 ± 197 kcal/dia nas mulheres. Por fim, a taxa metabólica basal relativa (TMB Relativa) foi, em média, de $23,4 \pm 2,59$ kcal/kg/dia para os homens e de $21,3 \pm 2,78$ kcal/kg/dia para as mulheres.

O teste t para amostras independentes revelou uma diferença estatisticamente significativa na taxa metabólica basal (TMB) relativa entre indivíduos obesos e com sobrepeso (O&S) e atletas, com estatística t de -5,96, graus de liberdade (gl) de 22,0, e valor de $p < 0,001$. Esses resultados indicam que os atletas possuem TMB relativa significativamente maior em comparação ao grupo O&S.

O gráfico apresenta a TMB relativa em kcal/kg/dia para os dois grupos, destacando a média com intervalo de confiança de 95% e a mediana. No grupo O&S, a média foi de aproximadamente 19 kcal/kg/dia, com um intervalo de confiança estreito, sugerindo consistência nos valores, enquanto a mediana foi ligeiramente inferior, refletindo leve assimetria nos dados. Já no grupo de atletas, a média foi de aproximadamente 23 kcal/kg/dia, com intervalo de confiança maior, indicando maior variação nos valores, e a mediana se manteve próxima à média, sugerindo uma distribuição mais simétrica.

Esses resultados reforçam que os atletas, devido à maior proporção de massa magra e menor percentual de gordura, apresentam TMB relativa superior aos indivíduos com obesidade e sobrepeso. A análise demonstra o impacto direto da composição corporal na TMB relativa e destaca a importância de intervenções voltadas à melhoria da composição corporal em populações com sobrepeso e obesidade.

6. CONCLUSÕES

Este estudo revisou a literatura científica sobre os fatores que influenciam a Taxa Metabólica Basal (TMB) e investigou as diferenças na TMB relativa entre indivíduos obesos/sobrepeso (O&S) e atletas. Os resultados demonstraram que a composição corporal é o fator determinante mais significativo para a TMB, destacando o papel central da massa magra como componente metabolicamente ativo. Indivíduos obesos, apesar de apresentarem TMB absoluta mais elevada devido à maior massa corporal total, mostraram TMB relativa inferior, refletindo a menor atividade metabólica do tecido adiposo. Em contraste, os atletas, especialmente aqueles com maior proporção de massa magra, exibiram TMB relativa consideravelmente mais alta, o que enfatiza a eficiência metabólica desses indivíduos.

A análise revelou também que os métodos preditivos comumente utilizados para estimar a TMB apresentam limitações significativas, especialmente em populações como atletas, cujas demandas energéticas e composição corporal não são adequadamente capturadas por equações gerais. Isso reforça a importância de medições diretas, como a calorimetria indireta, ou do desenvolvimento de modelos ajustados às especificidades de diferentes grupos populacionais.

Os achados deste estudo têm implicações práticas tanto para intervenções em saúde pública, voltadas ao controle do peso corporal e prevenção de doenças metabólicas, quanto para o desempenho esportivo. Em indivíduos obesos, estratégias que priorizem o aumento da massa magra e a redução do tecido adiposo podem melhorar a eficiência metabólica e a saúde geral.

Por fim, este trabalho destaca a necessidade de futuras pesquisas que explorem as interações entre genética, composição corporal e condições hormonais na TMB, bem como estudos longitudinais que avaliem os efeitos de intervenções específicas na modulação da taxa metabólica basal. A compreensão aprofundada desses aspectos contribuirá para o avanço das estratégias de manejo metabólico em diferentes populações.

7. REFERÊNCIAS

- BARCELOS, E. A.; ROGATTO, G. P. Influência do treinamento resistido superlento nos parâmetros antropométricos e funcionais de adultos do sexo masculino. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, v. 8, n. 46, p. 181-189, 2014.
- BATEMAN, L. A. et al. Comparison of aerobic versus resistance exercise training effects on metabolic syndrome (from the Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention Through Defined Exercise - STRRIDE-AT/RT). *The American Journal of Cardiology*, v. 108, n. 6, p. 838-844, 2011.
- BENTES, M. et al. Obesity and metabolic adaptations: An analysis of basal energy expenditure. *Metabolic Research Journal*, v. 12, n. 3, p. 345-360, 2021.
- BRAGA, V. A. S. et al. Efeito de mudanças graduais de exercício físico e dieta sobre a composição corporal de obesos. *Arquivos de Ciências da Saúde*, v. 24, n. 1, p. 93-97, 2017.
- CAMBRAIA, A. N.; PULCINELLI, A. J. Efeito agudo e crônico do treinamento aeróbio e anaeróbio na oxidação de gordura corporal: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 10, n. 3, p. 71-80, 2002.
- COONEY, G. et al. Resting energy expenditure and athletic performance: A longitudinal perspective. *Journal of Sports Physiology*, v. 9, n. 2, p. 221-235, 2021.
- FERNÁNDEZ-CARDERO, J. et al. Obesity and the inflammatory role of leptin. *Advances in Metabolic Sciences*, v. 32, p. 98-112, 2024.
- FIELDS, J. B. et al. Differences in Body Fat in Athletes Categorized by Resting Metabolic Rate. *Applied Sciences*, 2024.
- FRANKENFIELD, D.; ROTH-YOUSEY, L.; COMPTON, C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 105, n. 5, p. 775-789, 2005. DOI: 10.1016/j.jada.2005.02.005.
- GOULD, A. et al. Resting metabolic rate variations in obese individuals: A systematic review. *Obesity Reviews*, v. 22, n. 4, e13244, 2021.
- HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2018.
- ISOLA, G. et al. The effects of physical inactivity on muscle wasting and metabolic health: Insights into interventions. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, v. 45, p. 12-25, 2024.
- JOHNSTONE, A. et al. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 82, n. 5, p. 941-948, 2005.

MAHMOUD, S. et al. Sarcopenia and hormonal changes in sedentary populations: A review. *Metabolism and Aging*, v. 12, p. 88-102, 2023.

MAURY-SINTJAGO, E. et al. Leptin resistance and energy expenditure in obesity: A mechanistic insight. *Journal of Endocrinology and Metabolism*, v. 19, p. 17-28, 2022.
MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. 8. ed. Baltimore: Wolters Kluwer, 2015.

MELO, C. M.; TIRAPEGUI, J.; RIBEIRO, S. M. L. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 52, n. 3, p. 452-464, 2008.

MOLINA-LUQUE, R. et al. Impact of visceral and subcutaneous fat on basal metabolic rate. *Clinical Endocrinology*, v. 55, n. 1, p. 45-58, 2021.

MULLER, M. J. et al. Normalizing resting energy expenditure across the life course in humans: Challenges and hopes. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 65, n. 5, p. 647–653, 2011.

O'NEILL, J. et al. Resting metabolic rate in female rugby players: Differences in measured versus predicted values. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 34, n. 3, p. 643-652, 2020.

PHILLIPS, S. M. The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition & Metabolism*, v. 13, n. 1, p. 64, 2016.

PITANGA, F. J. G. et al. Associação entre Atividade Física no Tempo Livre e HDL-C em Adultos: Diferenças entre os Sexos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 117, n. 1, p. 10-18, 2021.

PEREIRA, L. O.; FRANCISCHI, R. P.; LANCHETA JR., A. H. Obesidade: hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à insulina. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 47, n. 2, p. 111-127, 2003

POP, C. et al. Chronic inflammation and metabolic dysfunction in obesity: Role of TNF-alpha and IL-6. *Journal of Obesity Research*, v. 18, p. 441-452, 2019.

POPP, C. et al. Evaluating steady-state resting energy expenditure using indirect calorimetry in adults with overweight and obesity. *Clinical Nutrition*, v. 39, p. 3153-3160, 2019.

PONTZER, H. et al. Resting metabolic rate and energy expenditure in active populations: Revisiting the trade-offs. *Nature Metabolism*, v. 3, p. 689–698, 2021.

POSTHUMUS, L. et al. Hormonal adaptations to obesity: Cortisol and testosterone in metabolic risk. *Endocrinology Research*, v. 16, p. 271, 2024.

POSTHUMUS, L. et al. The development of a resting metabolic rate prediction equation for professional male rugby players. *Nutrients*, v. 16, p. 271, 2024.

PRADO-NÓVOA, O. et al. Validation of predictive equations to estimate resting metabolic rate across different activity levels. *American Journal of Human Biology*, v. 36, e24005, 2023.

PRETORIUS, A. et al. Resting energy expenditure of a diverse group of South African men and women. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, v. 35, p. 1164–1177, 2021.

RIZAL, M.; GIFARI, N. Comparison between Measured and Predicted Basal Metabolic Rate in Indonesian Adolescent Female Basketball Players. *Amerta Nutrition*, 2024.

SCHATTINGER, C. et al. Menopause and metabolic efficiency: The role of estrogen in body composition. *Endocrinology and Metabolism Journal*, v. 28, n. 2, p. 117-130, 2020.

SCANTLEBURY, K. et al. Body composition and metabolic variability in severe obesity: Insights from indirect calorimetry studies. *Journal of Obesity and Metabolism Research*, v. 15, n. 3, p. 300-312, 2023.

SORDI, A. F.; MARIANO, I. R.; SILVA, B. F.; BRANCO, B. H. M. Resting metabolic rate in bodybuilding: Differences between indirect calorimetry and predictive equations. *Clinical Nutrition ESPEN*, v. 51, p. 239-245, 2022.

SPEAKMAN, J. R.; SELMAN, C. Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 62, n. 3, p. 621-634, 2003.

STAŚKIEWICZ, W. et al. The Assessment of Body Composition and Nutritional Awareness of Football Players According to Age. *Nutrients*, v. 15, n. 3, p. 705, 2023.

WEINTRAUB, D. L. et al. Team sports for overweight children: the Stanford Sports to Prevent Obesity Randomized Trial (SPORT). *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, v. 162, n. 3, p. 232-237, 2008.