



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA  
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



# **Influência da Massa Magra no Desenvolvimento Esquelético: Estudo Comparativo entre Atletas e Não Atletas de Ambos os Géneros**

DISSERTAÇÃO ELABORADA COM VISTA À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE NA  
ESPECIALIDADE DE EXERCÍCIO E SAÚDE

**Orientadora: Professora Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista**

**Júri:**

Presidente: Professor Doutor José Henrique Fuentes Gomes Pereira  
Vogais: Professor Doutor Luís Fernando Cordeiro Bettencourt Sardinha  
Professora Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista  
Professor Doutor Armando Manuel Mendonça Raimundo

**Com apoio do Programa Alban, programa de Bolsas de alto nível da  
União Europeia para América Latina, bolsa nº E06M100927BR**



**Dilson Rodrigues Belfort**

**2008**



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA  
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



# **Influência da Massa Magra no Desenvolvimento Esquelético: Estudo Comparativo entre Atletas e Não Atletas de Ambos os Géneros**

DISSERTAÇÃO ELABORADA COM VISTA À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE NA  
ESPECIALIDADE DE EXERCÍCIO E SAÚDE

**Orientadora: Professora Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista**

**Júri:**

Presidente: Professor Doutor José Henrique Fuentes Gomes Pereira

Vogais: Professor Doutor Luís Fernando Cordeiro Bettencourt Sardinha

Professora Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista

Professor Doutor Armando Manuel Mendonça Raimundo

**Com apoio do Programa Alban, programa de Bolsas de alto nível da  
União Europeia para América Latina, bolsa nº E06M100927BR**



**Dilson Rodrigues Belfort**

**2008**

## DEDICATÓRIA

A organização de um estudo assemelha-se a organização da vida, em que exige tempo, paciência e dedicação. Entretanto, trilhar por este caminho significa superar desafios que nem sempre são fáceis, porém, alcançáveis. O ingresso no mestrado trouxe-me dúvidas quanto a concretização do mesmo, considerando as dificuldades que teria pela frente. E em cada pensamento negativo que me conduzia a uma possível desistência, vinha a reflexão dos esforços que me trouxeram até aqui, e mais do que isso, a credibilidade depositada em mim por parte do projecto Prata da Casa, onde aprendi a organizar-me sempre na esperança e não pelo medo. Reforço também a persistência de minha mãe, Suely Rodrigues Belfort, que abdicou de muitos prazeres da vida em prol da educação de seus filhos, para que assim pudesse sonhar com um futuro melhor. A ela, devo mais do que a vida que me foi concedida, mas a pessoa que me tornei. A insistência do projecto prata da casa em proporcionar-me melhores condições de ensino diante da variedade dos conhecimentos científicos, através da linha de pesquisa Currículos e Seguintos Populares da qual faço parte e a persistência perante a vida por parte da minha mãe, serviram de inspiração para que eu pudesse enfrentar os desafios que me foram apresentados, reduzindo minhas incertezas e permitindo a concretização deste trabalho. Assim, dedico este trabalho a ambos, que sempre acreditaram que seria possível chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Alcançar os objectivos, não significa descobrir novos segredos, mas sim, aplicar os conhecimentos que estão disponíveis a todos. E para atingir o com sucesso os objectivos traçados nesta caminhada, são diversas as contribuições, às quais deixo registados os meus sinceros agradecimentos:

À Deus, por permitir a minha existência e pela concretização deste trabalho.

À minha mãe, Suely, e aos meus irmão, Suelyton, Diomadson e Glauce que sempre acreditaram no alcance dos meus objectivos.

Ao Projecto Prata da Casa e a Linha de pesquisa Currículos e Segmentos Populares da qual sou membro, pelo empenho dedicado na ampliação meus conhecimentos científicos.

À minha namorada, Karina Rose, pela paciência em compreender que mesmo próximo estava distante.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima Marcelina Baptista, pela oportunidade de crescimento científico, pelo incentivo, paciência e pela disponibilidade em ajudar-me sempre que as incerteza surgiram no decorrer deste percurso.

Ao Programa Alban Office, pela concessão de bolsa de mestrado, o que permitiu a concretização deste trabalho em Portugal.

Aos amigos, Laércio, Vera e Rosana, pelo companheirismo e apoio concedido diante dos problemas que surgiram no decorrer desta jornada académica.

Por fim, a todos os professores e amigos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

# ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	III
AGRADECIMENTOS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT .....	X
<b>CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	2
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	6
1.3 ÂMBITO DO ESTUDO.....	6
1.4 LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	7
1.5 HIPÓTESES .....	7
1.6 PERTINÊNCIA DO ESTUDO.....	7
1.7 DEFINIÇÕES OPERACIONAIS .....	9
1.8 LISTA DE ABREVIATURAS .....	9
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1 MASSA ISENTA DE GORDURA E MINERAL ÓSSEO .....	11
2.2 RELAÇÃO MÚSCULO-OSSE NA PRÁTICA CLÍNICA .....	16
2.3 PRÁTICA DESPORTIVA, MINERALIZAÇÃO E DIMENSÃO DO ESQUELETO.....	19
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	27
3.2 CONCEPÇÃO EXPERIMENTAL .....	27
3.3 AMOSTRA .....	28
3.4 INSTRUMENTOS E EQUIPAMENTO UTILIZADO .....	28
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	29
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	31
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	32
4.3 RELAÇÃO ENTRE MINERAL ÓSSEO, DIMENSÃO DO ESQUELETO E MASSA MAGRA .....	34
4.4 EFEITOS PRINCIPAIS E INTERAÇÕES DE GÊNERO E CONDIÇÃO NO MINERAL ÓSSEO E COMPOSIÇÃO CORPORAL .....	36
<b>CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>49</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	49
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	50
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** – Interpretação dos resultados obtidos por DXA num exame de corpo inteiro de crianças e adolescentes ..... 18
- Figura 2** – Efeitos da interacção do género (feminino vs. masculino) e da condição (atletas vs. não atletas) no CMO do corpo inteiro ..... 38
- Figura 3** – Efeitos da interacção do género (feminino vs. masculino) e da condição (atletas vs. não atletas) na DMO do corpo inteiro ..... 38

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Caracterização da amostra: idade e composição corporal .....	33
<b>Tabela 2</b> – Caracterização da amostra: densidade, conteúdo mineral e área óssea do corpo inteiro.....	34
<b>Tabela 3</b> – Relação entre variáveis ósseas, altura corporal e composição corporal .....	35
<b>Tabela 4</b> – Efeitos principais e interacções do género e da condição no mineral ósseo e na composição corporal.....	37



## RESUMO

**Propósito:** Comparar o conteúdo mineral ósseo (CMO), área óssea (AO), CMO e AO para massa magra (MM), e CMO e AO para altura corporal, em atletas e não atletas de ambos os géneros. **Métodos:** A amostra foi constituída por 260 atletas, 120 raparigas (18,3±4,0 anos; 21,7±2,2 kg/m<sup>2</sup>), e 140 rapazes (18,8±3,9 anos; 22,8±2,2 kg/m<sup>2</sup>), e 458 não atletas, 272 raparigas (17,7±6,0 anos; 22,8±4,3 kg/m<sup>2</sup>), e 186 rapazes (17,19±4,8 anos; 23,1±4,3 kg/m<sup>2</sup>), com faixa etária de 10-33 anos. CMO, AO e MM corporal total foram avaliados através de DXA. Altura corporal foi medida em um estadiómetro. ANCOVA foi usada para analisar os principais efeitos e interacções de condição (atleta vs. não atletas) e género (rapazes vs. raparigas) em CMO, AO, CMO/MM, AO/MM, CMO/altura corporal e AO/altura corporal. Análise de CMO e AO foram ajustadas para peso e altura corporal; CMO/MM e AO/MM foram ajustados para altura corporal; e CMO/altura corporal e AO/altura corpora foram ajustados para o peso corporal. **Resultados:** Foi observado um efeito principal na condição, com atletas demonstrando maiores valores que não atletas no CMO, AO, CMO/altura corporal, e AO/altura corporal. Um efeito principal no género também foi observado, com rapazes apresentando valores mais elevados do que as raparigas no CMO, AO, CMO/altura corporal, e AO/altura corporal, e raparigas demonstrando maiores valores do que os rapazes no CMO/MM e AO/MM. Um interacção significativa foi encontrada no CMO e DMO, com os rapazes atletas demonstrando maiores valores do que as raparigas atletas, quando comparados com os respectivos grupos de controlo. **Conclusão:** O grupo de atletas apresentou valores mais elevados de CMO, AO e MM do que o grupo de não atletas, assim como os rapazes comparativamente às raparigas. O Equilíbrio músculo-osso, nomeadamente as razões CMO/MM e AO/MM, demonstraram-se semelhantes entre atletas e não atletas, porém mais elevadas nas raparigas do que nos rapazes. Este estudo evidencia uma maior contribuição da MM no CMO de raparigas comparado aos rapazes, mas menores benefícios da prática desportiva no CMO e DMO total nas raparigas comparativamente aos rapazes.

**PALAVRAS-CHAVE:** composição corporal, massa magra, DMO, CMO, atletas, desporto

## ABSTRACT

**Purpose:** To compare bone mineral content (BMC), bone area (BA), BMC and BA for lean mass (LM), and BMC and BA for body height, in athletes and non-athletes of both genders. **Methods:** Subjects were 260 athletics, 120 female (18.3±4.0 yrs; 21.7±2.2 kg/m<sup>2</sup>), and 140 males (18.8±3.9 yrs; 22.8±2.2 kg/m<sup>2</sup>), and 458 non-athletics, 272 female (17.7±6.0 yrs; 22.8±4.3 kg/m<sup>2</sup>), and 186 males (17.9±4.8 yrs; 23.1±4.3 kg/m<sup>2</sup>), with an age range from 10 to 33 years. BMC, BA and LM of total body were evaluated by dual x-ray absorptiometry. Standing height was measured on a stadiometer. ANCOVA was used to analyze the main and interaction effects of condition (athlete vs. non-athlete) and gender (male vs. female) on BMC, BA, BMC/LM, BA/LM, BMC/body height and BA/body height. Analysis of BMC and BA were adjusted for body weight and height; BMC/LM and BA/LM were adjusted for body height; and BMC/body height and BA/body height were adjusted for body weight. **Results:** It was observed a condition main effect with athletes presenting higher values than non-athletes on BMC, BA , BMC/body height, and BA/body height. A gender main effect was also observed with males having higher values than females on BMC, BA, BMC/body height, and BA/body height , and females demonstrating higher values than males on BMC/LM and BA/LM . A significant interaction effect was found on BMC and BMD, with athletic males revealing higher values than athletic females when compared to respective control groups. **Conclusion:** Despite highest values of BMC, BA and LM in athletes than in non-athletes, and in males compared to females, muscle-bone balance, namely, BMC/LM and BA/LM ratios were similar between athletes and non athletes and higher in females than in males. Regarding BMC and BMD, males benefited more than females from sports commitment.

**KEY-WORDS:** *body composition, lean mass, BMD, BMC, athletes, sport*



## Capítulo 1 – Apresentação do Problema

### 1.1 Introdução

A integridade esquelética é largamente dependente de factores que interferem directa ou indirectamente na sua constituição: genéticos, hormonais, mecânicos e ambientais. Porém, vários estudos têm direccionado atenção para associações entre o peso, composição corporal e massa óssea (Chaves et al., 2005; Chen et al., 1997; Cui et al., 2007; Douchi et al., 2003; Gnudi et al., 2007; Jürimäe et al., 2005; Reid, 2002; Wang et al., 2005; Young et al., 2001), apresentando como os principais constituintes dos componentes de peso/composição corporal a massa magra e a massa gorda (Chen et al., 1997; Cui et al., 2007; Gnudi et al., 2007; Jürimäe et al., 2005).

As participações em uma variedade de modalidades desportivas estão relacionadas com a baixa massa corporal e aumento da massa magra. Tendo em vista que alterações físicas em indivíduos atletas são consequências previsíveis e inevitáveis de mudança ao longo do tempo, em que envolve principalmente alterações ao nível da massa magra e massa gorda, pesquisas actuais têm focado suas investigações nas relações entre estas duas componentes de composição corporal e o conteúdo e densidade mineral óssea.

Apesar da grande maioria dos estudos apontarem para a forte relação existente entre o peso corporal e a massa óssea, não estão totalmente claros quais os atributos corporais (massa magra, gordura corporal) estão mais fortemente associados com medidas de mineral ósseo (Gjesdal et al., 2008). A variedade nas dimensões corporais apresentada ao longo de diferentes idades, aumenta ainda mais as dúvidas referentes aos principais contributos para a mineralização óssea, em que alguns estudos ressaltam que a influência da massa gorda na massa óssea é o principal determinante

de massa óssea (Reid, 2002), outros contrariamente informam a massa magra como sendo o determinante principal (Young et al., 2001).

O tecido ósseo é constituído por células (osteoblastos e osteoclastos), minerais (cálcio e fósforo) e matriz orgânica (proteínas colágenas e não colágenas) (Campos et al., 2003). As células osteoblásticas e osteoclasticas, são responsáveis directas pela mineralização óssea, visto que os osteoblastos são responsáveis pela formação do tecido ósseo, enquanto os osteoclastos promovem a deterioração do mesmo.

O equilíbrio entre a acção dessas células promove a manutenção da massa óssea, que é constante até um determinado período da vida (pico de massa óssea). Após atingir este período, ocorre um desequilíbrio entre as células osteoblásticas e osteoclasticas, em que a acção das células osteoclasticas superam a acção das primeiras, e conseqüentemente há maior perda de mineral ósseo. Até a faixa dos 30 anos de idade o esqueleto acumula massa óssea, sendo maior em homens do que em mulheres (Gali, 2001), sendo estimado por muitos investigadores como o alvo do pico de sua mineralização os anos que compreendem a fase da adolescência (Silva et al., 2004).

A mineralização óssea tem seu início na vida fetal, prolongando-se pela infância e atinge seu pico de velocidade de deposição durante a puberdade. Assim, esse período constitui um momento fundamental para aquisição de massa óssea (Silva et al., 2004).

Uma vez que a infância e adolescência são apresentadas como as fases cruciais para aquisição de massa óssea, contabilizando cerca de metade da massa óssea conseguida na maioridade (Pettersson et al., 2000), vários estudos científicos realizados nesta temática, têm recaído neste período de vida na tentativa de identificar factores determinantes da optimização do mineral ósseo, especialmente os componentes de massa magra e massa gorda.

No que se refere a avaliação da resistência do osso, tradicionalmente esta tem sido feita através da medição do conteúdo ou da densidade mineral óssea. No entanto, estudos mais recentes têm recorrido a avaliação da massa magra, sendo esta considerada, a principal determinante na influência protectora de aumentos corporais em manutenção da massa óssea (Travison et al., 2008).

Outros estudos comparam densidade mineral óssea ou conteúdo mineral ósseo de acordo com a idade e género com dados normativo. Para tanto, a densitometria radiológica de dupla energia aparece como a principal ferramenta de avaliação da massa óssea, pois abrange um método com grande precisão para medidas de CMO utilizando baixa quantidade de radiação e por esses motivos têm sua utilidade reconhecida para diagnósticos de mineralização óssea, baseando-se na atenuação sofrida pelos raio-x, possibilitando assim, uma diferenciação entre vários tecidos corporais, em três compartimentos, especificamente, CMO, massa gorda e massa isenta de gordura (Castro, 2004).

A DXA determina a quantidade de mineral ósseo em gramas, contido numa determinada área óssea. Com a divisão do conteúdo mineral ósseo pela sua respectiva área local obtém-se a DMO, expressada em  $\text{g/cm}^2$ . Porém, a interpretação da DMO obtida através da DXA em crianças e adolescentes, apresenta algumas limitações, visto que a densidade adquirida por esta ferramenta é areal e não volumétrica.

Considerando que a área não aumenta na mesma proporção do volume durante a fase de crescimento/desenvolvimento, a DMO calculada como  $\text{CMO}/\text{área óssea}$  não é útil ao ser usada em crianças, tendo em vista que é significativamente influenciada pelo tamanho ósseo (Mølgaard et al., 1997). Certamente ossos de maior dimensão sobrestimam, enquanto que em ossos de menor dimensão, a DXA subestima a DMO devido a limitação técnica do método.

Esta dificuldade na interpretação da DMO obtida pela DXA, especialmente em crianças e adolescentes com problemas a nível do crescimento/desenvolvimento ósseo ou muscular, tem levado os fabricantes de densitómetros à criação de software que integra: altura/idade (comprimento ósseo), CMO/AO (densidade óssea), AO/altura (largura óssea) (Mølgaard et al., 1997), MM/altura (desenvolvimento muscular) e CMO/MM (equilíbrio músculo-osso) (Crabtree et al., 2004; Schoenau et al., 2002).

Todavia, enquanto a maior parte dos estudos relacionados com o desenvolvimento esquelético (CMO, AO e DMO) se dirigem a população feminina, em especial após a menopausa, aos aspectos nutricionais, peso corporal com ênfase na MG e na carga biomecânica, o presente trabalho tem como objectivos a análise da influência da massa magra no desenvolvimento esquelético, fazendo uma comparação entre dois grupos de indivíduos (atletas vs. não atletas) de ambos os géneros, abrangendo na sua totalidade 718 indivíduos (260 atletas e 458 não atletas), com idade compreendida entre 10 e 33 anos. Esta investigação, pelo facto de comparar atletas com grande quantidade de MM com indivíduos não atletas, em que a MM é aparentemente menor, procura relacionar a influência desta variável em grupos relativamente diferentes quanto a sua composição corporal no desenvolvimento do esqueleto.

## 1.2 Definição do Problema

O objectivo geral deste trabalho foi comparar o desenvolvimento ósseo e sua relação com o desenvolvimento muscular de atletas e de não atletas de ambos os géneros.

## 1.3 Âmbito do Estudo

Este estudo procura analisar a importância da massa muscular e também da carga mecânica no esqueleto. Para a análise da importância da massa muscular estimam-se como variáveis dependentes a razão do CMO e da área óssea para a massa isenta de gordura total, para a análise da importância da carga mecânica utilizou-se como variável independente a prática desportiva, mas também o género, pois os efeitos podem ou não ter um impacto diferente nos rapazes/homens, comparativamente às raparigas/mulheres.

A selecção de atletas deve-se ao facto de que na grande maioria dos desportos, os respectivos praticante apresentarem elevada MM corporal total. Sendo esta a principal variável independente a ser analisada no presente estudo, o grupo de atletas torna-se fundamental na comparação com outros grupos que não detêm em grande quantidade a componente de massa magra.

De forma a não enviesar os resultados do estudo, o grupo controlo foi seleccionado de maneira que abrangesse sujeitos livres de qualquer prática desportiva de carácter competitivo.



## 1.4 Limitações do Estudo

Este estudo está relacionado com o controlo da prática desportiva tanto nos atletas (competição) como nos não atletas (recreativos), uma vez que esta variável, e portanto os participantes do estudo foram considerados como atletas ou não atletas com base na sua participação em competições desportivas. Não foram consideradas informações relevantes como o tipo de modalidade, número de anos de prática, idade de início de prática, carga semanal de treino nos atletas e a actividade física habitual nos não atletas.

## 1.5 Hipóteses

- Os atletas apresentam maior massa magra que não atletas em ambos os géneros, contribuindo desta forma para uma maior massa óssea corporal total.
- Indivíduos do sexo masculino apresentam maiores níveis de massa óssea que indivíduos do sexo feminino devido a influência da MM no tecido ósseo que é superior em rapazes comparativamente às raparigas.

## 1.6 Pertinência do Estudo

Estudos prévios sobre alterações da composição corporal e da massa óssea têm sido realizado principalmente em mulheres adultas pós menopáusicas (Chaves et al., 2005; Chen et al., 1997; Di Monaco, Vallero, Di Monaco, Tappero, & Cavanna, 2007; Frazão & Naveira, 2007), por apresentarem maiores variações do CMO e da DMO, comparativamente a outras idades ou aos homens, predispondo uma elevada probabilidade de aparecimento da osteoporose.

Apesar das mulheres constituírem o principal foco destes estudos, os homens também têm sido alvo de investigação (Douchi et al., 2003; Fredericson et al., 2007; Tang, Sheu, Liu, Lee, & Chen, 2007; Trivison et al., 2008), contudo em uma menor escala.

Diversos estudos analisaram associações entre medidas de composição corporal e o CMO (Brailon & Serban, 2007; Jürimäe et al., 2005; Schoenau et al., 2002; Trivison et al., 2008) e a DMO (Chaves et al., 2005; Cui et al., 2007; Douchi et al., 2003; Douchi et al., 1998; Gnudi et al., 2007; Jürimäe et al., 2005; Mudd, Fornetti, & Pivarnik, 2007; Rocher et al., 2008; Wang et al., 2005). Porém, o relativo efeito de cada componente de composição corporal permanece controverso. Alguns estudos observaram que a MG (Reid, 2002), é o preditor mais significativo do CMO e da DMO, noutros tanto a MM como a MG (Pietrobelli et al., 2002) se mostram relacionados com a massa óssea, e também há aqueles que indicam apenas a MM (Young et al., 2001), como principal preditor das variáveis ósseas.

Tendo em vista que a grande parte dos trabalhos publicados, sugerem que a massa magra contribui mais fortemente para variação do CMO e da DMO, em sujeitos de ambos os géneros e diferentes idades, torna-se relevante identificar esta relação em indivíduos cuja constituição corporal apresenta maior quantidade a Massa Magra. Neste caso, os atletas constituem o grupo potencial para tal investigação, sendo a MM a variável que se destaca em termos quantitativos na maior parte dos atletas.

## 1.7 Definições Operacionais

1 – *Conteúdo Mineral Ósseo (CMO)*: quantidade de mineral contido em osso inteiro expresso em gramas ou como massa de mineral por unidade de comprimento do osso expresso em gramas por  $\text{cm}^2$  (Schoenau et al., 2002).

2 – *Densidade Mineral Óssea (DMO)*: quantidade mineral de um osso dividido pela área projectada em uma dada direcção expressa em gramas por  $\text{cm}^2$  (Rauch & Schoenau, 2001).

3 – *Pico de massa óssea*: soma de tecido ósseo presente no fim da maturação esquelética (Schwarz, Courteix, & Karlsson, 2006).

4 – *Massa Magra isenta de gordura*: representa o somatório de massa corporal isenta de lipídios essenciais e de lipídios não essenciais (Lohman, 1992).

## 1.8 Lista de Abreviaturas

CMO – Conteúdo mineral óssea

DMO – Densidade mineral óssea

DMOa – Densidade mineral óssea areal

AO – Área óssea

CMOt – Conteúdo mineral ósseo total

DMOt – Densidade mineral óssea total

AOt – Área óssea total

IMC – Índice de massa corporal

DXA – Densitometria radiológica de dupla energia

MM – Massa magra

MG – Massa gorda

AF – Actividade Física



## Capítulo 2 – Revisão de literatura

O objectivo deste capítulo foi realizar uma revisão da literatura, especificamente no que se refere a influência da massa magra no desenvolvimento esquelético a partir do predomínio desta variável na determinação da acumulação de mineral ósseo e modificações de variáveis ósseas.

Nesse sentido, são referidas as relações entre a massa isenta de gordura e mineral ósseo, a relação músculo-osso na prática clínica, prática desportiva, mineralização e dimensão do esqueleto, a partir dos constituintes de composição corporal, em específico da massa magra.

### 2.1 Massa Isenta de Gordura e Mineral Ósseo

Diante do corpo significativo de evidências que indicam a existência de relações entre a massa óssea e a composição corporal, um grande número de estudo tem dedicado uma atenção especial à MG e MM.

Sendo estas as principais componentes de massa corporal, é comum que ambas despertem interesse em inúmeros estudos abrangendo as mais variadas idades, etnias e populações. Entretanto, tem-se observado na literatura uma grande associação do mineral ósseo com a massa magra, sendo esta a principal responsável pela acumulação de mineral ósseo ao longo da maturação esquelética, o que sugere portanto, que esta variável está fortemente relacionada com a DMO e o CMO, variando apenas no grau das associações entre os diferentes estudos. Estas diferenças observadas nas associações podem existir devido a diferenças metodológicas de avaliação, além de outros factores como níveis de treinamento e género.

Chen et al., (1997), ao examinarem a contribuição da massa magra e da massa gorda na determinação da massa óssea em mulheres pós menopáusicas, sugerem que tanto a DMO quanto o CMO podem ser influenciados por estes componentes de composição corporal. Também Chaves et al., (2005), indicam os componentes corporais como determinantes mais significativos da DMO do colo do fêmur e da coluna vertebral, porém em um grupo de mulheres com idade compreendidas entre 69 e 79 anos. No entanto ambos afirmam que a massa magra é o determinante principal do mineral ósseo especialmente do CMO regional e total, embora a massa gorda também possa explicar significativamente a variação da massa óssea tanto regional quanto total. Esta compreensão é defendida por vários estudos abrangendo diferentes faixas etárias e ambos os sexos (Chaves et al., 2005; Cui et al., 2007; Douchi et al., 2003; Gjesdal et al., 2008; Wang et al., 2005) . Esses resultados tornam-se relevantes, visto que apesar dos efeitos endócrinos de tecido adiposo no esqueleto, principalmente após o período da menopausa, a massa magra continua sendo o determinante principal do CMO e da DMO.

Rocher et al., (2008), partindo da análise da influência da obesidade no desenvolvimento ósseo de crianças pré púberes, constataram que as mesmas apresentavam maior CMO corporal total, área óssea corporal total, CMO da coluna lombar, quando comparadas com crianças de peso normal. Ao ajustar as medidas de massa óssea para massa magra, as crianças obesas obtiveram menor DMO corporal total e CMO comparativamente ao grupo de controle. Todavia, quando ajustados os valores ósseos para a massa gorda, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos. Algumas características antropométricas podem ter contribuído para estes resultados, uma vez que as crianças obesas podem apresentar maior dimensão do esqueleto, para que assim possam suportar os seus pesos mais elevados.

Recentemente, Fredericson et al., (2007), vieram a confirmar o predomínio da associação entre massa magra e a massa óssea em todos os locais medidos, de três grupos investigados, em que foram reunidos jogadores de futebol, corredores de longa distância e um grupo controlo. Notando a prevalência da massa magra dos jogadores de futebol sobre os corredores de longa distância e o grupo controlo, os investigadores associaram a DMO regional e total entre os grupos, constatando que os jogadores de futebol por possuírem maior massa magra, demonstraram maiores valores da DMO em todos os locais avaliados comparativamente aos outros dois grupos.

Noutro recente estudo, Rector et al., (2008), compararam a densidade mineral óssea em homens atletas participantes de desportos de peso sustentado e peso não sustentado, encontrando uma prevalência de CMO e de DMO do corpo inteiro, na coluna lombar, nos membros superiores e membros inferiores, no colo do fémur e na área de Ward entre atletas de desportos em que o peso corporal é suportado activamente (corredores de longa distancia) e de desportos em que não o é (ciclismo), e observaram que os primeiros demonstraram valores mais elevados de massa óssea, apesar de valores semelhantes de massa magra e valores inferiores de IMC e percentagem de massa gorda. Mudd et al., (2007), também observaram uma relação semelhante, em que os valores de massas ósseas em atletas praticantes de desportos de peso sustentado foram superiores comparativamente aos valores dos atletas praticantes de desportos de peso não sustentado.

Segundo Douchi et al., (2003), a MM influencia a DMO devido a força de contracção e ao efeito de peso sustentado, atribuindo os aumentos da DMO às forças de contracção associadas a aumentos gerais de peso corporal, particularmente de massa muscular. Os resultados encontrados por Douchi et al., (2003), sugerem que a MM é mais determinante do que a MG para a DMO em homens. Em conformidade com esses resultados, Wang et al., (2003), também relatam que a DMO está mais relacionada com a MM do que com a MG por quilograma de massa tecidual, contudo em mulheres jovens.

Ao considerar que músculos e ossos são inseparavelmente associados, ambos crescem e desenvolvem-se em proporções semelhantes, uma vez que o osso é biomecanicamente ligado ao músculo, e as adaptações ósseas são atreladas as forças musculares durante o desenvolvimento (Turner, 2000). Para Schoenau et al., (2002), os músculos causam as maiores cargas e as maiores tensões, ajudando a controlar os mecanismos biológicos que determinam a força do osso total, sendo assim, é pensado que a propriedade crítica do osso é a força muscular no lugar do peso (Schoenau, 2006).

Através da teoria do mecanostato, é descrito a intrínseca relação entre músculo e osso, a qual é postulado que a massa óssea é influenciada pelo aumento máximo de forças musculares durante o crescimento ou em resposta para o aumento da carga corporal (Schoenau, 2006).

Sendo o processo de crescimento e desenvolvimento humano individual com variações na mineralização óssea devido às diferentes contribuições de factores genéticos, corporais (alterações do músculo e do osso, do peso, da estatura, da MM e da MG), hormonais, bem como à prática de exercício físico e ingestão de cálcio (Silva et al., 2004), o pico de CMO e DMO podem igualmente variar tanto na idade quanto nos locais do esqueleto. Estas diferenças são percebidas com maior ênfase em adolescentes devido à intensa mineralização óssea que ocorre nesse período (Banovac & Koren, 2000).

Partindo desta hipótese, Silva et al., (2004), verificaram o comportamento do CMO e da DMO do fémur proximal e coluna lombar em adolescentes do sexo masculino dos 10 aos 19 anos, em função da faixa etária e do nível de maturação sexual. Foram observadas diferenças do CMO a partir dos 14 aos 15 anos na coluna lombar e fémur proximal, enquanto que a DMO demonstrou diferenças ao nível da coluna lombar na faixa etária de 10-11 anos para 14-15 anos, e dos 14-15 para 18-19 anos. Os valores do IMC de todos os sujeitos classificam os mesmos como normais, não havendo qualquer indivíduo com sobrepeso ou obesidade.



Em homens, é constatada uma maior massa corporal e massa livre de gordura, e menor percentagem de gordura comparativamente às mulheres, verificando-se o mesmo em atletas comparativamente aos não atletas (Evans, Prior, Arngrimsson, Modlesky, & Cureton, 2001). De acordo com estas observações e diante da relativa contribuição da massa magra para a aquisição de mineral ósseo, Högler et al., (2003), evidenciaram a importância da massa magra na interpretação do CMO do corpo inteiro em crianças e adolescentes de ambos os géneros.

A ênfase dada à DMO ou ao CMO e a comparação normativa de acordo com a idade e género omite algumas interpretações clínicas (Högler et al., 2003), principalmente em crianças, adolescentes, ou mesmo em adultos com disfunção muscular ou comprometimento maturacional ósseo.

A proposta de Mølgaard et al., (1997), para superar estas limitações na interpretação de dados de DXA é apresentada em três partes:

- 1) CMO/AO;
- 2) AO ajustado para altura;
- 3) Altura ajustado para idade.

Esta interpretação permite distinguir ossos leves de pesados, ossos largos de estreitos e ossos curtos de longos.

De acordo com Högler et al., (2003), verifica-se a omissão de uma importante variável nesta aproximação para interpretação de dados de DXA, que é a massa magra. Como referido anteriormente, a massa magra aparece como um preditor importante do CMO em diferentes estudos (Ferretti et al., 1998; Ogle et al., 1995). Além disso, alguns problemas ósseos podem pelo menos parcialmente ser devido ao desuso ou disfunção muscular (Frost & Schonau, 2000), o que fortalece o campo de intervenções com objectivos de maximizar a mineralização ao nível ósseo a partir do aumento e do fortalecimento muscular.

Salienta-se que as medidas de DMO são totalmente dependentes das medidas de CMO e AO, uma vez que é dependente da razão entre as duas últimas. Considerando que a AO permaneça inalterável ou aumente em uma proporção inferior ao aumento do CMO, a DMO é uma variável directamente proporcional ao CMO; no que se refere a relação da DMO com a variação da AO, a primeira apresenta-se como uma variável inversamente proporcional à segunda, devido a um aumento do CMO inferior ao aumento da AO ou quando o CMO permanece inalterável com o aumento da AO. Sendo assim, qualquer modificação da DMO, está sempre subjacente a modificações do CMO e/ou da AO.

## **2.2 Relação músculo-osso na prática clínica**

A DXA foi inicialmente concebida para mensurar o CMO e a DMO, no entanto, tem sido largamente utilizada para quantificar a MM e a MG em segmentos isolados e no corpo inteiro. Esta técnica baseia-se na emissão de duplos feixes de raio-x, sendo um equipamento de alta tecnologia, com baixa exposição a radiação, tendo também a sensibilidade para revelar modificações na composição corporal. Para além disso, é considerado um método não invasivo, não traumático, preciso e reprodutivo (Litaker, Barbeau, Humphries, & Gutin, 2003; Wong et al., 2002) o que aumenta as indicações para sua utilização em crianças e adolescentes.

Dados da densitometria óssea são frequentemente difíceis de interpretar em crianças e adolescentes por causa da larga inter e intra variação individual do osso neste grupo da população (Schoenau et al., 2002). No entanto, verifica-se na prática clínica um crescente aumento da utilização da densitometria para avaliação de problemas de crescimento.

A dificuldade referente à interpretação de dados de densitometria óssea surge devido à avaliação do parâmetro mais básico que é o CMO (Schoenau et al., 2002), o qual pode ser avaliado por diferentes técnicas. Trata-se porém, de uma variável dependente do tamanho do osso. Esta dependência provoca uma desvantagem em indivíduos baixos, particularmente em crianças, mesmo que os seus ossos sejam completamente normais quando comparados com crianças da mesma idade. Esta dificuldade também se aplica à DMO areal, uma vez que é um parâmetro dependente do CMO.

Crianças com crescimentos anormais exibem frequentemente deficientes DMOs para a idade cronológica. Todavia, este déficit pode ser uma reflexão de crescimento irregular em vez de uma pobre mineralização óssea (Landoll et al., 2004). Mediante essa constatação, Landoll et al., (2004), defendem que medidas adicionais deveriam melhorar a avaliação do desenvolvimento em crianças com problemas musculares e esqueléticos. Os défices em DMO verificados por estes autores podem em parte, ser atribuídos a baixas estaturas (altura para a idade) e ossos pequenos e estreitos (área óssea para a altura).

Ao estudarem a inter relação entre o CMO e a MM a partir de um exame de corpo inteiro por DXA em crianças e adolescentes, Högler et al., (2003), verificaram uma associação entre estas variáveis em ambos os géneros dos 11 aos 77 kg de MM. A recomendação dos autores para interpretação de um exame de corpo inteiro por DXA consiste na análise das seguintes relações: DMO ou CMO/idade, altura/idade, MM/altura, CMO/MM para altura. Sendo a MM o principal estimador do CMO. Os autores sugerem que a MM deve ser igualmente avaliado. O modelo de interpretação de um exame de corpo inteiro é apresentado na figura 1.



A avaliação de crianças com problemas musculares e ósseos através de DXA de acordo com o método referido anteriormente foi apoiado por Crabtree et al., (2004). No entanto, apesar da ausência de consenso sobre o melhor método de ajuste, a idade esquelética e o estágio puberal devem ser considerados na interpretação de avaliações densitométricas em crianças e adolescentes.

## **2.3 Prática Desportiva, Mineralização e Dimensão do Esqueleto**

A prática desportiva está associada à diferentes modificações corporais, dependentes do tipo de exercício, do volume e da intensidade. A prática desportiva pode ser classificada de acordo com o âmbito em que está inserida, designadamente, o desporto escolar, o desporto recreativo e o desporto competitivo.

No âmbito deste trabalho, a prática desportiva refere-se a atletas que praticam desporto competitivo, com cargas de treinos destinadas à obtenção do melhor desempenho desportivo. Grande maioria dos estudos tem reportado que a prática desportiva exerce efeitos benéficos no esqueleto. Entre os principais benefícios associados à prática do desporto competitivo, destacam-se os ganhos ao nível da massa óssea, a qual é documentada por diferentes investigadores nos mais variados desportos (Barkai et al., 2007; Fredericson et al., 2007; Karlsson, Magnusson, Karlsson, & Seeman, 2001; Laing et al., 2002; Magkos et al., 2007; Mudd et al., 2007; Nichols, Rauh, Barrack, & Barkai, 2007; Rector, Rogers, Ruebel, & Hinton, 2008). Estes estudos suportam a existência de fortes relações entre o exercício físico e a massa óssea, e em consequência o exercício físico como estratégia para acumular (durante a fase de desenvolvimento) e minimizar (após o pico de massa óssea) a perda óssea e a manutenção da integridade esquelética no

decorrer da vida, além de impor adaptações na composição corporal, principalmente em relação ao tamanho muscular e massa magra, que são fortemente associadas com a massa óssea, em especial em grupos de atletas.

A possibilidade de aumentar a massa óssea durante a fase de crescimento/desenvolvimento demonstra grande interesse, tendo em vista um maior pico de massa óssea na fase adulta, minimizando a perda de mineral ósseo com a manutenção da prática desportiva. A massa óssea do adulto em qualquer idade é um reflexo dos ganhos obtidos durante o desenvolvimento (Bailey & Martin, 2003).

Bass et al., (1998), observaram que a prática desportiva durante o crescimento aumenta a DMO em 10-20% nos membros sobrecarregados. Por outro lado, Laing et al., (2002) evidenciaram que apesar de ginastas adolescentes apresentarem aumentos do CMO e da DMOa comparativamente ao grupo controlo, os ganhos de mineral ósseo no corpo total e na coluna lombar são ainda maiores.

Para Silva et al., (2003), o incremento da massa muscular reflecte-se num aumento da massa óssea, uma vez que a contracção de uma massa muscular aumentada desencadeia a actividade osteoblástica na região óssea próxima do local de inserção muscular. Burr (1997), ressalta que para demonstrar o domínio da força/massa muscular nas adaptações do esqueleto, é necessário que maiores massas/forças musculares sejam associadas com maiores massas ósseas, independente de tamanhos corporais, e que o declínio da massa muscular deve preceder um declínio de força óssea sob condições de desuso, bem como o aumento da força muscular deve anteceder o aumento da massa óssea sob condições de uso mecânico ou restabelecimento de balanço hormonal.

Como o aumento da massa muscular é uma consequência marcante da prática desportiva, especialmente em atletas que habitualmente realizam treinos de força e exercício repetitivo, supõe-se que os aumentos do CMO,

da AO e da DMO se devem prioritariamente ao esforço físico, que contribui para variadas modificações nas variáveis de composição corporal que são inevitáveis com a prática desportiva, superando a influência de outros factores no desenvolvimento esquelético, sejam eles genéticos ou nutricionais.

No entanto a associação entre a massa muscular e o osso pode ser devido ao facto da carga mecânica associada ao exercício físico estimular o desenvolvimento ósseo tanto como o muscular (Young et al., 2001). Admitindo a diferenciação da massa muscular entre géneros e idades, em que os rapazes apresentam maior massa muscular do que as raparigas, e os atletas do que os não atletas, supõe-se que o desenvolvimento esquelético, ocorra com maior ênfase em indivíduos do sexo masculino e em atletas de diferentes modalidades. Observa-se, porém, diferenças na aquisição de MM em atletas de diferentes desportos devido a metodologias e especificidades técnicas que contribuem para maiores ganhos de MM e mineral ósseo em determinados locais do esqueleto, comparativamente a outros.

Com base nestas observações, Magkos et al., (2007), examinaram as adaptações esqueléticas de atletas da natação e de pólo aquático para analisar se estas relações são dependentes do tipo de exercício praticado assim como do género. Os resultados mostraram que atletas de modalidades aquáticas, independentemente da modalidade, são detentores de maior massa magra e apresentam uma menor DMO nos membros inferiores em ambos os géneros comparativamente ao grupo de controlo. Porém algumas diferenças entre o grupo de nadadores e grupo de controlo estavam dependentes do género, pois os valores de CMO nos membros inferiores eram menores nos atletas masculinos do que nos não atletas, enquanto nas nadadoras os valores eram semelhantes as do grupo de controlo. Adicionalmente, nos membros superiores foram observados valores superiores de CMO em raparigas atletas comparativamente ao grupo de controlo, enquanto que os rapazes atletas e não atletas tiveram CMO semelhantes.

Vários autores concordam que a prática desportiva durante a adolescência é fundamental para um bom desenvolvimento do indivíduo, numa fase do ciclo de vida com marcadas transformações corporais e comportamentais, estando muitas destas fortemente associadas com a promoção de um estilo de vida saudável na fase adulta. No entanto, tem surgido algumas preocupações referentes a potenciais efeitos adversos da prática desportiva em crianças e adolescentes no crescimento ósseo (Damsgaard et al., 2000).

As alterações durante a adolescência têm sido bem caracterizadas, principalmente no que se refere à composição corporal, uma vez que o aumento na massa corporal e a relativa distribuição dos seus constituintes estão sobretudo relacionados com o género e a maturação sexual. O início da adolescência, assim como a duração e a intensidade do salto de crescimento, são determinados geneticamente e variam consideravelmente de um indivíduo para outro. Contudo, as modificações maturacionais na fase da adolescência acabam por dificultar as interpretações dos resultados de pesquisas com amostras que reúnam atletas de diferentes modalidades.

O estabelecimento de um nível óptimo de massa óssea durante os anos de crescimento/desenvolvimento é uma consideração crucial, em termos de uma adequada longevidade esquelética, pois a massa óssea do adulto, em qualquer idade, é um reflexo do osso ganho durante seu desenvolvimento e a subsequente perda óssea com o avançar da idade. No entanto, os benefícios ósseos adquiridos com a prática de exercícios físicos, são perdidos caso esta prática seja completamente interrompida, o que sugere a adopção de um estilo de vida fisicamente activo, envolvendo treino contínuo para que se possa manter o efeito positivo do exercício em fases adultas. De acordo com Silva et al., (2004), os períodos que compreendem a infância e adolescência são marcados por uma taxa de formação óssea muito importante com o predomínio da formação sobre a reabsorção. Na idade adulta verifica-se um processo de estabilização e a partir dos 45-50 anos ocorre um predomínio da reabsorção óssea, sendo mais constante no sexo feminino.



Segundo uma revisão da literatura realizada por Mackelvie et al., (2002), durante a adolescência é possível identificar um período crítico positivo para a resposta óssea mediante à prática desportiva. Pettersson et al., (2000), afirmam que os mecanismos pelos quais o esqueleto responde ao treinamento físico ainda não estão suficientemente esclarecidos. Contudo, em estudo sobre a mineralização óssea em adolescentes do sexo masculino realizado por Silva et al., (2004), foi possível verificar um aumento crescente dos 10 aos 19 anos de idade com diferenças na faixa etária dos 14 e 15 anos para o CMO do fêmur proximal e da coluna lombar, respectivamente. Estes investigadores evidenciam através deste estudo, que o aumento da mineralização da massa óssea durante o período da puberdade é concomitante aos aumentos significativos das dimensões corporais.

O aumento da dimensão corporal surge como alterações naturais no decorrer do desenvolvimento físico do indivíduo, sendo que o exercício físico intensifica a incidência destas alterações principalmente ao nível da composição corporal, proporcionando uma íntima ligação com as variáveis de CMO e DMO medidas através de DXA. Por outro lado, nem sempre a prática desportiva conduz a benefícios para os praticantes, sejam eles crianças, adolescentes, adultos ou idosos. Existem evidências de que a prática de alguns desportos que exigem grande esforço físico devido a elevada intensidade, principalmente na infância e puberdade, podem comprometer o crescimento esquelético (Rice & Waniewski, 2003). Porém, está pouco caracterizada a participação de crianças e jovens adolescentes em desportos competitivos e as repercussões do treino a que são submetidos sobre o crescimento (Silva et al., 2004).

A inclusão de crianças e adolescentes em equipas competitivas é cada vez mais frequente, como por exemplo na natação, ballet, ginástica e atletismo (corridas). Nordström et al., (1998), detectaram menor velocidade de crescimento e menor mineralização óssea em adolescentes do sexo feminino, praticantes de desportos de alta intensidade e com rígido controlo do peso corporal, especialmente em ginastas. Igualmente foram observadas tais constatações em corredores de longas distâncias (Gremion et al., 2001).

Uma vez que parte destes desportos exige uma alimentação equilibrada e um preciso controlo do peso, a baixa mineralização encontrada, também pode ser consequência de uma alimentação insuficiente apesar de equilibrada, na qual há carência de nutrientes fundamentais na constituição esquelética.

Contrariamente, Laing et al., (2002), ao examinarem modificações da massa gorda, magra e óssea em raparigas atletas de ginástica artística a partir dos 3 anos, referem que as ginastas apresentaram significativamente menor percentagem de gordura e maior massa magra que o grupo de controlo. Os autores suportam a ideia de que o maior ganho em MM é o maior determinante da DMOa, uma vez que as ginastas ganharam mais DMOa no corpo inteiro, trocanter e fémur proximal total. Uma das explicações relatadas por este grupo de investigadores para a associação da massa magra com a DMOa, surge a partir do pressuposto de que o músculo-esquelético, é o principal componente da MM, com acção no esqueleto durante a contracção muscular. Esta concepção enfatiza a afirmação de Schoenau et al., (2006), ao descrever que a contracção do músculo coloca a maior carga fisiológica no osso, conseqüentemente deve ser adaptada a estabilidade do osso com a força do músculo. Nesse contexto, é possível que o mineral ósseo aumentado observado em ginastas seja resultado da maior percentagem de MM presente.

Salienta-se, todavia que a prática desportiva por si não é a única responsável isolada dos benefícios adquiridos ao nível do osso, uma vez que outros factores influenciam igualmente o desenvolvimento esquelético como factores nutricionais, hormonais, genéticos entre outros. Para além da prática desportiva de crianças e de adolescentes, é fundamental para o desenvolvimento harmonioso nesta etapa da vida, promover a adopção de hábitos alimentares, visto que são essenciais para o perfeito processo de maturação corporal.

Alguns estudos relacionam os efeitos das diferentes modalidades desportivas na mineralização óssea de atletas ou indivíduos fisicamente

activos (Fredericson et al., 2007; Magkos et al., 2007; Mudd et al., 2007; Rector et al., 2008). Embora a ênfase da maioria dos estudos recaia sobre os efeitos do tipo de exercício ou desporto praticado no CMO e na DMO, outros efeitos também parecem interferir nestas variáveis como por exemplo a força muscular e a composição corporal que são diferenciadas nos diferentes desportos.

Ao investigar a relação entre variáveis ósseas, a participação em desportos com suporte activo de peso corporal e a menarca, em raparigas atletas de escola secundária, Barkai et al., (2007), observaram valores elevados de DMO associados a um aumento da participação antes e depois da menarca, sugerindo que a prática desportiva ao longo do período escolar beneficia a saúde óssea de raparigas independentemente da ocorrência da menarca.



## Capítulo 3 – Metodologia

### 3.1 Introdução

Este estudo teve como objectivo comparar o desenvolvimento ósseo e a sua relação com o desenvolvimento muscular entre atletas e não atletas de ambos os géneros. Especificamente pretendeu-se comparar o CMO, a área óssea e as relações do CMO e da área óssea para altura e para a massa magra.

Este capítulo tem por finalidade apresentar a concepção experimental adoptada, estabelecendo as relações entre as variáveis, caracterizar a amostra em estudo, descrever os instrumentos e equipamentos utilizados, bem como os procedimentos, protocolos de realização e avaliação das variáveis além da análise estatística de dados.

### 3.2 Concepção Experimental

O presente estudo tem um carácter transversal, descritivo e comparativo. O CMO, AO foram analisados relativamente à MM (CMO/MM e AO/MM) e à altura (CMO/altura e AO/altura), com o objectivo de caracterizar e comparar a relação entre a componente óssea e a componente muscular. Foi feita a análise dos efeitos da condição (atletas vs. não atletas) e do género (rapazes vs. raparigas), assim como da interacção entre a condição e o género.

### 3.3 Amostra

A amostra original para este estudo foi constituída por 260 atletas (120 *raparigas* e 140 *rapazes*) de diferentes modalidades e um grupo controlo abrangendo 458 (272 *raparigas* e 186 *rapazes*) dentro de uma faixa etária de 10-33 anos de idade.

A selecção da amostra foi feita a partir do banco de dados da DXA do laboratório de exercício e saúde da Faculdade de Motricidade Humana, incluindo atletas de diferentes modalidades e não atletas. Foram excluídos todos indivíduos que apresentaram qualquer tipo de doença/deficiência afim de não interferir nos resultados.

### 3.4 Instrumentos e Equipamento Utilizado

Para medição da altura foi utilizado um estadiometro com aproximações de 0,1 cm, em que o sujeito é medido em posição erecta e descalço. O peso corporal foi determinado em quilogramas com aproximações de 0,1 kg, utilizando uma balança electrónica da marca Seca. O IMC foi calculado a partir da razão peso/altura ( $\text{kg/m}^2$ ).

A composição corporal total e regional, particularmente, a MG e a MM bem como o CMO, AO e DMO foram avaliados utilizando a absorciometria de raio X de dupla energia (DXA) (QDR-1500; Hologic, Waltham, MA; pênsil bean mode, software version 5.67 enhanced whole body analysis). Este equipamento permite a realização de avaliações regionais e corporal total, tendo sido realizado no presente estudo um exame de corpo inteiro.

### 3.5 Análise Estatística

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versão 15.0 para Windows. Nesta análise, descreve-se e caracteriza-se a amostra pela comparação dos dois grupos, nomeadamente o grupo de atletas e controlo (não atletas).

Na descrição e caracterização da amostra foram utilizadas medidas de localização central (média) e dispersão (desvio padrão). Os valores de “p” reportados referem-se sempre a testes bilaterais, tendo sido considerado como evidência de efeito estatisticamente significativo o valor de  $p < 0,05$ .

Utilizou-se análise de covariância (ANCOVA) para analisar os efeitos principais e interações de condição (atleta vs. controlo) e género (rapazes vs. raparigas) no CMO, AO, CMO/MM, AO/MM, CMO/altura corporal e AO/altura corporal. As análises do CMO e da AO foram ajustadas para o peso e para a altura corporal, as análises do CMO/MM e da AO/MM foram ajustadas para a altura corporal e as análises do CMO/altura corporal e da AO/altura corporal foram ajustadas para peso corporal.

Para calcular as diferenças das variáveis ósseas em termos percentuais entre os grupos, foi utilizada seguinte fórmula:

$$((\text{média atleta} - \text{média controlo}) / \text{média do controlo}) \times 100$$





## Capítulo 4 – Resultados

### 4.1 Introdução

Este estudo teve como objectivo comparar o desenvolvimento ósseo e a sua relação com o desenvolvimento muscular entre atletas e não atletas de ambos os géneros. Especificamente pretendeu-se comparar o CMO, a área óssea e as relações do CMO bem como da área óssea por altura e por massa magra.

Neste capítulo apresentam-se quadros com a síntese dos resultados obtidos para os diferentes aspectos analisados; consideramos os valores da média e desvio padrão em cada grupo (atletas e não atletas).

Os dados analisados nos testes são apresentados em momentos distintos. Primeiramente é abordada de forma descritiva a característica da amostra com os seguintes dados: Idade, peso, altura, IMC, massa gorda total e massa magra.

Posteriormente são apresentados as medidas das variáveis ósseas do corpo inteiro. Em seguida, ainda no que se refere as variáveis ósseas, são também apresentadas as razões entre as variáveis CMO/altura, CMO/MM, AO/altura e AO/MM.

Numa quarta análise, apresenta-se os principais efeitos e interacções do género e condição sobre as variáveis ósseas, com ajustes para altura, peso e para ambas variáveis.

## 4.2 Caracterização da Amostra

A idade e a composição corporal dos dois grupos, nomeadamente, a média e desvio padrão, e as diferenças entre os grupos são apresentadas na tabela 1. O primeiro grupo é composto por atletas de diferentes modalidades com uma média de idade de 18,3 anos para raparigas e 18,8 anos para os rapazes. O segundo grupo é constituído por participantes não atletas com idade média de 17,7 anos para raparigas e 17,9 anos para os rapazes. As idades compreendidas em ambos grupos apresentam uma amplitude entre os 10 e 33 anos.

Os rapazes atletas e não atletas apresentam valores mais elevados em todas as variáveis de composição corporal, comparados com as raparigas, à excepção da percentagem de massa gorda, em que as raparigas atletas e não atletas apresentam maiores valores nesta variável em relação aos rapazes (23,8 vs. 11,5% e 32,3 vs. 18,0%). Em relação aos valores do IMC, embora sejam maiores nos rapazes em relação às raparigas de ambos os grupos, estes valores não diferem significativamente no grupo controlo (22,8 vs. 23,1 kg/m<sup>2</sup>, p=0,475). Observa-se também que não há diferenças de IMC entre os rapazes atletas e não atletas (22,8 vs. 23,1 kg/m<sup>2</sup>, p=0,475). Contrariamente, observa-se diferenças entre raparigas atletas e não atletas, em que as raparigas do grupo controlo demonstram valores superiores aos valores das atletas (22,8 vs. 21,7 kg/m<sup>2</sup>, p=0,009).

Embora a média de peso corporal seja maior nos atletas comparativamente aos não atletas em ambos os géneros, esta superioridade deve-se principalmente à quantidade de massa magra apresentada pelo grupo de atletas, sendo que as raparigas e os rapazes apresentam respectivamente 6,4 kg e 7,7 kg a mais que as raparigas e rapazes do grupo controlo.

**Tabela 1** – Caracterização da amostra: idade e composição corporal

	N	Atletas	N	Controlo	P-values
<b>Idade</b>					
Raparigas	120	18,3±4	272	17,7±6	0,363
Rapazes	140	18,8±3,9	186	17,9±4,8	0,086
P-value, ♂ vs. ♀		0,300		0,707	-
<b>Peso (Kg)</b>					
Raparigas	120	58,6±11	272	57,1±14,1	0,323
Rapazes	140	70,0±10,1	186	65,9±16,2	0,008
P-value, ♂ vs. ♀		<0,001		<0,001	-
<b>Altura (m)</b>					
Raparigas	120	1,65±0,1	272	1,58±0,1	<0,001
Rapazes	140	1,75±0,1	186	1,68±0,1	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀		<0,001		<0,001	-
<b>IMC</b>					
Raparigas	120	21,7±2,2	272	22,8±4,3	0,009
Rapazes	140	22,8±2,2	186	23,1±4,3	0,475
P-value, ♂ vs. ♀		<0,001		0,475	-
<b>Massa gorda total (%)</b>					
Raparigas	120	23,8±6,4	272	32,3±8,6	<0,001
Rapazes	140	11,5±6	186	18,0±10,1	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀		<0,001		<0,001	-
<b>Massa magra (kg)</b>					
Raparigas	120	42,0±7,7	272	35,6±5,8	<0,001
Rapazes	140	58,6±7,9	186	50,9±11,8	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀		<0,001		<0,001	-

IMC, Índice de Massa Corporal; ♂, Rapazes; ♀, Raparigas

Relativamente aos valores das variáveis ósseas do exame de corpo inteiro, os atletas de ambos os géneros apresentam valores mais elevados de DMO, AO, CMO que o grupo de não atletas. Quanto ao género, verifica-se que os rapazes tanto do grupo dos atletas quanto do grupo de não atletas, apresentam valores mais elevados que as raparigas nas medidas ósseas totais (tabela 2).

**Tabela 2** – Caracterização da amostra: densidade, conteúdo mineral e área óssea do corpo inteiro

	<b>Atletas</b>	<b>Controlo</b>	<b>Diferença%</b>	<b>P-values</b>
<b>DMOt (g/cm<sup>2</sup>)</b>				
Raparigas	1,22±0,10	1,11±0,12	9,4	<0,001
Rapazes	1,37±0,14	1,23±0,17	12,0	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-
<b>CMOt (g)</b>				
Raparigas	2470±492	2071±503	19,3	<0,001
Rapazes	3200±590	2651±752	20,7	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-
<b>AOt (cm<sup>2</sup>)</b>				
Raparigas	2005,8±264	1829,1±276	9,7	<0,001
Rapazes	2307,3±237	2115,4±338	9,1	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-

*DMOt, Densidade mineral óssea total; CMOt, Conteúdo mineral ósseo total; AOt, Área óssea total; ♂, Rapazes; ♀, Raparigas*

### 4.3 Relação entre mineral ósseo, dimensão do esqueleto e massa magra

As relações entre as medidas ósseas, (CMO e AO), a altura corporal e variáveis de composição corporal, especificamente a massa magra, são apresentadas na tabela 3. Observou-se que o grupo de atletas apresentou superioridade em todas as razões equiparado ao grupo de controlo em ambos os géneros, à excepção da AO/MM, pois tanto as raparigas quanto os rapazes do grupo dos atletas apresentaram menores valores comparado aos respectivos géneros do grupo de controlo, com diferenças significativas entre

os rapazes (39,6 vs. 42,4 cm<sup>2</sup>/kg; p<0,001), porém semelhantes no género feminino (50,3 vs. 51,4cm<sup>2</sup>/kg; p=509). Analisando as diferenças por género, os rapazes apresentam valores mais elevados que as raparigas nas razões de CMO/altura, AO/altura e MM/altura, enquanto que as raparigas apresentam valores mais elevados nas razões CMO/MM e AO/MM. Estes resultados demonstram que as raparigas apresentam maiores concentrações de mineral ósseo por quilograma de massa magra ao nível do corpo inteiro comparado aos rapazes, sendo observado esta manifestação tanto no grupo controlo quanto no grupo de atletas.

**Tabela 3** – Relação entre variáveis ósseas, altura corporal e composição corporal

	Atletas	Controlo	Diferença%	P-values
<b>CMOt/altura (g/cm)</b>				
Raparigas	14,86±2,3	12,99±2,7	14,4	<0,001
Rapazes	18,14±2,8	15,53±3,7	16,8	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-
<b>CMOt/MM (g/kg)</b>				
Raparigas	61,3±33	57,4±7,1	6,8	0,072
Rapazes	54,3±5,2	51,5±5,2	5,4	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	0,017	<0,001	-	-
<b>AOt/altura (cm<sup>2</sup>/cm)</b>				
Raparigas	12,1±1	11,5±1,2	5,1	<0,001
Rapazes	13,1±1	12,4±1,3	5,2	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-
<b>AOt/MM(cm<sup>2</sup>/kg)</b>				
Raparigas	50,3±27	51,4±3,4	-2,2	0,509
Rapazes	39,6±2,6	42,4±4,4	-6,6	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-
<b>MM/altura (g/cm)</b>				
Raparigas	253,1±37,7	224,6±28,9	12,6	<0,001
Rapazes	332,9±34,9	299,3±56,6	11,2	<0,001
P-value, ♂ vs. ♀	<0,001	<0,001	-	-

CMOt, Conteúdo mineral ósseo total; AOt, Área óssea total; ♂, Rapazes; ♀, Raparigas

## 4.4 Efeitos principais e interacções de género e condição no mineral ósseo e composição corporal

Os principais efeitos e interacções da condição (atleta vs. não atleta) e do género (rapazes vs. raparigas) no mineral ósseo, composição corporal, são apresentados na tabela 4. Observou-se um efeito da condição, em que os atletas apresentam valores mais elevados que os não atletas de DMO (1,263 vs. 1,187 g/cm<sup>2</sup>, p<0,001), CMO (2650,3 vs. 2432,3 g, p<0,001), AO (2058,2 vs. 2010,1 cm<sup>2</sup>, p<0,001), bem como nas razões CMO/altura corporal (16,1 vs. 14,3 g/cm, p<0,001), AO/altura corporal (12,42 vs. 12,05 cm<sup>2</sup>/cm, p<0,001) e MM/altura (287,7 vs. 263,6 g/cm, p<0,001).

Ao analisar o efeito do género, observou-se que os rapazes, em que apresentaram valores superiores às raparigas de DMO (1,242 vs. 1,207 g/cm<sup>2</sup>, p<0,001), CMO (2614 vs. 2468 g, p<0,001), AO (2047 vs. 2021 cm<sup>2</sup>, p=0,001), CMO/altura corporal (15,8 vs. 14,6 g/cm, p<0,001), AO/altura corporal (12,3 vs. 12,1 cm<sup>2</sup>/cm, p<0,001) e MM/altura (303,1 vs. 248,2 g/cm, p<0,001). As raparigas, apresentaram contudo valores superiores de CMO/MM (60,5 vs. 51,1 g/kg, p<0,001) e AO/MM (50,4 vs. 41,9 cm<sup>2</sup>/kg, p<0,001).

Um efeito de interacção entre a condição e o género foi encontrado para a DMO (p=0,039) e para o CMO (p=0,023).

**Tabela 4** – Efeitos principais e interações do género e da condição no mineral ósseo e na composição corporal

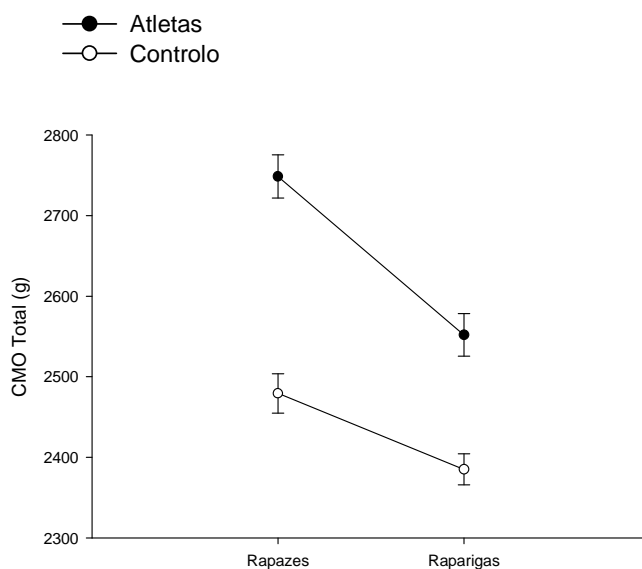
	Género			Condição			Interação
	Rapazes	Raparigas	<i>P</i>	Atletas	Não atletas	<i>P</i>	<i>P</i>
DMO Total* (g/cm <sup>2</sup> )	1,242±0,01	1,207±0,01	<0,001	1,263±0,01	1,187±0,01	<0,001	0,039
CMO Total* (g)	2614±17	2468±16	<0,001	2650,3±18	2432,3±13	<0,001	0,023
AO Total* (cm <sup>2</sup> )	2047±5,0	2021±5,0	0,001	2058,2±5	2010,1±4,0	<0,001	0,549
CMO total/altura** (g/cm)	15,8±0,1	14,6±0,1	<0,001	16,1±0,1	14,3±1	<0,001	0,242
AO total/alt** (cm <sup>2</sup> /cm)	12,3±0,1	12,1±0,1	<0,001	12,42±0,1	12,05±0,1	<0,001	0,190
MM/alt** (g/cm)	303,1±1	248,2±1	<0,001	287,7±1,6	263,6±1,2	<0,001	0,986
CMO/MM*** (g/kg)	51,1±1	60,5±1	<0,001	56,4±1	55,1±1	0,258	0,640
AO Total/MM*** (cm <sup>2</sup> /kg)	41,9±1	50,4±1	<0,001	45,64±0,7	46,68±0,5	0,286	0,363

\* Ajuste para peso e altura

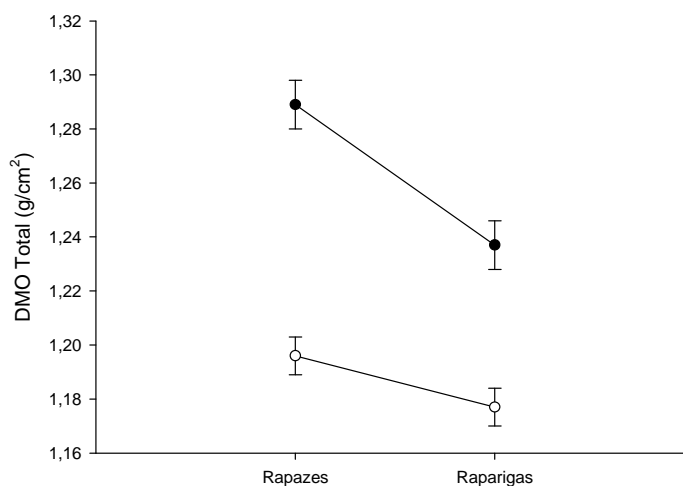
\*\* Ajuste apenas para o peso

\*\*\* Ajuste apenas para a altura

As figuras 2 e 3 demonstram as interações de género e condição no osso, onde pode ser constatado que os rapazes atletas de diferentes modalidades, apresentam valores superiores de CMO total e DMO total que as raparigas atletas.



**Figura 2** – Efeitos da interação do género (feminino vs. masculino) e da condição (atletas vs. não atletas) no CMO do corpo inteiro



**Figura 3** – Efeitos da interação do género (feminino vs. masculino) e da condição (atletas vs. não atletas) na DMO do corpo inteiro





## Capítulo 5 – Discussão

Este estudo teve como objectivo comparar o desenvolvimento ósseo e a sua relação com o desenvolvimento muscular entre atletas e não atletas de ambos os géneros. Especificamente pretendeu-se comparar o CMO, a área óssea e as relações do CMO e da área óssea com a altura e com a massa magra.

A discussão dos resultados obtidos com a análise estatística efectuada é apresentada de acordo com as hipóteses elaboradas inicialmente. Em seguida é feita a comparação dos resultados obtidos com os de outros estudos identificados na revisão de literatura, uma vez que a comparação dos presentes resultados com os de outros investigadores estabelece um procedimento fundamental para identificar e explicar as semelhanças e diferenças entre os mesmos.

Um facto relevante salientado na discussão, deve-se a falta de pesquisas sobre a variação das dimensões ósseas. A grande maioria dos estudos prospectivos e transversais são sobretudo centrados na acumulação e na perda da massa óssea em diferentes grupos e em ambos géneros, partindo das divergências de factores que influenciam tal manifestação (genéticos, hormonais, mecânicos e ambientais). Nesse sentido, apresenta-se a discussão dos presentes resultados com base nos estudos encontrados.

Os principais resultados deste estudo foram:

(1) Os atletas apresentaram valores mais elevados de CMO, AO e MM em relação aos não atletas, assim como os rapazes apresentaram valores mais elevados nestas variáveis comparativamente as raparigas;

(2) O equilíbrio músculo-osso, nomeadamente CMO/MM e AO/MM foram semelhantes entre atletas e não atletas, no entanto foram maiores nas raparigas comparativamente aos rapazes;

(3) Referente às variáveis do CMOT e da DMOT, os rapazes parecem beneficiar mais da prática desportiva do que as raparigas.

No presente estudo, observou-se que os atletas de ambos os géneros apresentaram maiores níveis de massa magra do que os não atletas, assim como níveis mais elevados do CMO e da AO ao nível do corpo inteiro. Porém ao verificar as relações entre CMO, AO e massa magra, verificou-se que os atletas apresentam valores semelhantes aos não atletas. Esta constatação confirma a primeira hipótese, em que atletas tanto do género masculino quanto feminino apresentam valores mais elevados da massa magra em relação aos não atletas. Tal superioridade é também constatada nas variáveis ósseas, especificamente no CMOT e na DMOT.

No que se refere à segunda hipótese, esta se demonstrou incorrecta, uma vez que mesmo sendo constatado a superioridade dos níveis de massa magra e massa óssea nos indivíduos do sexo masculino comparativamente ao sexo feminino, os rapazes apresentaram menores concentrações de mineral ósseo por quilograma de massa magra ao nível do corpo inteiro. Esta observação significa que, apesar da massa magra estar positivamente associado à massa óssea em ambos os géneros, as raparigas demonstram maiores quantidades de massa óssea para mesma quantidade de massa magra comparativamente aos rapazes.

Alguns estudos relacionando a prática desportiva com o mineral ósseo, evidenciam valores mais elevados de massa óssea nos atletas comparativamente aos não atletas ao nível do corpo inteiro (Pettersson et al., 2000; Wittich et al., 1998), bem como da massa magra (Magkos et al., 2007).

No presente estudo, observa-se que os atletas demonstraram valores mais elevados de CMO, AO e DMO que os não atletas. Ao analisar os dados da

composição corporal, observou-se que o grupo dos atletas apresentaram uma menor percentagem de massa gorda e uma maior quantidade de massa magra do que o grupo de controlo, e que os rapazes apresentaram valores superiores de massa magra comparativamente às raparigas. Por outro lado, as raparigas apresentaram valores mais elevados de massa gorda tanto no grupo de atletas quanto no grupo de controlo.

Estes resultados assemelham-se aos resultados de Wittich et al., (1998), que encontraram maiores valores nas variáveis ósseas (CMOt, DMOt, AOt) do grupo de jogadores de futebol comparativamente a um grupo de controlo, sendo todos do género masculino. As diferenças entre os grupos são significativas apenas ao nível do corpo inteiro e dos membros inferiores.

Petterson et al., (2000), também apresentam resultados semelhantes, mas em raparigas, em que as atletas de “rope skippers” apresentam resultados superiores nas variáveis de CMOt, AOt e DMOt quando comparados com raparigas não atletas. Neste estudo todavia, não foram observadas diferenças nestas variáveis entre jogadoras de futebol e o grupo de controlo.

As diferenças encontradas nas variáveis ósseas (CMOt, AOt e DMOt), do grupo de atletas equiparado ao grupo controlo do estudo de Wittich et al., (1998), assim como as diferenças encontradas por Petterson et al., (2000), no grupo de “rope skippers” em relação ao grupo controlo, pode ser explicado pela intensidade da carga mecânica associada aos treinos nestas modalidades, a qual envolve diferentes regiões corporais pela diversidade de movimentos realizados. Ambos os desportos proporcionam também maiores ganhos de massa magra, o que influencia a mineralização óssea, principalmente nos locais mais solicitados. O “rope skippers” consiste em saltos de corda que são coreografados. Diferentemente do futebol, que apesar de envolver variadas intensidade de corridas, mudanças de direcção corporal, saltos, além de outros aspectos de habilidade motora, concentra suas actividades nos membros inferiores, o que pode explicar os altos valores das variáveis ósseas encontradas nestes membros nas jogadoras de futebol. Entretanto, as diferenças encontradas entre o grupo de futebolistas masculinos mas não

femininos e os respectivos grupos de controlo, podem ser devidas a diferenças de género, uma vez que na modalidade de futebol, a prática profissional e amadora é mais intensa no género masculino. No presente estudo, apesar das modalidades desportivas não terem sido identificadas, tratam-se de atletas de alta competição, com cargas de treinos muito intensas e de elevados volume, o que pode ter contribuído para os resultados mais elevados ao nível do CMOt, AOt e DMOt dos atletas comparativamente ao grupo de controlo.

A semelhança dos resultados obtidos no presente estudo, relativamente ao CMOt, AOt e DMOt, e o estudo de Wittich et al., (1998), também pode ser explicada pela variedade de modalidades desportivas abrangidas, uma vez que as exigências mecânicas apesar de diferirem entre os desportos, os respectivos potenciais ganhos de massa óssea associados foram analisados em conjunto. No presente estudo, as atletas revelaram valores mais elevados do que as não atletas nas variáveis ósseas do corpo inteiro. Estes resultados diferem dos de Petterson et al., (2000), que não observaram diferenças significativas. Este facto pode ser devido a diferenças de intensidade e volume de treinos das praticantes de futebol com as praticantes de diversas modalidades incluídas no presente estudo.

Diferenças sexuais entre as associações do CMO e da massa magra têm sido encontradas em alguns estudos (Crabtree et al., 2004; Ferretti et al., 1998; Hogler et al., 2003). Estes investigadores observaram maiores quantidades de CMO associados aos aumentos da massa magra tanto em rapazes quanto em raparigas, sendo que as raparigas apresentaram maiores quantidades de CMO comparativamente aos rapazes.

No estudo de Crabtree et al., (2004), apesar dos rapazes apresentarem maior massa magra em relação as raparigas da mesma altura, as raparigas demonstraram mais mineral ósseo por unidade de massa magra, a partir dos 35 kg de massa magra. A prevalência de mineral ósseo por quilograma de massa magra nas raparigas é também evidente no estudo de Ferretti et al., (1998), onde as raparigas demonstraram mais mineral ósseo do que rapazes com semelhante massa magra. No entanto, esta superioridade apresentada

pelas raparigas em relação aos rapazes, permaneceu até o atingir da menopausa.

Também em acordo com os resultados do presente estudo, Högler et al., (2003), ao examinarem a relação entre o conteúdo mineral ósseo e a massa magra, usando densitometria radiológica de dupla energia, encontraram diferenças sexuais na relação entre a massa magra e o mineral ósseo, em que as raparigas apresentaram valores mais elevados do conteúdo mineral ósseo por quilograma de massa magra comparativamente aos rapazes, com diferenças significativas a partir dos 31kg de massa magra, porém, uma vez que as raparigas com massa magra igual ou superior a 31kg eram mais altas e mais velhas que os rapazes, a razão CMO/MM foi ajustada para idade e altura. Estas diferenças foram mantidas mesmo depois de ajustado para as referidas variáveis, com as raparigas apresentando valores mais elevados na razão de CMO/MM do que os rapazes.

A superioridade da relação CMO à massa magra observada nas raparigas comparativamente aos rapazes no presente estudo, está de acordo com resultados dos estudos anteriormente citados. Esta observação pode ser explicada pela possível contribuição de outros factores com por exemplo, a percentagem de massa gorda, a qual foi superior nas raparigas em relação aos rapazes. Recentemente, estudos tem reportado que a massa gorda apresenta forte relação com a massa óssea, sendo de maior importância em mulheres que em homens (Lim et al., 2004; Pluijm et al., 2001). A contribuição da massa gorda juntamente com a massa magra no metabolismo ósseo, pode favorecer as raparigas, uma vez que os rapazes por apresentarem menor percentagem de massa gorda tendem a apresentar uma influência reduzida por parte desta componente na mineralização óssea.

Gjsdal et al., (2008), encontrou diferenças de massa óssea por unidade de massa magra e de massa gorda em ambos os géneros, não havendo diferenças entre o aumento da massa óssea associado a MM entre os homens e as mulheres. Por outro lado, a diferença da massa óssea associado a massa gorda foi significativamente superior nas mulheres do que nos homens. Young

et al. (2001), verificaram em 285 gêmeas de 8 a 25 anos de idade, que a massa magra representava o principal determinante na aquisição de massa óssea durante a puberdade, e após esta fase, a massa gorda apresentava maior importância sobre a massa óssea. Estas observações evidenciam uma menor importância da contribuição da massa gorda na massa óssea em homens comparativamente às mulheres.

Douchi et al., (2000) salientam que uma maior quantidade de massa gorda contribui para aumentos na concentração circulante de hormonas sexuais, as quais influenciam positivamente a massa óssea tanto em mulheres pré como pós menopáusicas.

Em raparigas púberes, o aumento na circulação dos níveis de estrogénios parece alterar o limiar de modelação óssea e condicionar o aumento da massa óssea a uma taxa maior que em rapazes púberes com massa muscular semelhante (Crabtree et al., 2004).

Considerando que a massa magra representa a massa muscular, a forte relação da massa magra e da massa óssea apresentados neste estudo, concorda com a teoria do mecanostato, a qual prediz que o aumento da massa muscular (e assim da força muscular), durante o desenvolvimento, cria um estímulo para o aumento da massa óssea (e assim da força óssea) (Rauch et al., 2004). No presente estudo, os atletas apresentaram maior massa muscular e massa óssea do que os não atletas. Valores mais elevados a nível da massa óssea podem advir de diferentes factores, como a prática desportiva regular, mas também pode estar associada a maior massa muscular que é adquirida com a prática desportiva.

Analisando a relação AO/altura que estabelece a definição de ossos largos ou estreitos, os rapazes demonstraram valores mais elevados que as raparigas. Estes resultados estão de acordo com os de Höglér et al., (2003), em que os rapazes também demonstraram valores mais elevados para alturas superiores a 165 cm. Contrariamente, os resultados do presente estudo contrastam com os resultados de Molgaard et al., (1997), em que as raparigas apresentaram

maiores razões de AO/altura do que os rapazes. Estas discrepâncias podem ser explicadas pelas diferentes populações estudadas. A análise destas variáveis em função da prática desportiva, favorece os atletas comparativamente ao grupo controlo, porém, não foi encontrado na literatura, dados de referência entre grupos de atletas e não atletas para que pudessem ser feitas as devidas comparações entre os estudos. No entanto, é de supor que estes resultados tendem a ser maiores nos atletas devido a maiores cargas mecânicas, impondo ao esqueleto a necessidade de adaptação da sua dimensão.

A relação MM/altura, a qual se refere ao desenvolvimento muscular, foi significativamente maior nos rapazes comparativamente às raparigas, tanto no grupo de atletas quanto no grupo de não atletas. Esta relação, ainda que pouco investigada (Crabtree et al., 2004; Hogler et al., 2003; Schoenau et al., 2002), parece ser relevante, considerando que sujeitos com pouca massa muscular para altura, podem apresentar proporcionalmente menor quantidade de CMO, (Schoenau et al., 2002). Os resultados deste estudo concordam com os de Högler et al., (2003), em que os rapazes apresentaram valores mais elevados na razão MM/altura do que as raparigas, porém valores mais baixo para razão de CMO/MM. Salienta-se que rapazes e raparigas apresentam seus desenvolvimentos corporais em períodos distintos, o que pode resultar em diferenças da MM e da altura em idades semelhantes, assim como a maturação esquelética, a qual pode ser acelerada nas raparigas em relação aos rapazes da mesma idade e com semelhante massa magra.

Relativamente à razão AO/MM, a qual estabelece a relação da largura óssea em função da massa magra, contribuindo também para o equilíbrio músculo-osso, não se encontraram referências na literatura. Esta relação parece ser todavia relevante, uma vez que a AO está directamente associada à mineralização do esqueleto. Apesar dos rapazes apresentarem maiores quantidades de massa magra comparativamente as raparigas, assim como os atletas em comparação aos não atletas, os resultados indicaram que as raparigas demonstram valores superiores aos rapazes, apresentando ossos



mais largos por quilograma de massa magra. Os atletas apresentaram porém, valores semelhantes aos não atletas.

Relativamente à interacção do género e da condição no osso, observou-se um efeito ao nível do CMOt e da DMOt, em que os rapazes revelaram maiores benefícios da prática desportiva do que as raparigas apresentando valores mais elevados em ambas variáveis.



## Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações

### 6.1 Conclusões

O objectivo geral deste trabalho foi comparar o desenvolvimento ósseo e sua relação com o desenvolvimento muscular de atletas e de não atletas de ambos os géneros.

Salienta-se que em geral, o grupo dos atletas apresentaram resultados superiores ao grupo dos não atletas nas variáveis referentes ao desenvolvimento ósseo e muscular, excepto a razão AO/MM, em que o grupo controlo apresentou valores mais elevados comparativamente ao grupo dos atletas, sendo que os resultados foram significativos apenas no sexo masculino.

Com base nos objectivos propostos e nas hipóteses sugeridas no início deste estudo, foi possível concluir a partir dos resultados aqui apresentados, que:

- No que se refere ao desenvolvimento ósseo e da sua relação com o desenvolvimento muscular entre atletas e não atletas de ambos os géneros, não foi encontrada diferença do equilíbrio músculo-osso, nomeadamente das razões CMO/MM e AO/MM entre atletas e não atletas. Entretanto, em relação ao género, foi encontrada diferença entre os rapazes e as raparigas, em que as raparigas apresentaram valores superiores comparativamente aos rapazes, sugerindo que apesar da relação existente entre o desenvolvimento ósseo e muscular em ambos os géneros, as raparigas tendem a apresentar uma relação mais forte que os rapazes.
- Em relação à primeira hipótese, foi encontrada uma diferença entre atletas e não atletas relativamente à massa magra, onde de facto se constaram valores mais elevados nos atletas comparativamente aos

não atletas. Foi também encontrada diferença das variáveis ósseas entre os grupos, com os atletas apresentando resultados superiores do CMOt, da DMOt e da AOt.

- Relativamente à segunda hipótese, foram encontradas diferenças entre a massa magra dos rapazes e das raparigas, tendo os rapazes valores superiores às raparigas. No entanto, as raparigas apresentaram maiores quantidades de mineral ósseo para a mesma quantidade de massa magra ao nível do corpo inteiro. Estes resultados indicam que a massa óssea superior nos rapazes em relação as raparigas não se justificam apenas pela quantidade de massa magra, que também se revelou superior no género masculino, uma vez que a influência desta na mineralização do tecido ósseo, é maior no género feminino.

Este estudo contribui para uma melhor compreensão da relação entre variáveis ósseas, especificamente CMO e AO, com a massa magra, em atletas e não atletas de ambos os géneros, analisando o equilíbrio ou a relação entre o músculo e o osso. Especificamente, evidenciou uma importante contribuição da massa magra (ou seja, da massa muscular) no CMO de raparigas comparativamente aos rapazes. Adicionalmente e pela primeira vez foi observado que os rapazes podem se beneficiar mais da prática desportiva do que as raparigas.

## 6.2 Recomendações

O desenvolvimento muscular tem se demonstrado fundamental na aquisição e manutenção do mineral ósseo ao longo da vida, contribuindo assim para diminuição da degeneração óssea e prevenindo o esqueleto dos malefícios associados ao envelhecimento. No entanto, o desenvolvimento muscular está muito relacionado com a prática de exercício físico ou desportivo. Nesse contexto e diante da variedade de exercício físico e prática desportiva, há

necessidade de estudar de maneira mais detalhada a relação da massa magra e da massa óssea em diferentes desportos, distinguindo as exigências físicas desportivas, participação dos membros superiores, inferiores e do corpo inteiro, bem como as respostas ósseas perante a quantidade de massa magra manifestada nos diferentes desportos.



---

## Referências

- Bailey, D., & Martin, A. (2003). Actividade física y salud del esqueleto en adolescentes. *standardpubliCE*, Pid: 162.
- Banovac, K., & Koren, E. (2000). Triiodothyronine stimulates the release of membrane-bound alkaline phosphatase in osteoblastic cells. *Calcif Tissue Int*, *67*, 460-465.
- Barkai, H. S., Nichols, J. F., Rauh, M. J., Barrack, M. T., Lawson, M. J., & Levy, S. S. (2007). Influence of sports participation and menarche on bone mineral density of female high school athletes. *J Sci Med Sport*, *10*, 170-179.
- Braillon, P. M., & Serban, A. (2007). Bone mineral content and body composition in overweight children and adolescents. *Pediatr Res*, *62*, 462-467.
- Campos, L., Liphaut, B., Silva, C., & Pereira, R. (2003). Osteoporose na infância e na adolescência. *J Pediatr*, *79*, 481-488.
- Castro, M. (2004). Por que medir densidade mineral óssea em crianças e adolescentes? *J Pediatr*, *80*, 439-440.
- Chaves, L., Gomes, L., Oliveira, R., & Marques, M. (2005). Relação entre variáveis da composição corporal e densidade mineral óssea em mulheres idosas. *Rev. Bras Med Esporte*, *11*, 352-356.
- Chen, Z., Lohman, T. G., Stini, W. A., Ritenbaugh, C., & Aickin, M. (1997). Fat or lean tissue mass: which one is the major determinant of bone mineral mass in healthy postmenopausal women? *J Bone Miner Res*, *12*, 144-151.
- Crabtree, N. J., Kibirige, M. S., Fordham, J. N., Banks, L. M., Muntoni, F., Chinn, D., et al. (2004). The relationship between lean body mass and bone mineral content in paediatric health and disease. *Bone*, *35*, 965-972.
- Cui, L. H., Shin, M. H., Kweon, S. S., Park, K. S., Lee, Y. H., Chung, E. K., et al. (2007). Relative contribution of body composition to bone mineral density at different sites in men and women of South Korea. *J Bone Miner Metab*, *25*, 165-171.
- Damsgaard, R., Bencke, J., Matthiesen, G., Petersen, J. H., & Muller, J. (2000). Is prepubertal growth adversely affected by sport? *Med Sci Sports Exerc*, *32*, 1698-1703.

- 
- Di Monaco, M., Vallero, F., Di Monaco, R., Tappero, R., & Cavanna, A. (2007). Skeletal muscle mass, fat mass, and hip bone mineral density in elderly women with hip fracture. *J Bone Miner Metab*, *25*, 237-242.
- Douchi, T., Kuwahata, R., Matsuo, T., Uto, H., Oki, T., & Nagata, Y. (2003). Relative contribution of lean and fat mass component to bone mineral density in males. *J Bone Miner Metab*, *21*, 17-21.
- Douchi, T., Yamamoto, S., Nakamura, S., Oki, T., Matura, K., Nakae, M., et al. (1998). Lean mass as a significant determinant of regional and total body bone mineral density in premenopausal women. *J Bone Miner Metab*, *20*, 16-17.
- Douchi, T., Yamamoto, S., Oki, T., Maruta, K., Kuwahata, R., Yamasaki, H., et al. (2000). Difference in the effect of adiposity on bone density between pre- and postmenopausal women. *Maturitas*, *34*, 261-266.
- Evans, E. M., Prior, B. M., Arngrimsson, S. A., Modlesky, C. M., & Cureton, K. J. (2001). Relation of bone mineral density and content to mineral content and density of the fat-free mass. *J Appl Physiol*, *91*, 2166-2172.
- Ferretti, J. L., Capozza, R. F., Cointry, G. R., Garcia, S. L., Plotkin, H., Alvarez Filgueira, M. L., et al. (1998). Gender-related differences in the relationship between densitometric values of whole-body bone mineral content and lean body mass in humans between 2 and 87 years of age. *Bone*, *22*, 683-690.
- Frazão, P., & Naveira, M. (2007). Fatores associados à baixa densidade mineral óssea em mulheres brancas. *Rev Saúde Pública*, *41*, 740-748.
- Fredericson, M., Chew, K., Ngo, J., Cleek, T., Kiratli, J., & Cobb, K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *Br J Sports Med*, *41*, 664-668; discussion 668.
- Frost, H. M., & Schonau, E. (2000). The "muscle-bone unit" in children and adolescents: a 2000 overview. *J Pediatr Endocrinol Metab*, *13*, 571-590.
- Gali, J. (2001). Osteoporose. *Acta Ortop Bras*, *9*, 3-12.
- Gjesdal, C. G., Halse, J. I., Eide, G. E., Brun, J. G., & Tell, G. S. (2008). Impact of lean mass and fat mass on bone mineral density: The Hordaland Health Study. *Maturitas*, *59*, 191-200.
- Gnudi, S., Sitta, E., & Fiumi, N. (2007). Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass. *J Bone Miner Metab*, *25*, 326-332.



- Gremion, G., Rizzoli, R., Slosman, D., Theintz, G., & Bonjour, J. P. (2001). Oligo-amenorrheic long-distance runners may lose more bone in spine than in femur. *Med Sci Sports Exerc*, *33*, 15-21.
- Hogler, W., Briody, J., Woodhead, H. J., Chan, A., & Cowell, C. T. (2003). Importance of lean mass in the interpretation of total body densitometry in children and adolescents. *J Pediatr*, *143*, 81-88.
- Jürimäe, T., Sööt, T., & Jürimäe, J. (2005). Relationships of anthropometrical parameters and body composition with bone mineral content or density in young women with different levels of physical activity. *J Appl Physiol Appl Human*, *24*, 579-587.
- Karlsson, M. K., Magnusson, H., Karlsson, C., & Seeman, E. (2001). The duration of exercise as a regulator of bone mass. *Bone*, *28*, 128-132.
- Laing, E. M., Massoni, J. A., Nickols-Richardson, S. M., Modlesky, C. M., O'Connor, P. J., & Lewis, R. D. (2002). A prospective study of bone mass and body composition in female adolescent gymnasts. *J Pediatr*, *141*, 211-216.
- Landoll, J., Barden, H., Wacker, W., King, W., Kissel, J., Faulkner, K., et al. (2004). Skeletal Assessment In Duchenne Muscular Dystrophy Using New DXA Pediatric Tools. *J Bone Miner Res*, *19*(suppl 1), S470.
- Lim, S., Joung, H., Shin, C. S., Lee, H. K., Kim, K. S., Shin, E. K., et al. (2004). Body composition changes with age have gender-specific impacts on bone mineral density. *Bone*, *35*, 792-798.
- Litaker, M. S., Barbeau, P., Humphries, M. C., & Gutin, B. (2003). Comparison of Hologic QDR-1000/W and 4500W DXA Scanners in 13- to 18-Year Olds. *Obes Res*, *11*, 1545-1552.
- Mackelvie, K.J., Khan, K.M., & McKay, H. A. (2002) Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a ystematic review. *Br J Sports Med*, *36*, 250-257; discussion 257.
- Magkos, F., Kavouras, S. A., Yannakoulia, M., Karipidou, M., Sidossi, S., & Sidossis, L. S. (2007). The bone response to non-weight-bearing exercise is sport-, site-, and sex-specific. *Clin J Sport Med*, *17*, 123-128.
- Mølgaard, C., Thomsen, B., Prentice, A., Cole, T., & Michaelsen, F. (1997). Whole body bone mineral content in healthy children and adolescents. *Arch Dis Child*, *76*, 9-15.
- Mudd, L. M., Fornetti, W., & Pivarnik, J. M. (2007). Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports. *J Athl Train*, *42*, 403-408.

- Nichols, J. F., Rauh, M. J., Barrack, M. T., & Barkai, H. S. (2007). Bone mineral density in female high school athletes: interactions of menstrual function and type of mechanical loading. *Bone*, *41*, 371-377.
- Ogle, G. D., Allen, J. R., Humphries, I. R., Lu, P. W., Briody, J. N., Morley, K., et al. (1995). Body-composition assessment by dual-energy x-ray absorptiometry in subjects aged 4-26 y. *Am J Clin Nutr*, *61*, 746-753.
- Pettersson, U., Nordstrom, P., Alfredson, H., Henriksson-Larsen, K., & Lorentzon, R. (2000). Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: A comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int*, *67*, 207-214.
- Pietrobelli, A., Faith, M. S., Wang, J., Brambilla, P., Chiumello, G., & Heymsfield, S. B. (2002). Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. *Obes Res*, *10*, 56-60.
- Pluijm, S. M., Visser, M., Smit, J. H., Popp-Snijders, C., Roos, J. C., & Lips, P. (2001). Determinants of bone mineral density in older men and women: body composition as mediator. *J Bone Miner Res*, *16*, 2142-2151.
- Rauch, F., & Schoenau, E. (2001). Changes in bone density during childhood and adolescence: an approach based on bone's biological organization. *J Bone Miner Res*, *16*, 597-604.
- Rector, R. S., Rogers, R., Ruebel, M., & Hinton, P. S. (2008). Participation in road cycling vs running is associated with lower bone mineral density in men. *Metabolism*, *57*, 226-232.
- Reid, I. R. (2002). Relationships among body mass, its components, and bone. *Bone*, *31*, 547-555.
- Rice, S. G., & Waniewski, S. (2003). Children and marathoning: how young is too young? *Clin J Sport Med*, *13*, 369-373.
- Rocher, E., Chappard, C., Jaffre, C., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2008). Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *J Bone Miner Metab*, *26*(1), 73-78.
- Schoenau, E. (2006). Muscular system is the driver of skeletal development. *Annales Nestlé*, *64*, 55-61.
- Schoenau, E., Neu, C., Beck, B., Manz, F., & Rauch, F. (2002). Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *Bone and Mineral Research*, *17*, 1095-1101.
- Schwarz, P., Courteix, D., & Karlsson, M. (2006). Exercise and bone. *Eur J Sport Sci*, *6*, 141-144.

- Silva, C.C., Goldberg, T.B., Teixeira, A.S. (2003). O esporte e suas implicações na saúde óssea de atletas adolescentes. *Rev Bras Med Esporte*, 9, 426-432.
- Silva, C. C., Goldberg, T. B., Teixeira, A. S., & Dalmas, J. C. (2004). Mineralização óssea em adolescentes do sexo masculino: anos críticos para a aquisição da massa óssea. *J Pediatr*, 80, 461-467.
- Silva, C. C., Goldberg, T. B., Teixeira, A. S., & Marques, I. (2004). O exercício físico potencializa ou compromete o crescimento longitudinal de crianças e adolescentes? Mito ou verdade? *Rev Bras Med Esporte*, 10, 520-524.
- Tang, Y. J., Sheu, W. H., Liu, P. H., Lee, W. J., & Chen, Y. T. (2007). Positive associations of bone mineral density with body mass index, physical activity, and blood triglyceride level in men over 70 years old: a TCVGHAGE study. *J Bone Miner Metab*, 25, 54-59.
- Travison, T. G., Araujo, A. B., Esche, G. R., & McKinlay, J. B. (2008). The relationship between body composition and bone mineral content: threshold effects in a racially and ethnically diverse group of men. *Osteoporos Int*, 19, 29-38.
- Turner, C. H. (2000). Muscle-bone interactions, revisited. *Bone*, 27, 339-340.
- Wang, M. C., Bachrach, L. K., Van Loan, M., Hudes, M., Flegal, K. M., & Crawford, P. B. (2005). The relative contributions of lean tissue mass and fat mass to bone density in young women. *Bone*, 37, 474-481.
- Wittich, A., Mautalen, C. A., Oliveri, M. B., Bagur, A., Somoza, F., & Rotemberg, E. (1998). Professional football (soccer) players have a markedly greater skeletal mineral content, density and size than age- and BMI-matched controls. *Calcif Tissue Int*, 63, 112-117.
- Wong, W. W., Hergenroeder, A. C., Stuff, J. E., Butte, N. F., Smith, E. O., & Ellis, K. J. (2002). Evaluating body fat in girls and female adolescents: advantages and disadvantages of dual-energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr*, 76, 384-389.
- Young, D., Hopper, J. L., Macinnis, R. J., Nowson, C. A., Hoang, N. H., & Wark, J. D. (2001). Changes in body composition as determinants of longitudinal changes in bone mineral measures in 8 to 26-year-old female twins. *Osteoporos Int*, 12, 506-515.