

**GRAVIDEZ ATIVA**  
Adaptações Fisiológicas  
e Biomecânicas  
durante a Gravidez  
e no Pós-parto

Rita Santos Rocha  
Marco Branco  
(coordenação)



## Ficha Técnica

Título: **GRAVIDEZ ATIVA - Adaptações Fisiológicas e Biomecânicas durante a Gravidez e o Pós-parto**

Editores: Rita Santos Rocha e Marco Branco (coordenação)

Autores: Analiza Mónica Silva, Ana Paula Ribeiro, António Prieto Veloso, Cristina Monteiro, Filomena Vieira, Isabel Fragoso, João Brito, Liliana Aguiar, Marco Branco, Maria Raquel Silva, Rafael Oliveira, Rita Santos Rocha, Teresa Paiva

Prefácio: Ruben Barakat Carballo

Edição: Escola Superior de Desporto de Rio Maior - Instituto Politécnico de Santarém

Capa: onedesign

Conceção gráfica: Riográfica - Tipografia Santos & Marques, Lda.

Tiragem: 250 exemplares

Ano: 2016

ISBN: 978-989-8768-17-9 (edição digital); 978-989-8768-18-6 (edição impressa)

Depósito legal:

## Apoio

A presente publicação foi apoiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, através do FUNDO DE APOIO À COMUNIDADE CIENTÍFICA - FACC - Edição de publicações Não Periódicas de Natureza Científica (processo 16 4 184).

# FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA



## Conteúdo

Ficha Técnica .....	I
Apoio .....	I
Índice de Figuras .....	VII
Índice de Tabelas.....	IX
Lista de Abreviaturas.....	XII

## **Prefácio ..... XIV**

## **1 – Introdução..... 17**

1.1. Atividade física e saúde durante a gravidez e o pós-parto .....	17
1.2. O papel do especialista em exercício na gravidez e pós-parto .....	19
1.3. Referências bibliográficas .....	21

## **2 – Composição corporal na gravidez e pós-parto ..... 24**

2.1. Alteração do peso gestacional .....	24
2.2. Estatura e ganho de peso da gestante e saúde do bebê .....	25
2.3. Composição corporal na gravidez e no pós-parto .....	26
2.3.1. Alterações do tecido adiposo .....	29
2.3.2. Aumento da massa gorda durante a gestação e no pós-parto .....	32
2.3.3. Alterações da massa isenta de gordura .....	36
2.3.4. Alterações da massa isenta de gordura na grávida e no pós-parto .....	36
2.4. Métodos de avaliação da composição corporal durante a gravidez.....	41
2.4.1. Métodos de avaliação do nível molecular .....	41
2.4.2. Métodos de avaliação a nível do corpo inteiro .....	51
2.4.3. Soluções para estimar a composição corporal .....	59
2.4.4. Conclusão e recomendações futuras .....	61
2.5. O balanço energético .....	62
2.5.1. Taxa metabólica basal e taxa metabólica de repouso .....	63
2.5.2. Metabolismo de repouso da grávida .....	64
2.5.3. Efeito termogénico dos alimentos .....	65
2.5.4. Dispêndio energético em atividade física (DEAF) .....	66
2.5.5. Dispêndio energético total (DET) na gestação .....	67
2.5.6. Dispêndio energético no pós-parto .....	67



2.6. Referências bibliográficas .....	68
<b>3 – Nutrição na gravidez e pós-parto .....</b>	<b>74</b>
3.1. Introdução .....	74
3.2. Os macronutrientes.....	77
3.3. Os micronutrientes.....	83
3.3.1. As vitaminas.....	85
3.3.2. Os minerais.....	92
3.4. Considerações finais.....	99
3.5. Referências bibliográficas .....	101
<b>4 – Influência da morfologia ao longo da gravidez e pós-parto nos parâmetros da cinética da marcha .....</b>	<b>104</b>
4.1. Introdução .....	104
4.2. Materiais e métodos .....	106
4.3. Resultados .....	108
4.3.1. Perfil antropométrico e de composição corporal .....	108
4.3.2. Modelos de regressão para os momentos articulares .....	111
4.3.2. Modelos de regressão para as potências articulares .....	114
4.4. Discussão .....	116
4.5. Considerações finais.....	120
4.6. Referências bibliográficas .....	121
<b>5 – Adaptações fisiológicas ao exercício na gravidez e pós-parto .....</b>	<b>124</b>
5.1. Introdução .....	124
5.2. Alterações fisiológicas e adaptações ao exercício durante a gravidez .....	125
5.2.1. Alterações hormonais .....	125
5.2.2. Alterações cardiovasculares.....	127
5.2.3. Alterações no sistema locomotor .....	132
5.3. Resposta ao exercício da frequência cardíaca do feto.....	133
5.4. Resposta a diferentes modos de exercício.....	133
5.5. Termorregulação durante a gravidez.....	135
5.5.1. Produção de calor materno .....	136



5.5.2. Taxa de sudção .....	137
5.5.3. Hipertermia e efeito teratogénico .....	137
5.6. Alterações fisiológicas do pós-parto .....	139
5.6.1. Alterações cardiovasculares do pós-parto .....	139
5.7. Referências bibliográficas .....	140

## **6 – O sono durante a gravidez: neurofisiologia, distúrbios e higiene do sono ..... 145**

6.1. O impacto do sono na gravidez e no pós-parto .....	145
6.2. Estados do sono .....	145
6.3. Neurofisiologia do sono .....	146
6.3.1. Fases do sono .....	147
6.3.2. Organização do sono .....	147
6.4. O sono na adolescente e na jovem adulta grávida .....	148
6.5. Funções do sono.....	149
6.6. Patologias associadas à privação do sono.....	153
6.7. Distúrbios do sono durante a gravidez .....	155
6.8. Higiene do sono.....	156
6.9. Referências bibliográficas .....	157

## **7 – Adaptações cinemáticas da marcha ao longo da gravidez e pós-parto ..... 162**

7.1. Introdução .....	162
7.2. Materiais e métodos .....	164
7.2.1. Participantes.....	164
7.2.2. Recolha e processamento de dados.....	164
7.2.3. Análise estatística .....	168
7.3. Resultados .....	169
7.3.1. Parâmetros espaciais e temporais .....	169
7.3.2. Cinemática articular no plano sagital .....	169
7.3.3. Cinemática articular no plano frontal.....	172
7.3.4. Cinemática articular no plano transversal.....	173
7.4. Discussão.....	175



7.5. Considerações finais.....	178
7.6. Referências bibliográficas .....	178

## **8 – Adaptações cinéticas da marcha ao longo da gravidez e pós-parto ..... 180**

8.1. Introdução.....	180
8.2. Materiais e métodos .....	182
8.2.1. Participantes.....	182
8.2.2. Recolha e processamento de dados.....	183
8.2.3. Análise estatística .....	186
8.3. Resultados .....	186
8.3.1. Forças de reação do apoio .....	186
8.3.2. Momentos articulares no plano sagital .....	188
8.3.3. Momentos articulares no plano frontal.....	191
8.3.4. Momentos articulares no plano transversal .....	192
8.3.5. Potências articulares no plano sagital .....	193
8.3.6. Potências articulares no plano frontal .....	196
8.3.7. Potências articulares no plano transversal .....	197
8.4. Discussão.....	198
8.5. Considerações finais.....	201
8.6. Referências bibliográficas .....	202

## **9 – Adaptações biomecânicas da extremidade inferior e a distribuição da pressão plantar ao longo da gravidez e período pós-parto ..... 204**

9.1. Introdução à biomecânica da cadeia cinética inferior e o período da gravidez .....	204
9.2. Aspectos posturais estáticos e dinâmicos da cadeia cinética inferior durante a gravidez e período pós-parto .....	207
9.3. Alinhamento sagital da coluna vertebral e da bacia durante a gravidez .....	208
9.4. Alinhamento e ângulo de torção do fêmur, joelho e tornozelo pré e pós gestação .....	209
9.5. Desconfortos músculo-esqueléticos da cadeia cinética inferior pré e pós-gestação ....	211
9.6. Características antropométricas e adaptações dinâmicas do arco plantar e apoio dos pés para manutenção do controle postural e o risco de quedas durante a gravidez e período após o parto .....	213



9.7. Dinâmica da marcha e a distribuição da carga sobre a superfície dos pés durante e após a gravidez .....	215
9.8. Implicações clínicas do aumento da carga plantar na gestante: benefícios do calçado e do exercício físico para os membros inferiores .....	218
9.9. Referências bibliográficas .....	220
<b>Notas sobre os autores .....</b>	<b>226</b>



## Índice de Figuras

Figura 1 - Componentes corporais a nível molecular .....	27
Figura 2 - Pesagem hidrostática.....	43
Figura 3 - Pletismógrafo .....	44
Figura 4 - Espectrômetro de massas de razões isotópicas para determinação da água corporal total.....	45
Figura 5 - Densitometria Radiológica de Dupla Energia (DXA) .....	47
Figura 6 - Analisadores BIA frequência única: a) método “mão-mão”, (BF 300, Omron, Milton Keynes, UK); b) método clássico “mão-pé” (RJL System, MI, USA); c) método “pé-pé”, (TBF-410 analyser, Tanita Corp., Tokyo, Japan); d) Segmentar (TBF-418, Tanita Corp, Tokyo, Japan).....	56
Figura 7 - Exemplo de Bioimpedância Elétrica de Multifrequência (BIS 4200 Xitron Technologies, Inc, San Diego, USA).....	57
Figura 8 - Papel das vitaminas B2, B6, B9 e B12 na metilação, na síntese de purinas e de CBS - cistationina-sintetase; THF - tetrahydrofolato; MTHFR - metiltetrahydrofolato redutase. Adaptado de Courtney, Sharpe, & Lee (2002) .....	88
Figura 9 - Gráficos de dispersão e linhas de regressão, dos modelos preditivos dos momentos articulares (N.m/Kg) .....	113
Figura 10 - Gráficos de dispersão e linhas de regressão, dos modelos preditivos das potências articulares (W/Kg) .....	115
Figura 11 - Gráficos de dispersão e linhas de regressão, do modelo preditivo das forças de reação do apoio (em % massa corporal) .....	116
Figura 12 - Vista anterior e lateral do modelo biomecânico reconstruído no Visual 3D com a configuração dos marcadores utilizados na captura do movimento .....	166
Figura 13 - Deslocamento angular médio das articulações dos membros inferiores direito e esquerdo, no plano sagital .....	170
Figura 14 - Deslocamento angular médio das articulações dos membros inferiores direito e esquerdo, no plano frontal.....	172
Figura 15 - Deslocamento angular médio das articulações dos membros inferiores direito e esquerdo, no plano transversal.....	174
Figura 16 - Modelo biomecânico reconstruído em Visual 3D com configuração dos marcadores refletivos utilizados para captura dinâmica, vetores das forças de reação do apoio e a localização das plataformas de forças .....	184



Figura 17 - Valores médios das forças de reação do apoio de cada grupo (normalizado ao peso corporal). Os picos são indicados por números: 1.º, 2.º e 3.º, e apontam para as diferenças significativas (*).....	187
Figura 18 - Momentos articulares no plano sagital durante a marcha (unidades em N.m.kg <sup>-1</sup> ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo .....	189
Figura 19 - Momentos articulares no plano frontal durante a marcha (unidades em N.m.kg <sup>-1</sup> ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º e 2.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (*) .....	192
Figura 20 - Momentos articulares no plano transversal durante a marcha (unidades em N.m.kg <sup>-1</sup> ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º e 2.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (*).....	193
Figura 21 - Potências articulares no plano sagital durante a marcha (unidades em W.kg <sup>-1</sup> ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º, 2.º e 3.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (*) ...	194
Figura 22 - Potências articulares no plano frontal durante a marcha (unidades em W.kg <sup>-1</sup> ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º, 2.º e 3.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (*) ...	197
Figura 23 - Potências articulares no plano transversal durante a marcha (unidades em W.kg <sup>-1</sup> ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º, 2.º e 3.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (*) ...	198
Figura 24 - Representação das adaptações da coluna vertebral com o foco sobre a região lombar e a distribuição das forças para os membros inferiores durante a gravidez (Russel, Z., 2013; disponibilizado em: <a href="http://physioworks.com.au/injuries-conditions-1/pregnancy-back-pain">http://physioworks.com.au/injuries-conditions-1/pregnancy-back-pain</a> ).....	208
Figura 25 - Representação das mudanças no pico de pressão, área de contacto e tempo de contacto durante a marcha ao longo dos trimestres de gestação. 2A: Diminuição do pico de pressão sobre retropé medial do 1.º para o 3.º e do 2.º para o 3.º trimestre. 2B: Aumento da área de contacto no retropé lateral do 2.º para o 3.º trimestre e no mediopé do 1.º para o 3.º trimestre. 2C: Aumento do tempo de contacto no mediopé e antepé medial e lateral do 1.º para o 3.º trimestre .....	217



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Peso dado em kg das diferentes massas que compõem a massa corporal total (MCT) .....	29
Tabela 2 - Percentagem de gordura média para adultos (adaptado de Heyward e Stolarczyk, 1996) .....	31
Tabela 3 - Variação do peso e massa gorda total ao longo do tempo de gestação .....	32
Tabela 4 - Aumento do peso e da massa gorda total, em mulheres com e sem edema, ao longo do tempo de gestação .....	33
Tabela 5 - Alterações da composição corporal durante a gravidez a partir de modelos a quatro compartimentos em mulheres com diferentes índices de massa corporal (IMC) antes da gravidez .....	34
Tabela 6 - Variação da massa gorda total durante a gestação e no pós-parto .....	35
Tabela 7 - Variação da massa isenta de gordura (MIG) e dos seus componentes, durante a gestação em mulheres com edema e sem edema.....	37
Tabela 8 - Variação da massa isenta de gordura (MIG) durante a gestação, entre a 10. <sup>a</sup> e a 40. <sup>a</sup> semanas, em mulheres com e sem edema .....	38
Tabela 9 - Variação da massa corporal total (MCT), do índice de massa corporal (IMC), Proteína Total e Massa Isenta de Gordura, durante a gestação e pós-parto.....	38
Tabela 10 - Estudos que compararam diferentes modelos de composição corporal na mesma mulher grávida com a composição corporal na mulher grávida a partir de estudos longitudinais utilizando modelos a quatro compartimentos .....	40
Tabela 11 - Valores de percentis (5, 25, 50, 75 e 95) com base no acompanhamento de 170 mulheres grávidas são apresentados para a massa corporal e a água corporal total (ACT) durante a gestação. Os dados foram obtidos através da derivação de polinómios de segunda ordem .....	41
Tabela 12 - Modelos para estimar a massa gorda corporal total (MG) baseados na medição da massa e volume corporais (Vc) ou da água corporal total.....	46
Tabela 13 - Modelos para estimar a massa gorda corporal total (MG) baseados na medição da massa e volume corporais (Vc) e água corporal total ou mineral.....	46
Tabela 14 - Modelos para estimar a massa gorda corporal total (MG) baseados na medição da massa e volume corporais (Vc), água e mineral.....	48
Tabela 15 - Comparação da massa gorda (MG) e alterações da MG em mulheres grávidas a partir de modelos a dois, três e quatro compartimentos.....	49
Tabela 16 - Constantes de hidratação da massa isenta de gordura em mulheres antes, durante e após a gravidez .....	51



Tabela 17 - Simulação de amplitudes preditas para a alteração do peso ao longo dos trimestres de gravidez de acordo com as recomendações no ganho de peso gestacional do <i>Institute of Medicine</i> de 2009, em 4 mulheres hipotéticas com diferentes índices de massa corporal (IMC) antes da gravidez.....	53
Tabela 18 - Alterações longitudinais no índice de impedância durante a gestação numa amostra de 334 mulheres grávidas .....	58
Tabela 19 - Equações que utilizam variáveis obtidas através da morfologia de superfície e bioimpedância elétrica como preditoras da composição corporal na gravidez e no pós-parto	60
Tabela 20 - Métodos de avaliação da composição na gravidez e no pós-parto: estudos anteriores, segurança, utilidade prática e limitações .....	61
Tabela 21 - Massa corporal, índice de massa corporal (IMC) e semanas de gestação das participantes (N = 11) antes, durante e após a gravidez .....	106
Tabela 22 - Variáveis antropométricas e de composição corporal das participantes durante a gravidez e no período pós-parto (N=11). Valores médios $\pm$ desvio-padrão das variáveis e valores significativos das comparações emparelhadas ( $P < 0,05$ ) .....	109
Tabela 23 - Força de reação do apoio (FRA), momentos articulares e potências articulares, das participantes nas quatro fases de recolha .....	111
Tabela 24 - Modelos de regressão linear para os: momentos articulares no plano sagital e plano transversal; potências articulares no plano sagital e no plano transversal; e para as forças de reação do apoio.....	112
Tabela 25 - Características da amostra para o peso, índice de massa corporal (IMC) e semanas de gestação, em cada fase de recolha.....	164
Tabela 26 - Parâmetros espaciais e temporais (média $\pm$ desvio padrão) da marcha durante a gravidez e no pós-parto (N=11) .....	169
Tabela 27 - Média e desvio padrão dos picos do deslocamento angular e respetivos níveis de significância das comparações emparelhadas, com alterações significativas no plano sagital .....	171
Tabela 28 - Média e desvio padrão dos picos do deslocamento angular e respetivos níveis de significância das comparações emparelhadas, com alterações significativas no plano frontal .....	173
Tabela 29 - Média e desvio padrão dos picos do deslocamento angular e respetivos níveis de significância das comparações emparelhadas, com alterações significativas no plano transversal .....	174
Tabela 30 - Média e desvio-padrão dos valores dos picos das componentes vertical, ântero-posterior e mediolateral das forças de reação do apoio.....	188
Tabela 31 - Média e desvio-padrão dos picos dos momentos articulares e níveis de significância das comparações emparelhadas com alterações significativas para os planos sagital, frontal e transversal.....	190



Tabela 32 - Média e desvio-padrão dos picos da potência articular e níveis de significância das comparações emparelhadas com alterações significativas no plano sagital, frontal e transversal ..... 195



## Lista de Abreviaturas

- ACI - atraso de crescimento intrauterino
- ACOG - *American College of Obstetricians and Gynecologists* - Colégio Americano de Obstetras e Ginecologistas
- ACSM - *American College of Sports Medicine* - Colégio Americano de Medicina do Desporto
- ACT - água corporal total
- ACTH - hormona corticotrofina
- AEC - água extracelular
- AF - atividade física
- AIC - água intracelular
- AIT - acidente isquémico transitório
- ATP - trifosfato de adenosina ou adenosina trifosfato
- BIA - bioimpedância elétrica unifrequência
- BIA - resistência observada à passagem da corrente
- BIS - bioimpedância elétrica multifrequência
- bpm - batimentos por minuto
- BPN - baixo peso à nascença
- BW - *body weight* - peso do corpo
- CC - composição corporal
- CG - centro de gravidade
- CO<sub>2</sub> - dióxido carbono
- COP - centro de pressão
- Dc - densidade corporal
- DDR - doses diárias recomendadas ou RDA - *recommended dietary allowance*
- DEAF - dispêndio energético em atividade física
- DEF - dispêndio energético total
- DLW - *double labeled water*
- DMO - densidade mineral óssea
- DNA - *deoxyribonucleic acid* ou ADN - ácido desoxirribonucleico
- DSIP - *delta sleep inducing peptide*
- DXA - densitometria radiológica de dupla energia
- EEG - electroencefalograma
- EFD - efeito térmico da digestão



- EUA - Estados Unidos da América
- FC - frequência cardíaca
- FC<sub>rep</sub> - frequência cardíaca de repouso
- FRA - forças de reação do apoio ou GRF - *ground reaction forces*
- GH - *growth hormone* - hormona de crescimento
- GLUT4 - transportadores de glicose tipo 4
- HDL - *high density lipoprotein* - lipoproteína de alta densidade
- IMC - Índice de Massa Corporal
- IOC - *International Olympic Committee* - Comité Olímpico Internacional
- IoM - *Institute of Medicine* - Instituto de Medicina
- ISAK - *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*
- LPL - lipoproteína lipase
- MC - massa corporal
- MCT - massa corporal total
- MG - massa gorda
- MIG - massa isenta de gordura
- NREM - *non-rapid eye-movements* - sono lento
- OMS - Organização Mundial de Saúde
- PA - pressão arterial
- PIG - pequeno para a sua idade gestacional
- PN - peso ao nascer
- REM - *rapid eye-movements* - movimentos oculares rápidos
- RNA - *ribonucleic acid* ou ARN - ácido ribonucleico
- RNI - referências para ingestão de nutrientes
- TMB - taxa metabólica basal ou BMR - *basal metabolic rate*
- TMR - taxa metabólica de repouso ou REE - *resting energy expenditure*
- TNF - fator de necrose tumoral
- TNF- $\alpha$  - fator de necrose tumoral alfa
- TUL - limites máximos de tolerância
- VO<sub>2</sub> - consumo de oxigénio
- VO<sub>2max</sub> - consumo máximo de oxigénio



## Prefácio

O processo de gravidez e parto é um evento único na vida de uma mulher e o seu desenvolvimento adequado pode determinar, em grande parte, o futuro da saúde da mãe, do feto e do recém-nascido(a). Este complexo processo não está isento de desajustes e alterações, as quais a mulher grávida deve enfrentar durante 9 meses.

Neste sentido, ao longo da história, as mulheres receberam todos os tipos de conselhos sobre a melhor forma de desenvolver o processo da gravidez e do parto. Estas recomendações foram disponibilizadas por profissionais de vários tipos, patriarcas religiosos, filósofos, médicos. Isso resultou no facto de, tradicionalmente, as recomendações sobre o tipo, frequência e intensidade da atividade física durante a gravidez se basearam mais em questões morais e sociais do que em evidências científicas.

Atualmente, numerosos estudos suportam a ideia de que o exercício físico moderado durante a gravidez se configura como um elemento de apoio para a manutenção e a melhoria da qualidade de vida da mulher grávida.

No entanto, em muitos casos, a literatura científica não é totalmente conclusiva e permanecem ainda muitas dúvidas entre os profissionais da medicina e entre os profissionais das ciências do desporto. Com o exercício físico a tornar-se parte integrante da vida de muitas mulheres, as questões relativas aos efeitos do exercício sobre os resultados da gravidez, têm cada vez mais importância.

A presente obra bibliográfica abrange de forma importante e plena, uma grande lacuna de conhecimento existente neste campo científico, sendo de grande interesse no âmbito da saúde pública.

O livro mostra claramente as particularidades do processo de gravidez e aprofunda com grande rigor científico os processos que o organismo feminino enfrenta durante a gravidez. Desta forma, fornece uma descrição completa sobre as adaptações e respostas do organismo em gestação ao exercício físico. A importância deste documento baseia-se principalmente na necessidade de divulgação de novos e sólidos conhecimentos científicos sobre a complexa relação entre o exercício físico e a gravidez.

Do ponto de vista do investigador e do profissional de saúde, adquire-se cada dia mais força sobre a ideia de uma "gravidez ativa" como um agente para melhorar a saúde das populações futuras.



*El proceso de embarazo y parto es un hecho único en la vida de una mujer y su adecuado desarrollo puede determinar en gran medida la futura salud de madre, feto y recién nacido/a. Este complejo proceso no está exento de desajustes y alteraciones a las que la mujer gestante debe enfrentarse durante 9 meses.*

*En este sentido, a lo largo de la historia, las mujeres han recibido todo tipo de consejos sobre cómo llevar mejor el citado proceso del embarazo y el parto. Estas recomendaciones han procedido de profesionales de diversa índole, patriarcas religiosos, filósofos, médicos. Esto ha ocasionado que tradicionalmente las recomendaciones sobre el tipo frecuencia e intensidad de actividad física durante el embarazo se han basado más en cuestiones morales y sociales que en evidencias científicas.*

*Atualmente numerosos estudios respaldan la idea del ejercicio físico moderado durante la gestación como un elemento de ayuda para el mantenimiento y mejora de la calidad de vida de la mujer embarazada.*

*Sin embargo, en muchos casos la literatura científica no es totalmente concluyente y permanecen aún muchas dudas tanto entre profesionales de la medicina como en las ciencias del deporte. Con el ejercicio físico convertido en una parte integral de la vida de muchas mujeres, las preguntas con respecto a los efectos del ejercicio físico en los resultados del embarazo, tiene cada vez más importancia.*

*La presente obra bibliográfica cubre de forma importante y plena un gran vacío de conocimiento existente en este campo científico y resulta de gran interés en el ámbito de la salud pública.*

*El libro nos muestra claramente las particularidades del proceso de embarazo y profundiza con gran rigurosidad científica en los procesos a los que se enfrenta el organismo femenino durante la gestación. Asimismo se ofrece una completa descripción de las adaptaciones y respuestas del organismo gestante al ejercicio físico.*

*La importancia de este documento se basa fundamentalmente en la necesidad de contar con nuevas y sólidas bases científicas sobre la compleja relación entre el ejercicio físico y la gestación. Desde el punto de vista investigador y sanitario adquiere cada día más fuerza la idea de un “embarazo ativo” como un agente de mejora de la salud de las futuras poblaciones.*

Rubén Barakat Carballo  
Universidade Politécnica de Madrid  
Março 2016





## 1 - Introdução

Rita Santos Rocha

### 1.1. Atividade física e saúde durante a gravidez e o pós-parto

No contexto das populações-alvo do âmbito dos profissionais do desporto, que atuam na área do Exercício e Saúde - Diretor Técnico e Técnico de Exercício Físico (segundo a Lei n.º 39/2012 de 28 de agosto, Diário da República, 1.ª série – N.º 166), destacam-se as designadas “populações especiais”, por referência à população adulta aparentemente saudável (ACSM, 2014), onde se enquadram as “populações em fases especiais da vida”. Naturalmente, é neste grupo que se enquadram as praticantes e as atletas grávidas ou na fase do pós-parto, que estão envolvidas em processos de prática de atividade física, quer seja formal (exercício físico) ou informal (Santos-Rocha, 2013; 2017).

A evidência científica atual apoia a recomendação de iniciar ou prosseguir a prática de exercício físico em mulheres grávidas saudáveis (Downs *et al.*, 2012). Além disso, existem várias linhas orientadoras para o exercício durante a gravidez (Evenson *et al.*, 2014a; Szumilewicz *et al.*, 2015), bem como para o período pós-parto (Evenson *et al.*, 2014b). As recomendações do *American College of Obstetricians and Gynecologists* - Colégio Americano de Obstetras e Ginecologistas (ACOG), publicadas em 2002, afirmam que as mulheres grávidas devem acumular 30 minutos ou mais de exercício de intensidade moderada na maioria, se não todos os dias da semana, se não existirem complicações médicas ou obstétricas, ou seja, um mínimo de 3 sessões de exercício de pelo menos 15 minutos cada, aumentando gradualmente para 30 minutos por dia, de preferência em todos os dias da semana (ACOG, 2002). Estas recomendações foram atualizadas recentemente, em dezembro de 2015 (ACOG, 2015), sendo este, o primeiro documento que declara oficialmente que o exercício físico moderado durante a gravidez, não causa aborto, não atrasa o crescimento fetal, não causa parto prematuro, nem provoca lesões músculo-esqueléticas. Estas recomendações podem ser encontradas em língua Portuguesa, na 2.ª edição de outra publicação relacionada com o tema da “gravidez ativa” (Santos-Rocha, 2017).



No que se refere à participação de atletas grávidas em atividades desportivas, foi constituído, em 2016, um grupo de especialistas de várias nacionalidades, pelo *International Olympic Committee* - Comité Olímpico Internacional (IOC) que objetiva a publicação de um conjunto de *consensos* sobre esta temática (Bø *et al.*, 2016). As publicações resultantes deste grupo têm como principais objetivos sintetizar as condições mais comuns durante a gravidez e o pós-parto, que podem interferir com o exercício mais intenso e com a competição; providenciar um conjunto de recomendações relativamente ao exercício físico de intensidade elevada, e identificar as principais lacunas na investigação que limitam a confiança nessas mesmas recomendações.

Tem-se vindo a verificar recentemente, o aumento de estudos que suportam os potenciais benefícios, no que se refere a diferentes formas de exercício físico, devidamente adaptado à fase de gravidez. Assim, podem ser justificados os efeitos positivos do exercício na saúde e nos resultados da gravidez, no que se refere ao exercício aeróbio (Kramer & McDonald, 2006; Lamina *et al.*, 2013), exercício aquático (Waller *et al.*, 2009), Pilates (Mazzarino *et al.*, 2015), ioga (Gong *et al.*, 2015), e treino muscular do pavimento pélvico (Boyle *et al.*, 2014), a título de exemplo. Uma revisão recente (Jorge *et al.*, 2015) que incluiu estudos controlados realizados com mulheres grávidas, que avaliaram os efeitos de programas de exercício em grupo sobre as variáveis de saúde da mãe e do recém-nascido, em comparação com os cuidados habituais, demonstrou os seguintes efeitos positivos: melhor perceção do estado de saúde materna, menor ganho de peso materno, melhores níveis de tolerância materna à glicose, melhoria da aptidão aeróbia e de força muscular, menor frequência de incontinência urinária, menor frequência de dor lombo-pélvica, menor número de cesarianas e partos instrumentais, teste de Apgar do recém-nascido mais elevado, e recuperação pós-parto mais rápida.

Não obstante, a gravidez e o pós-parto são considerados períodos de risco para o desenvolvimento de sedentarismo, depressão e ansiedade, diabetes gestacional, peso corporal excessivo, dor lombar e pélvica, diástase abdominal e incontinência urinária, entre outros desconfortos nas mulheres. Estes fatores poderão estar relacionados com determinadas condições clínicas da mãe e da criança, no futuro, tais como, obesidade (Huang *et al.*, 2010; Rodrigues *et al.*, 2010; Sui *et al.*, 2013) ou dor lombar (Irlanda & Ott, 2000). Nesta linha, a promoção da atividade física adequada, deve ser implementada antes, durante e após a gravidez, de forma a prevenir o declínio da atividade (Sui *et al.*, 2013), de preferência, através de equipas multidisciplinares, que compreendam as determinantes multifacetados da saúde e da atividade física (Currie *et al.*, 2013). Considera-se que o período de gestação é uma oportunidade para uma mudança de estilo de vida, incluindo o compromisso com um programa de exercício físico. Além disso, se as mulheres forem ativas durante a gravidez, será maior a probabilidade de serem ativas mais tarde na vida (Phelan, 2010; Nascimento *et*



*al.*, 2012) e de ter crianças ativas (Currie & Rossin-Slater, 2015). Por um lado, um estilo de vida ativo, isto é, o exercício físico combinado com uma dieta saudável, envolve vários benefícios sobre as adaptações psicológicas, fisiológicas, morfológicas e biomecânicas durante a gravidez e pós-parto. Por outro lado, poderão ser prevenidas, monitorizadas e geridas diversas situações clínicas em relação ao período perinatal e na saúde do recém-nascido, com a participação das próprias mulheres grávidas, bem como dos profissionais de saúde e de exercício (Takito *et al.*, 2009).

De acordo com Nascimento e colaboradores (2015), a promoção da atividade física entre mulheres em idade fértil continua a ser uma prioridade na política de saúde pública, e aquando do planeamento de uma gravidez, as mulheres devem ser incentivadas a adotar um programa de exercício físico, a fim de evitar o risco do sedentarismo durante a gravidez, que por sua vez está associado à obesidade e outras comorbidades. No entanto, os benefícios da atividade física e do exercício físico, ainda precisam de ser promovidos entre as mulheres grávidas, os profissionais de exercício, e os profissionais de saúde, a fim de capacitar as mulheres para gerir a sua própria saúde e aumentar a adesão aos programas de atividade física (Ducombe *et al.*, 2009; Evenson *et al.*, 2009). Verifica-se a necessidade de aumentar a informação entre os profissionais de exercício e os profissionais de saúde (Worska & Szumilewicz, 2015), preferencialmente integrados em grupos multidisciplinares (técnico de exercício físico, médico, nutricionista, fisioterapeuta, nutricionista, psicólogo, como exemplos), de forma a exercerem uma influência positiva junto das mulheres grávidas. Na verdade, a probabilidade de uma mulher ser ativa durante a gravidez, é mais elevada, se a mesma tiver sido encorajada pelo(a) seu(sua) obstetra (Krans *et al.*, 2005). Acresce que, qualquer grávida envolvida num programa de exercício físico, deverá obter consentimento médico previamente, e não apresentar quaisquer contraindicações relativas ou absolutas para a prática de exercício, em linha com as orientações do Colégio Americano de Obstetras e Ginecologistas (ACOG, 2015) e outras linhas orientadoras (Evenson *et al.*, 2014a; Szumilewicz *et al.*, 2015).

## **1.2. O papel do especialista em exercício na gravidez e pós-parto**

Segundo a Lei n.º 39/2012 de 28 de agosto (Diário da República, 1.ª série – N.º 166) as funções do Diretor Técnico, incluem: “Coordenar e supervisionar a prescrição, avaliação, condução e orientação de todos os programas e atividades, da área da manutenção da



*condição física (fitness), no âmbito do funcionamento das instalações desportivas, aos seus utentes”; “Coordenar e supervisionar a avaliação da qualidade dos serviços prestados, bem como propor ou implementar medidas visando a melhoria dessa qualidade”; “Coordenar a produção das atividades desportivas”; “Superintender tecnicamente, no âmbito do funcionamento das instalações desportivas, as atividades desportivas nelas desenvolvidas”, entre outras. As funções do Técnico de Exercício Físico incluem, entre outras: “Planear e prescrever aos utentes, sob coordenação e supervisão do Diretor Técnico, as atividades desportivas na área da manutenção da condição física (fitness)”; e “Orientar e conduzir tecnicamente, no âmbito do funcionamento das instalações desportivas, as atividades desportivas na área da manutenção da condição física (fitness) nelas desenvolvidas”.*

Enquadrada num programa de exercício físico, a praticante grávida configura-se como um desafio para o especialista em exercício que a orienta, no sentido em que o conhecimento sobre os processos de adaptação à própria gestação e ao esforço, são fundamentais para estabelecer a efetividade e a segurança dos próprios programas. Estas duas permissas são indissociáveis, sendo que os profissionais deverão conhecer as características, as capacidades, e as necessidades dos vários grupos da população para os quais está direcionada a sua intervenção. Acresce o domínio das formas de intervenção mais adequadas e que garantam que o exercício se constitui como estímulo efetivo.

Os profissionais deverão também saber aplicar os meios disponíveis para a avaliação dos praticantes, aconselhar para a prática de exercício físico e adaptar as linhas orientadoras da Prescrição do Exercício, no sentido de estabelecer objetivos realistas, seguros e efetivos, preferencialmente integrando equipas multidisciplinares. Devem ainda considerar as linhas orientadoras para o exercício durante a gravidez (e respetivas adaptações culturais), bem como as contraindicações absolutas e relativas e os sinais e sintomas que indicam a necessidade de interrupção do exercício. Estes profissionais devem considerar as determinantes, as adaptações necessárias e as implicações da atividade física, de forma a intervir para promover a atividade física antes, durante e após a gravidez, ajudando as mulheres a superar todas as barreiras identificadas.

Com base nos pressupostos apresentados, apresentamos nesta publicação, um conjunto de conhecimentos sobre as adaptações fisiológicas e biomecânicas que ocorrem durante o processo de gravidez, bem como as adaptações ao exercício físico baseados em evidências científicas, produzidos por vários investigadores, das áreas das ciências do exercício e das ciências da saúde, na sua maioria de instituições portuguesas de ensino superior. Este livro consubstancia-se como uma publicação não-periódica, de natureza científica, constituída por nove capítulos que abordam os temas da composição corporal, morfologia, antropometria, nutrição, sono, fisiologia, biomecânica da marcha, e postura. Os principais objetivos



pretendem contribuir para a divulgação, atualização do conhecimento e promoção da relação entre o exercício físico e a gravidez.

### 1.3. Referências bibliográficas

- ACOG - American College of Obstetricians and Gynecologists (2002). Exercise during pregnancy and the postpartum period. ACOG Committee Obstetric Practice. Committee Opinion 267. Obstetrics and Gynecology; 99:171-3.
- ACOG - American College of Obstetricians and Gynecologists (2015). Physical activity and exercise during pregnancy and the postpartum period. Committee Opinion 650. Obstetrics and Gynecology; 126(6):e135-42.
- ACSM - American College of Sports Medicine (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (9<sup>th</sup> ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Barakat, R., Pelaez, M., Montejo, R., *et al.* (2011). Exercise during pregnancy improves maternal health perception: a randomized controlled trial. *Am J Obstet Gynecol*; 204:402e1-e7.
- Boyle, R., Hay-Smith, E.J., Cody, J.D., & Mørkved, S. (2014). Pelvic floor muscle training for prevention and treatment of urinary and faecal incontinence in antenatal and postnatal women: a short version Cochrane review. *Neurourology and Urodynamics*; 33(3):269-76.
- Bø, K., Artal, R., Barakat, R., Brown, W., Davies, G.A.L., Dooley, M., Evenson, K.R., Haakstad, L.A.H., Henriksson-Larsen, K., Kayser, B., Kinnunen, T.I., Mottola, M.F., Nygaard, I., van Poppel, M., Stuge, B., & Khan, K.M. (2016). Exercise and pregnancy in recreational and elite athletes: 2016 evidence summary from the IOC expert group meeting, Lausanne. Part 1—exercise in women planning pregnancy and those who are pregnant. *Br J Sports Med*; 50:571-89.
- Currie, J., & Rossin-Slater, M. (2015). Early-life origins of life-cycle well-being: research and policy implications. *Journal of Policy Analysis and Management*; Winter; 34(1):208-42.
- Currie, S., Sinclair, M., Murphy, M.H., Madden, E., Dunwoody, L., *et al.* (2013). Reducing the decline in physical activity during pregnancy: a systematic review of behaviour change interventions. *PLoS ONE*; 8(6): e66385.
- Downs, D.S., Chasan-Taber, L., Evenson, K.R., Leiferman, J., & Yeo, S. (2012). Physical activity and pregnancy: past and present evidence and future recommendations. *Res Q Exerc Sport*; 83(4):485-5.
- Duncombe, D., Wertheim, E., Skouteris, H., *et al.* (2009). Factors related to exercise over the course of pregnancy including women's beliefs about the safety of exercise during pregnancy. *Midwifery*; 25:430-8.
- Evenson, K., Moos, M., Carrier, K., & Siega-Riz, A. (2009). Perceived barriers to physical activity among pregnant women. *Maternal and Child Health Journal*; 13:364-75.
- Evenson, K.R., Mottola, M.F., Owe, K.M., Rousham, E.K., Brown, W.J. (2014b). Summary of international guidelines for physical activity following pregnancy. *Obstetrical and Gynecological Survey*; 69(7):407-14.



- Evenson, K.R., Barakat, R., Brown, W.J., *et al.* (2014a). Guidelines for physical activity during pregnancy: comparisons from around the world. *Am J Lifestyle Med*; 8(2):102-21.
- Gong, H., Ni, C., Shen, X., Wu, T., & Jiang, C. (2015). Yoga for prenatal depression: a systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*; 15:14.
- Huang, T.T., Wang, H.S., & Dai, F.T. (2010). Effect of pre-pregnancy body size on postpartum weight retention. *Midwifery*; 26:222-31.
- Ireland, M.L., & Ott, S.M. (2000). The effects of pregnancy on the musculoskeletal system. *Clin Orthop Relat Res*; 372:169-79.
- Jorge, C., Santos-Rocha, R., & Bento, T. (2015). Can group exercise programs improve health outcomes in pregnant women? a systematic review. *Current Women's Health Reviews*; 11(1):75-87.
- Kramer, M.S. & McDonald, S.W. (2006). Aerobic exercise for women during pregnancy. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*; 19(3):CD000180.
- Krans, E.E., Gearhart, J.G., Dubbert, P.M., Klar, P.M., Miller, A.L., & Replogle, W.H. (2005). Pregnant women's beliefs and influences regarding exercise during pregnancy. *Journal of the Mississippi State Medical Association*; 46(3):67-73.
- Lamina, S., & Agbanusi, E. (2013). Effect of aerobic exercise training on maternal weight gain in pregnancy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Ethiopian Journal of Health Sciences*; 23(1):59-64.
- Mazzarino, M., Kerr, D., Wajswelner, H., & Morris, M.E. (2015). Pilates method for women's health: systematic review of randomized controlled trials. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*; 96(12):2231-42.
- Nascimento, S.L., Surita, F.G., Godoy, A.C., Kasawara, K.T., & Morais, S.S. (2015). Physical activity patterns and factors related to exercise during pregnancy: a cross sectional study. *PLoS ONE*; 10(6): e0128953.
- Nascimento, S.L., Surita, F.G., & Cecatti, J.G. (2012). Physical exercise during pregnancy: a systematic review. *Current Opinion on Obstetrics & Gynecology*; 24(6):387-94.
- Phelan, S. (2010). Pregnancy: a "teachable moment" for weight control and obesity prevention. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*; 202(2):135 e1-8.
- Rodrigues, P.L., Oliveira, L.C., Brito, A.S., & Kac, G. (2010). Determinant factors of insufficient and excessive gestational weight gain and maternal-child adverse outcomes. *Nutrition*; 26:617-23.
- Santos-Rocha, R. (2013). *Gravidez Ativa - Atividade Física e Saúde na Gravidez e Pós-Parto*. CIPER-FMH-UTL / ESDRM-IPS / FCT. Rio Maior: Edições ESDRM. ISBN: 978-989-97862-4-0.
- Santos-Rocha, R. (2017). *Gravidez Ativa - Atividade Física e Saúde na Gravidez e Pós-Parto (2.ª edição)*. CIPER-FMH-UTL / ESDRM-IPS / FCT. Rio Maior: Edições ESDRM. ISBN: 978-989-8768-16-2 (e-book), disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rita\\_Santos-Rocha](https://www.researchgate.net/profile/Rita_Santos-Rocha)
- Sui, Z., Moran, L.J., & Dodd, J.M. (2013). Physical activity levels during pregnancy and gestational weight gain among women who are overweight or obese. *Health Promot J Austr*; 24(3):206-13.
- Szumilewicz, A., Worska, A., Rajkowska, N., & Santos-Rocha, R. (2015). Summary of guidelines for exercise in pregnancy - are they comprehensive enough for designing the contents of a prenatal exercise program? *Current Women's Health Reviews*; 11(1):3-12.
- Takito, M.Y., Benício, M.H., & Neri, L. (2009). Physical activity by pregnant women and outcomes for newborns: a systematic review. *Rev Saúde Pública*; 43(6):1-10.



- Waller, B., Lambeck, J., & Daly, D. (2009). Therapeutic aquatic exercise in the treatment of low back pain: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*; 23(1):3-14.
- Worska, A., & Szumilewicz, A. (2015). Aktywność fizyczna kobiet w ciąży w świadomości przyszłych instruktorów rekreacji ruchowej. [Physical activity of expecting mothers in the awareness of future exercise professionals]. *Journal of Education, Health and Sport formerly Journal of Health Sciences*; 5(8):91-102.



## 2 - Composição corporal na gravidez e pós-parto

Isabel Fragoso, Analiza M. Silva, Cristina Monteiro

### 2.1. Alteração do peso gestacional

As alterações morfológicas da grávida têm como objetivo criar um ambiente ideal de desenvolvimento para o feto (Heckman & Sassard, 1994). Entre as variáveis antropométricas utilizadas para avaliação da composição corporal aquela que mais vezes é avaliada é o peso, não só pela facilidade de medida mas também porque aumenta rapidamente e porque tem uma relação enorme com o aumento de peso após a gravidez, que tanto preocupa a população feminina (Marques, 1999), e finalmente porque a massa corporal total (MCT) pré-gestacional e o aumento de peso durante a gestação influenciam a antropometria à nascença e do recém-nascido (Abrams *et al.*, 2000) tal como o seu estado de saúde.

As alterações de peso resultam da incorporação dos produtos de concepção tais como o feto, a placenta, as membranas e o líquido amniótico mas também resultam do aumento do útero, das reservas de gordura, da massa muscular, da quantidade de sangue, do tecido mamário e da água intra e extracelular. Os edemas dos membros inferiores, ou seja, o aumento dos fluidos extracelulares, muito frequentes na mulher grávida são igualmente fatores fundamentais de aumento de peso e resultam, segundo Romem e colaboradores (1999) e Roura (2003), da compressão não simétrica dos vasos pélvicos que dificulta a circulação dos fluidos corporais.

O aumento de peso não é proporcional ao longo dos 9 meses de gestação, sendo no segundo e terceiro trimestres cinco vezes maior do que no primeiro trimestre (McNitt-Gray, 1991). Estima-se que o ganho ponderal semanal seja de 65 g entre a primeira e a 10.<sup>a</sup> semana de gestação, e de 450 g entre a 20.<sup>a</sup> e a 30.<sup>a</sup> semanas de gestação, e de novo de 335 g entre a 30.<sup>a</sup> e a 40.<sup>a</sup> semanas de gestação (Picciano, 1997). O aumento da MCT não tem uma distribuição uniforme estando especialmente relacionado com alterações do tronco. Cerca de 2/3 do ganho de peso gestacional (Chamberlain & Pipkin, 1988) deve-se ao aumento dos tecidos maternos com um aumento médio de 500 g do tecido mamário (Romem *et al.*, 1999). As grandes variações no ganho de peso durante a gravidez em mulheres saudáveis, com



gestação única, parecem ser determinadas por diferenças nas características maternas, como estado nutricional pré-gestacional, idade, paridade, origem étnica, condição socioeconômica, uso de drogas, atividade física e fatores psicossociais.

## 2.2. Estatura e ganho de peso da gestante e saúde do bebê

Mulheres de baixa estatura (muitas delas igualmente com baixo peso) especialmente em países não desenvolvidos são normalmente consideradas população de risco (Rush, 2000) apresentando mais vezes natos vivos com baixo peso à nascença (BPN), dimensionalmente mais Pequenos para a sua Idade Gestacional (PIG), prematuros, ou que apresentam complicações durante o parto. A baixa estatura das mães mostra muitas vezes que estas viveram em condições precárias tendo experimentado um crescimento inadequado durante a infância e, portanto, um crescimento inadequado e insuficiente dos sistemas fisiológicos e anatómicos que durante a gestação terão de suportar o crescimento do feto e garantir uma adequada proporção céfalo-pélvica. As características estaturais da mãe estão ainda associadas à estatura das crianças brancas, negras, asiáticas mas não hispânicas. Os valores de corte que predizem o BPN, o risco de sofrer complicações durante o parto e a prematuridade estão entre 140 e 150 cm para a estatura e abaixo de 50 kg para a MCT materna (Krasovec & Anderson, 1991; Teles *et al.*, 1992; Silva *et al.*, 1998).

A MCT da mãe antes e durante a gravidez está grandemente associada à saúde do feto, do bebê e da mãe (Kramer, 1987; IoM, 1990; Krasovec & Anderson, 1991). Segundo o *Institute of Medicine* - Instituto de Medicina (IoM, 1990), a MCT está associada à hipertensão, diabetes, obesidade pós-parto, complicações no parto, prejuízo no crescimento do feto e mortalidade neonatal e infantil. Em particular a obesidade materna está associada a um maior risco de problemas quer da gestante (hipertensão, diabetes e cesariana) quer do feto (alterações do tubo neural, espinha bífida, malformações congénitas e prematuridade).

A MCT materna é sem dúvida um dos fatores com maior valor preditivo do BPN e do atraso de crescimento intrauterino (ACI) ou de outros problemas à nascença, tais como, pré-eclampsia, hemorragias pós-parto e complicações obstétricas durante o parto. Sendo assim a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o IoM recomendam ganhos de peso gestacional diferenciados de acordo com o estado nutricional pré-gestacional. Deste modo podemos descrever cinco objetivos para o ganho de peso: (1) mulher com mais de 120% de peso padrão ou um índice de massa corporal (IMC) superior a 25 - ganho obrigatório de 7 a 8 kg a uma taxa inferior a 300

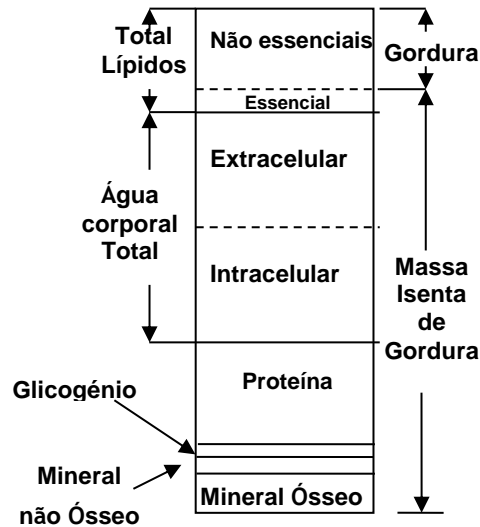


g/s; (2) mulher com um peso padrão normal que vai amamentar - ganho de 10 kg a uma taxa de 350 g/s; (3) a mulher que tem 90 a 110% do peso padrão e vai amamentar tem como objetivo aumentar 12 kg a uma taxa de 400 g/s durante o segundo e o terceiro trimestres; (4) a mulher biologicamente imatura, com menos de 90% do peso padrão ou com um IMC < 20 - ganho de 14 a 15 kg a uma taxa de 500 g/s; (5) a mulher grávida gemelar - ganho de 18 kg a uma taxa semanal de 650 g.

O ganho de peso durante a gravidez é necessário para um desenvolvimento adequado do feto. É também reconhecido que numa fase avançada da gestação o ganho de peso a mais está diretamente associado com o peso à nascença. Contudo, os dados relativos à exata contribuição das alterações da composição corporal da mãe no desenvolvimento fetal são ainda inconclusivos. Alguns estudos observaram que a massa isenta de gordura (MIG) seria a componente do peso maternal que mais diretamente estaria associada com o peso à nascença e cuja explicação pode residir na maior retenção de fluidos. Na verdade, a resistência observada à passagem da corrente (BIA) parece estar inversamente relacionada com o peso à nascença; maior resistência parece indicar menos água corporal total (ACT), e consequentemente menos MIG. Em circunstâncias normais, a ACT e o volume plasmático estão diretamente relacionados, estando este último associado ao peso à nascença. A expansão do volume plasmático pode influenciar certos ajustamentos hemodinâmicos na grávida como o débito cardíaco e, consequentemente, o fluxo sanguíneo ao útero. Apesar destes resultados, outros estudos reportaram que a massa gorda (MG) ganha no início da gravidez, estaria fortemente associada com o aumento do peso à nascença.

### 2.3. Composição corporal na gravidez e no pós-parto

A análise da composição corporal ao nível molecular, permite identificar uma grande variedade de componentes corporais, tais como água, proteínas, gordura, glicogénio, minerais, etc., ou a quantificação de diferentes massas variando estes valores de indivíduo para indivíduo, conforme a idade, o sexo e a condição física dos sujeitos. Os vários componentes a nível molecular são ilustrados na figura 1.



**Figura 1 - Componentes corporais a nível molecular**

Como pode ser observado na figura 1, os vários componentes moleculares podem ser classificados em cinco grupos principais: água, lípidos, proteína (Pro), mineral (M), e glicogénio (G), descritos de seguida.

A Água é o composto químico mais abundante no corpo humano, abrangendo 60% da massa corporal (MC) no Homem de Referência. A água corporal total (ACT) distribui-se pelos compartimentos extracelulares (AEC) e intracelulares (AIC). A Água extracelular inclui cinco subcompartimentos: intersticial, plasmático, tecido conectivo, osso e o trato gastrointestinal. Este compartimento pode ser avaliado através da contagem de potássio por contagem radioativa corporal total e da água corporal total, ou apenas através de métodos de diluição como o brometo de sódio, tiosulfato de sódio, entre outros. Uma interpretação apropriada da AEC no contexto clínico é crítica dado que este compartimento varia marcadamente de volume, tanto na saúde como na doença. A avaliação deste composto molecular é de especial importância na monitorização do estado de certas doenças que promovem a expansão de fluidos extracelulares, como a insuficiência renal e a acromegalia. A Água intracelular, compartimento aquoso distribuído no meio intracelular, é um componente molecular cuja avaliação e monitorização são fundamentais, já que alterações neste componente estão associadas a alterações no estado nutricional e metabólico do organismo. No estado avançado de algumas doenças como o cancro e a SIDA, verifica-se uma perda deste composto molecular, o que reflete uma perda de massa celular nestes pacientes.

A Proteína inclui quase todos os compostos que contêm azoto, variando de simples aminoácidos a nucleoproteínas complexas. Embora existam variadas famílias de proteínas, os



métodos não invasivos disponíveis permitem estimar apenas a proteína total e as proteínas musculares e não musculares.

O Mineral descreve uma categoria de compostos inorgânicos contendo uma abundância de elementos metais (e.g., cálcio, sódio, e potássio) e não metais (e.g., oxigênio, fósforo, e cloro). Os minerais abrangem quase 5% da MC em adultos saudáveis e são distribuídos em dois componentes importantes: mineral ósseo e minerais não ósseos. O maior constituinte do mineral ósseo (Mo) é a hidroxiapatite de cálcio, com pequenas contribuições feitas pelo sódio, potássio, magnésio, e cloro. Os minerais não ósseos incluem íons bem conhecidos, tais como,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

O Glicogênio é a forma principal de armazenamento dos hidratos de carbono, correspondendo a menos de 1 kg em adultos saudáveis; os restantes hidratos de carbono são considerados insignificantes. A crescente disponibilidade de sistemas de ressonância magnética nuclear por espectroscopia tem permitido novas informações não invasivas sobre o montante e as alterações dinâmicas no glicogênio intracelular.

Os lípidos são definidos como um grupo de compostos químicos que são insolúveis na água e solúveis em solventes orgânicos, tais como o éter etílico, benzina e clorofórmio. Dos cinco componentes moleculares acima descritos, os lípidos são os componentes mais confusos porque os termos lípido e gordura são, muitas vezes utilizados de forma imprecisa e considerados a mesma coisa. O termo gordura é sinônimo de triglicérido e, portanto, gordura é claramente uma subcategoria do lípido total. Os Lípidos Essenciais incluem os fosfolípidos, esfingolípidos e esteróides, fundamentais em vários processos bioquímicos e fisiológicos. Os Lípidos Não Essenciais, ou triglicéridos são as principais reservas de energia. No Homem de Referência, aproximadamente 90% dos lípidos totais corporais são não essenciais, enquanto apenas ~10% são essenciais.

Behnke (1974) propôs dois modelos teóricos (o homem e a mulher de referência), que têm sido utilizados como referência quando nos propomos comparar a composição corporal de diferentes indivíduos ou grupos. De acordo com Behnke (1974) o homem de referência possui mais peso e mais estatura, tem um esqueleto mais pesado, possui mais massa muscular e menos massa gorda que a mulher de referência (tabela 1).

**Tabela 1 - Peso dado em kg das diferentes massas que compõem a massa corporal total (MCT)**

Variáveis	Homem de Referência	Mulher de Referência
Altura	174 cm	163,8 cm
Peso	70 kg	56,7 Kg
Massa Muscular	31,3 Kg (44,7%)	20,4 Kg (36%)
Massa Gorda	10,5 Kg (3% e 12%)	15,3 Kg (12% e 15%)
Massa Óssea	10,1 kg (14,4%)	6,8 kg (12%)
Massa Residual	17,5 kg (25%)	14,2 kg (25%)

Behnke, A.R. (1969) New concepts in height-weight relationship. In N. Wilson (Ed.) Obesity, pp. 36-78. F.A. Davis, Philadelphia. Behnke, A.R.; Wilmore, J.H. (1974) Evaluation and regulation of body build and composition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Segundo Wilmore e colaboradores (2008), apesar do padrão proposto por Behnke (1974) ser considerado até ao momento o mais correto, não diferencia a gordura essencial da gordura específica. McArdle e colaboradores (2001) definem gordura essencial como a gordura que é necessária para o perfeito funcionamento do organismo e que se acumula na medula óssea, no coração, pulmões fígado, baço, rins, intestinos, músculos e tecidos ricos em lípidos localizados no sistema nervoso central. Nas mulheres, segundo Behnke (1974) a gordura específica do sexo feminino, presente principalmente na região mamária e região pélvica faz parte integrante dos lípidos essenciais. Assim, o homem e mulher de referência de Behnke (1974) apresentam uma gordura essencial de 3% e 12% (sendo 3% a gordura essencial e 9% a gordura específica) do peso corporal. Os lípidos não essenciais representam as principais reservas de energia, e embora representando uma enorme variabilidade individual, referem-se a 15% do peso corporal das mulheres e 12% do peso corporal dos homens (McArdle *et al.*, 1996).

### 2.3.1. Alterações do tecido adiposo

#### 2.3.1.1. Funções da gordura

A quantidade relativa de gordura corporal (% de massa gordada) é a medida de composição corporal que mais vezes é avaliada. Esta circunstância prende-se não só com o facto da quantidade de gordura de um indivíduo ou população poder estar relacionada com a diminuição da qualidade de vida e com o aparecimento de certas doenças mas também com o facto de existirem métodos e técnicas de avaliação da gordura relativamente fáceis de utilizar e que apresentaremos mais à frente neste capítulo.

Não obstante a existência desta relação, a gordura não deve ser considerada um tecido indesejado no organismo humano. A gordura apresenta um conjunto de funções úteis ao funcionamento orgânico como sejam: 1) função energética, as reservas energéticas do



organismo encontram-se sobretudo sob a forma de lípidos; 2) função estrutural, as membranas celulares são de origem lipídica; 3) função reguladora, os lípidos são precursores de hormonas esteroides; 4) função de transporte, as vitaminas lipossolúveis são transportadas através de partículas lipídicas contidas no sangue (lipoproteínas); 5) função de armazenamento, as vitaminas lipossolúveis são armazenadas nos lípidos; 6) função de controlo do apetite, refeições ricas em gordura atrasam o esvaziamento do estômago mantendo a sensação de saciedade durante mais tempo; 7) função de amortecimento de choques, há maior incidência de fraturas na sequência de quedas em pessoas magras do que em pessoas gordas; e 8) função de isolamento térmico, as pessoas com maior quantidade de gordura resistem melhor ao frio do que as pessoas magras.

### ***2.3.1.2. Alterações do adipócito***

A variação da gordura corporal pode acontecer quer devido a variações na quantidade de triglicéridos armazenados no interior do adipócito (hipertrofia) quer como resultado de alterações do número de células adiposas (hiperplasia). No indivíduo adulto normal, o volume do adipócito está relacionado com a quantidade de triglicéridos armazenados no interior das células adiposas. Contudo, existe um limite biológico, correspondente a um conteúdo lipídico de cerca de 1,0 µg, ou seja, cerca de 20% a 25% do volume inicial, para além do qual se torna estruturalmente impossível aumentar o tamanho das células tornando-se necessário, por esta razão, que se criem novas células adiposas de dimensões mais reduzidas mas que facilmente aumentam de volume. As propriedades elásticas da célula não só são limitadas como também podem diminuir em consequência de sucessivos aumentos e diminuições do tamanho dos adipócitos.

As mulheres com excesso de gordura apresentam muitos adipócitos cujas dimensões estarão próximo do seu limite biológico sendo por isso necessário a criação de outras células de tamanho reduzido (hiperplasia celular). Ao contrário, as mulheres magras apresentarão uma maior resistência ao aumento do número de adipócitos e de peso em momentos particulares como acontece na gravidez. Na prática, uma grávida terá mais condições para engordar durante a gravidez ou mais dificuldade em emagrecer após o nascimento da criança se: (1) durante a fase de crescimento e como resultado do estilo de vida, nomeadamente redução de atividade física ou de elevado consumo energético, condicionou o natural aumento das fibras musculares e do número de células adiposas; (2) se antes da gravidez tiver vivido vários episódios de emagrecimento e tenha alterado as propriedades elásticas dos tecidos particularmente dos adipócitos, diminuindo desta forma a possibilidade mecânica de redução do tamanho celular resultado numa menor redução da saciedade; (3) se aumentar exageradamente de gordura durante a gravidez, já que a diminuição da gordura corporal



resulta da redução do conteúdo lipídico existente nas células adiposas mas não do seu número torna-se por este facto e a partir desse momento, menos capaz de resistir ao aumento de gordura corporal.

### 2.3.1.3. Normalidade e valores de corte

A definição de normalidade baseia-se, habitualmente, na comparação dos valores individuais com os valores médios da população de referência. No entanto, os limites de normalidade alteram-se de acordo com a população e a idade dos indivíduos em estudo (tabela 2).

**Tabela 2 - Percentagem de gordura média para adultos (adaptado de Heyward e Stolarczyk, 1996)**

Tabela percentual de gordura		
	Homem	Mulher
<b>Muito Magro</b>	≤ 5%	≤ 8%
<b>Magro</b>	6% - 14%	9% - 22%
<b>Aceitável</b>	15%	23%
<b>Gordo</b>	16% - 24%	24% - 31%
<b>Obeso</b>	≥ 25%	≥ 32%

### 2.3.1.4. Distribuição de gordura corporal

O padrão de distribuição de gordura tem origem em fatores como a idade, o dimorfismo sexual, o tipo morfológico e a idade de desenvolvimento da obesidade. A maior parte dos trabalhos desenvolvidos nesta área baseiam-se no valor das pregas adiposas subcutâneas (dada pelo somatório) do tronco (central) e das extremidades (periférica) ou no quociente perímetro da cintura/perímetro da anca. Quando este quociente é elevado significa que há maior quantidade de gordura na região central (distribuição andróide) e quando é baixo a concentração de gordura é maior nas extremidades (distribuição ginóide). O aumento de gordura na região abdominal é seguramente mais grave do que a acumulação glúteo-femoral porque constitui um fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardíacas, de acidentes isquémicos transitórios (AIT) ou de diabetes (Hermsdorff & Monteiro, 2004).

A idade de desenvolvimento da obesidade condiciona o padrão de distribuição de gordura e o desenvolvimento de outros tecidos capazes de produção de força e energia. O dimorfismo sexual relativo às diferenças regionais de gordura subcutânea resulta, para alguns autores, da ação dos recetores e/ou metabolismo dos adipócitos, assim como da atividade da enzima lipoproteína lipase (LPL). Assim, enquanto no género feminino a atividade da LPL é maior na região glúteo-femoral, no género masculino há maior tendência para armazenar gordura na



região abdominal, sendo por isso maior a ação da LPL nesta região (McArdle *et al.*, 1996). Deste modo não só é mais fácil ter mais vezes mulheres endomorfas e com uma gordura tipicamente ginóide como é mais fácil que estas características sejam acentuadas durante alguns períodos da nossa vida como na primeira infância e durante a gravidez.

### 2.3.2. Aumento da massa gorda durante a gestação e no pós-parto

O aumento de massa gorda durante a gestação varia entre 3 a 6 kg (Hytten & Leitch, 1971; Durnin *et al.*, 1987; van Raaij *et al.*, 1987; Forsum *et al.*, 1988, Chamberlain & Pipkin, 1988). Tal como vem descrito no *WHO Collaborative Study* (WHO, 1999) espera-se que uma gestante com um ganho médio de MCT de 12 kg (entre 10 e 14 kg) tenha um aumento de gordura médio de 3,7 kg (MG) (entre 3,1 e 4,4 kg). Segundo Butte e King (2005) a velocidade média de deposição da gordura é de 8 g/dia no primeiro trimestre, de 26 g/dia no segundo trimestre, e variável no terceiro (-7 e +23 g/dia). Tal como podemos ler na tabela 3 quer as primeiras 10 semanas de gestação quer as últimas 10 semanas são irrelevantes relativamente ao aumento total de gordura descrito por Hytten em 1974. Grande parte do aumento de gordura descrito faz-se entre a 10.<sup>a</sup> e a 30.<sup>a</sup> semanas (cerca de 3,26 kg).

**Tabela 3 - Variação do peso e massa gorda total ao longo do tempo de gestação**

	Sem Edema					Com Edema			
	Antes	Semanas de Gestação				Semanas de Gestação			
		10	20	30	40	10	20	30	40
<b>MCT (kg)</b>	60	60,66	64	68,5	72,5	60,66	64,47	69,95	75,72
<b>Massa Gorda (kg)</b>	18	18,33	20,06	21,59	21,83	18,33	20,06	21,59	21,83

Para uma mulher de referência que apresente uma massa isenta de gordura de 42 kg antes da gravidez e que apresente um ganho de gordura tal como foi descrito por Hytten (1974) em van Raaij *et al.* (1988). New equations for estimating body fat mass in pregnancy from density or total body water. *Am J Clin Nutr*, 48, 24-29

A grávida precisa de armazenar gordura para fazer frente ao enorme acréscimo de energia despendida ao longo de todo o processo gestacional e particularmente durante os 4 e 6 meses fetais sendo por isso compreensível que 60% (tabela 3) deste aumento de gordura aconteça antes da 18.<sup>a</sup> semana (Forsum *et al.*, 1988). O padrão de mudança da gordura não é afetado se a gestante apresentar um edema tal como podemos observar na tabela 4 (Taggart *et al.*, 1967). Contudo o edema pode afetar as medidas das pregas particularmente ao nível dos membros inferiores e no final da gestação (WHO, 1999).



**Tabela 4 - Aumento do peso e da massa gorda total, em mulheres com e sem edema, ao longo do tempo de gestação**

	Sem Edema				Com Edema			
	Semanas de Gestação				Semanas de Gestação			
	10	20	30	40	10	20	30	40
<b>MCT (g)</b>	656	4000	8500	12500	656	4470	9946	15717
<b>Massa gorda (g)</b>	328	2064	3594	3825	328	2064	3594	3825

Para uma mulher de referência que apresente uma massa isenta de gordura de 42 kg antes da gravidez e que apresente um ganho de gordura tal como foi descrito por Hytten (1974) em van Raaij et al. (1988). New equations for estimating body fat mass in pregnancy from density or total body water. *Am J Clin Nutr*, 48, 24-29

A gordura não se distribui nem aumenta uniformemente (coxas, abdómen e costas). Todas as pregas adiposas estudadas aumentam até às 30 semanas contudo o aumento de gordura é maior na zona central, em especial na zona glútea-femoral, do que na zona periférica e não é proporcional à espessura inicial das dobras cutâneas. A gordura armazenada na zona glúteo-femoral parece ser uma gordura de proteção e por esse facto só é mobilizada nas últimas semanas do período gestacional e durante a lactação (Rebuffle-Scrive *et al.*, 1985; Rebuffle-Scrive, 1987). Durante as últimas 10 a 12 semanas de gravidez alguma desta gordura é mobilizada para ir ao encontro das necessidades do feto em crescimento (Hytten & Leitch, 1971; Taggart *et al.*, 1967; Adair & Pollitt, 1983; Adair *et al.*, 1984; Forsum *et al.*, 1989). Este processo de diminuição da gordura continua após o nascimento, perdendo a mulher que amamenta cerca de 0,8 kg de gordura por mês (Prentice *et al.*, 1992; Butte & Hopkinson, 1998; Forsum *et al.*, 1989; Schutz *et al.*, 1980) preferencialmente na zona glúteo-femoral tal como se pode atestar pela diminuição preferencial das pregas medidas nesse local (Rebuffle-Scrive *et al.*, 1985).

Segundo Norgan (1992), as maiores alterações de gordura subcutânea acontecem nas regiões subescapular, axilar, suprailíaca e abdominal sendo praticamente nulas as alterações das pregas tricípital e bicípital. A prega subescapular tem sido frequentemente estudada nesta população pela razão óbvia de estar localizada num local de fácil acesso. Contudo, por não ser um local particularmente relevante no que se refere às diferenças de gordura neste período as conclusões parecem não ser claras relativamente à variação desta prega durante o tempo de gestação. Para Marques (1999), a prega subescapular depois de mostrar grande estabilidade durante o primeiro trimestre aumenta até ao fim da gestação. Para Hediger e colaboradores (1994), durante o segundo trimestre, a gordura subescapular pode diminuir parecendo não sofrer grandes alterações do segundo para o terceiro trimestre. Entre as 30 a 38 semanas de gravidez, os padrões passam a ser variáveis e dependentes do local da prega. As pregas dos membros, em especial a prega tricípital, diminuem no terceiro trimestre, em especial antes do parto, embora a prega média da coxa pareça ter um comportamento diferente, ou seja, continue a aumentar durante este período. Contudo, a partir da 30.<sup>a</sup>



semana, outros locais de medida podem também não apresentar grande mudança ou até mostrar uma ligeira diminuição tal como parece acontecer com a prega tricípital.

As preocupações com o desenvolvimento da obesidade levaram alguns autores a examinar a relação entre o ganho de peso e de gordura e peso inicial e diferentes índices de massa corporal (IMC), antes da gravidez (tabela 5). O aumento da massa gorda durante a gestação é maior para as mulheres com baixo peso ou peso dentro dos valores normais do que para aquelas que apresentam excesso de peso, e igualmente superior nas primíparas que nas múltíparas. Relativamente a esta relação Lederman e colaboradores (1993) verificaram que a massa gorda ganha, entre as semanas 14 e 37, estava significativamente associada ao peso ganho e negativamente associada com o peso antes da gravidez. Contudo, as mulheres de baixo peso, que ganharam peso dentro dos valores recomendados apresentaram, no final da gravidez, uma massa gorda semelhante àquela apresentada pelas mulheres com peso normal no início da gravidez. Os mesmos autores verificaram ainda, que as mulheres obesas que cumprissem rigorosamente as recomendações dadas pelo IoM, relativamente ao aumento de peso, não aumentariam a massa gorda.

**Tabela 5 - Alterações da composição corporal durante a gravidez a partir de modelos a quatro compartimentos em mulheres com diferentes índices de massa corporal (IMC) antes da gravidez**

	Baixo Peso (IMC<19,8) n=21	Peso Normal (IMC=19,6-26) n=118	Excesso de Peso (IMC>26-29) n=29	Obesidade (IMC>29) n=28
Ganho de peso recomendado (kg)	12,5-18	11,5-16	7-11,5	≥7 <sup>b</sup>
Ganho de peso nas semanas 14-37 (kg)	12,6	12,2	11,0	8,7
Ganho de água corporal total nas semanas 14-37 (kg)	6,1	7,0	7,8	7,3
Ganho de gordura nas semanas 14-37 (kg)	4,8	3,9	2,8	0,2
<i>Para mulheres com ganhos recomendados</i>	<i>(n=7)</i>	<i>(n=46)</i>	<i>(n=9)</i>	<i>(n=6)</i>
Ganho de gordura nas semanas 14-37 (kg)	6,0	3,8	2,8	-6
Gordura corporal total na 14. <sup>a</sup> semana (kg)	12,2	17,9	25,1	33,1
Gordura corporal total na 37. <sup>a</sup> semana (kg)	18,2	21,7	28,0	32,5

Nota: IMC= Índice de Massa Corporal.<sup>b</sup> o intervalo aceite para mulheres obesas foi de 7-9,2 kg

Os detalhes do desenvolvimento destes modelos (4C ou tetracompartimentais), considerados a referência na avaliação da massa gorda ao nível molecular, serão explicados na secção 2.4.

Também Butte e colaboradores (2004) mostraram que, o aumento de massa gorda (MG) difere entre os diferentes grupos de IMC, ou seja, o grupo de gestantes com um IMC médio inicial de 18,8 apresenta um aumento de gordura de 5,2 kg (3,4%); as mulheres que apresentam um IMC inicial de 22,1 apresentam um aumento de 4,2 kg (0,7%) e se forem consideradas obesas e apresentarem um IMC médio de 28,8 um aumento de 6,1 kg (-0,1%) mostrando deste modo que as mulheres com IMC mais baixo têm um aumento de gordura superior ao esperado. Constatou-se ainda que após as 38 semanas e imediatamente após o parto, todos os locais de



medida apresentam uma diminuição de gordura subcutânea passando a variabilidade do comportamento das pregas a ser de novo perceptível (Taggart *et al.*, 1967). O aumento da prega tricípital no pós-parto, pode indicar que a gordura (em especial da coxa) mobilizada após o parto, sobretudo para compensar as necessidades energéticas resultantes do aleitamento, não está a ser utilizada como se esperava (Forsum *et al.*, 1989). Este facto indica que não só a quantidade mas o padrão de distribuição de gordura pode sofrer alterações com a gravidez. Embora as primíparas pesem em geral mais que as nulíparas, incluídas inicialmente no mesmo grupo de IMC, e apresentem maior quantidade de gordura subcutânea, apresentam simultaneamente uma menor quantidade de gordura na zona glúteo-femoral como indicam as medidas das pregas da coxa e suprailíaca (Lassek & Gaulin, 2006) (tabela 6).

**Tabela 6 - Variação da massa gorda total durante a gestação e no pós-parto**

	Gestação				Pós-Parto		
	0 sem	9 sem	22 sem	36 sem	2 sem	6 sem	27 sem
<b>MCT (kg)</b>							
IMC Baixo	49,9	51,9	57,7	63	54,8	54,4	51,9
IMC Normal	59,3	60,2	65,1	72,2	64,8	63,7	61,5
IMC Elevado	77,3	81	85,8	93,8	84,6	83,9	81,9
<b>IMC</b>							
IMC Baixo	18,8	19,7	21,8	23,6	21	20,8	19,7
IMC Normal	22,1	22,3	24,1	26,8	24,2	23,8	22,9
IMC Elevado	28,8	30,2	32	34,9	31,6	31,4	30,4
<b>Massa Gorda kg</b>							
IMC Baixo	10,9	12,4	15,1	16,1	14,7	14,9	13,9
IMC Normal	16,8	17,2	19,1	21	20,6	20,3	18,2
IMC Elevado	30,9	33	34,8	37	35,2	35,3	33,7
<b>% Massa Gorda</b>							
IMC Baixo	21,9	23,7	26,1	25,3	26,7	27,2	26,6
IMC Normal	27,9	28,5	29,2	28,6	31,4	31,4	29,3
IMC Elevado	39,2	39,9	40,1	39,1	41,2	41,6	40,3

Adaptado de Butte *et al.* (2004). Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *Am J Clin Nutr*, 79: 1078-87.

No pós-parto a diminuição de peso é superior nas mulheres que antes da gestação apresentavam um índice de massa corporal menor. Às 27 semanas, após o parto, todas as mulheres apresentavam aproximadamente mais 2 kg que o seu peso inicial. Contudo, estas diferenças não são da mesma grandeza se considerarmos os grupos de IMC estudados, ou seja, as mulheres com um IMC mais baixo apresentavam às 27 semanas um acréscimo de 3 kg de gordura, as mulheres consideradas dentro dos valores normais um acréscimo de 1,4 kg apresentando as obesas um acréscimo de 2,8 kg mostrando estes resultados que a redução de gordura é mais efetiva no grupo de mulheres com um IMC normal. Finalmente é relevante dizer que embora as mulheres mais magras (ou com um IMC inferior) apresentem um aumento proporcionalmente maior de gordura após o parto, as obesas apesar de apresentarem um acréscimo de peso superior após o parto (27 semanas) não apresentam valores relativamente mais elevados de gordura.



### 2.3.3. Alterações da massa isenta de gordura

#### 2.3.3.1. A massa corporal magra e massa isenta de gordura

A massa corporal magra calcula-se subtraindo à massa corporal total do indivíduo da massa gorda armazenada, que em Behnke (1969) inclui a gordura específica. Assim, no homem de referência, a massa corporal magra é de 61,6 kg e inclui, aproximadamente, 3% ou 1,9 kg de gordura essencial. Na mulher, o limite inferior para a massa corporal total é habitualmente referenciado como massa corporal mínima e inclui igualmente uma percentagem de gordura específica (9%) o que representa, na mulher de referência, uma massa corporal mínima de 48,2 kg. O conceito de massa corporal mínima para as mulheres, proposto por Behnke em 1959, baseou-se em considerações teóricas. Contudo, na prática, são raramente referenciados valores de percentagem de gordura corporal inferiores a 10%. McArdle e colaboradores (1996) e Chipkevitch (1995) reportaram para o sexo feminino um limite mínimo de gordura corporal entre 13% e 17%, abaixo do qual segundo os autores aumentaria a incidência de distúrbios do ciclo menstrual (atrasos no aparecimento da menarca, oligomenorreia ou amenorreia) ou outros. Contudo no estudo da composição corporal poucas vezes se fala de massa corporal magra mas antes de massa isenta de gordura que é composta por água, mineral (ósseo e não ósseo), proteína e glicogénio.

Lohman e colaboradores (1984) verificaram que, entre a adolescência e a idade adulta, as alterações no conteúdo de massa isenta de gordura ocorrem essencialmente devido à diminuição da quantidade de água e ao aumento da proteína e do mineral ósseo. É a alteração destes dois componentes de maior densidade (1,34 kg/L e 3,038 kg/L), que determina o aumento da densidade da massa isenta de gordura, em ambos os sexos, desde o nascimento até à idade adulta.

### 2.3.4. Alterações da massa isenta de gordura na grávida e no pós-parto

Como podemos observar na tabela 7 uma mulher com um peso inicial de 60 kg, uma massa isenta de gordura de 42 kg e com um aumento de peso, durante o tempo de gestação, de 12,5 kg deve teoricamente aumentar cerca de 8,5 kg de massa isenta de gordura sendo este aumento, ao contrário do que descrevemos para a gordura, muito superior nas mulheres com edema (11,9 kg) em particular durante as últimas 10 semanas de gestação. Da massa isenta de gordura fazem parte as proteínas corporais das quais 42% são depositadas no feto, 17% no útero, 14% no sangue, 10% na placenta e 8% no tecido mamário. No total prevê-se teoricamente um aumento de 925 g de proteína embora, tendo em conta a relação potássio:



azoto (K: N) dos tecidos do feto (2,15 meq K/g N), alguns autores (King *et al.*, 1973; Pipe *et al.*, 1979; Forsum *et al.*, 1988; Butte *et al.*, 2003) tenham chegado a valores de 686 g de proteína depositada. Faz ainda parte do peso de massa isenta de gordura e a água corporal que aumenta durante a gestação cerca de 7,6 kg em particular nas últimas 10 semanas podendo, no caso das mulheres com edema, aumentar neste mesmo período cerca de 5 kg.

**Tabela 7 - Variação da massa isenta de gordura (MIG) e dos seus componentes, durante a gestação em mulheres com edema e sem edema**

	Sem Edema				Com Edema			
	Semanas de Gestação				Semanas de Gestação			
	10	20	30	40	10	20	30	40
Massa corporal (kg)	656	4000	8500	12500	656	4470	9946	15717
MIG (kg)	328	1936	4906	8675	328	2406	6352	11892
Proteína (g)	36	165	498	925				
Água (g)	292	1730	4294	7613	292	2200	5740	10830
Massa residual (g)	0	41	114	137				
Densidade corporal (kg/L)	1,020	1,027	1,032	1,030	1,022	1,020	1,023	1,019
% Água MIG	89	89,4	87,5	87,8	89	91,4	90,4	91,1

Os valores de densidade foram calculados a partir das densidades de 0,9937 g/cm<sup>3</sup> para a água; de 3,317 g/cm<sup>3</sup> para o mineral; e de 1,34 g/cm<sup>3</sup> para a proteína e de 2,0 para a massa residual. Para uma mulher de referência que apresente uma massa isenta de gordura de 42 kg antes da gravidez e que apresente um ganho de gordura tal como foi descrito por Hytten (1974) em van Raaij *et al.* (1988). New equations for estimating body fat mass in pregnancy from density or total body water. *Am J Clin Nutr*, 48, 24-29

Por esta razão as variações da densidade da massa isenta são evidentes durante todo o período de gestação especialmente devido às variações de água e proteína corporais. Embora não sendo consensuais, as variações de densidade corporal descritas nas tabelas 7 e 8 mostram que a densidade corporal é inferior nas mulheres com edema e menores no fim do tempo gestacional.



**Tabela 8 - Variação da massa isenta de gordura (MIG) durante a gestação, entre a 10.<sup>a</sup> e a 40.<sup>a</sup> semanas, em mulheres com e sem edema**

	Sem Edema					Com Edema			
	Semanas de Gestação					Semanas de Gestação			
	Antes	10	20	30	40	10	20	30	40
<b>Massa Corporal (kg)</b>	60	60,66	64	68,5	72,5	60,66	64,47	69,95	75,72
<b>MIG (kg)</b>	42	42,33	42,94	46,91	50,67	42,33	44,41	48,35	53,89
<b>Densidade corporal (kg/L)</b>	1,03	1,0304	1,0263	1,024	1,0232	1,0304	1,026	1,0228	1,0218

Os valores de densidade foram calculados a partir das densidades de 0,9937 kg/L para a água; de 3,317 kg/L para o mineral; e de 1,34 kg/L para a proteína e de 2,0 para a massa residual. In van Raaij et al. (1988). New equations for estimating body fat mass in pregnancy from density or total body water. Am J Clin Nutr, 48, 24-29.

Segundo Butte e colaboradores (2004), a quantidade de massa isenta de gordura aumenta 7,9 kg no grupo de mulheres com baixo IMC, 8,3 kg nas mulheres com um IMC normal e 9,3 kg nas mulheres obesas. Este aumento faz-se sobretudo nas últimas semanas do período gestacional chegando às 6 semanas após o parto a valores de massa isenta de gordura praticamente idênticos aos valores iniciais. Ao contrário, a deposição de proteína (611 g) difere relativamente pouco entre os grupos de IMC e em todos eles é superior no último trimestre. Apesar de ligeiramente superior no grupo de baixo IMC e no grupo de elevado IMC às 27 semanas, após o parto já todas as mulheres apresentam valores de proteínas corporais semelhantes aos apresentados antes da gestação (tabela 9).

**Tabela 9 - Variação da massa corporal total (MCT), do índice de massa corporal (IMC), Proteína Total e Massa Isenta de Gordura, durante a gestação e pós-parto**

	Gestação				Pós-Parto		
	0 sem	9 sem	22 sem	36 sem	2 sem	6 sem	27 sem
<b>MCT (kg)</b>							
<b>IMC Baixo</b>	49,9	51,9	57,7	63	54,8	54,4	51,9
<b>IMC Normal</b>	59,3	60,2	65,1	72,2	64,8	63,7	61,5
<b>IMC Elevado</b>	77,3	81	85,8	93,8	84,6	83,9	81,9
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>							
<b>IMC Baixo</b>	18,8	19,7	21,8	23,6	21	20,8	19,7
<b>IMC Normal</b>	22,1	22,3	24,1	26,8	24,2	23,8	22,9
<b>IMC Elevado</b>	28,8	30,2	32	34,9	31,6	31,4	30,4
<b>Proteína Corporal Total (kg)</b>							
<b>IMC Baixo</b>	6,9	6,8	6,9	7,5	7	6,9	6,8
<b>IMC Normal</b>	7,6	7,4	7,5	8,0	7,6	7,5	7,6
<b>IMC Elevado</b>	7,9	7,8	8,2	9,0	8,1	8	8
<b>Massa Isenta de Gordura (kg)</b>							
<b>IMC Baixo</b>	39	39,6	42,6	46,9	40,2	39,5	37,9
<b>IMC Normal</b>	43,1	43	46	51,4	44,2	43,5	43,3
<b>IMC Elevado</b>	47,8	48,9	51	56,9	49,4	48,6	48,5

Lederman e colaboradores (1993) realizaram um estudo longitudinal sobre as alterações da composição corporal durante a gravidez no início dos anos 90. Neste projeto, a água e a densidade (ou volume) corporal foram determinadas, respetivamente, pelo método de diluição do deutério e pela pesagem hidrostática em 200 mulheres entre as 14 e as 37



semanas. O mineral ósseo foi avaliado após o parto pela densitometria radiológica de dupla energia (DXA), sendo usado um modelo a quatro compartimentos (4C) para calcular a MG às 14 e 37 semanas. Os resultados de 196 mulheres que completaram todas as avaliações essenciais são apresentados na tabela 10. Num estudo publicado mais tarde (Kopp-Hoolihan *et al.*, 1999), 56 mulheres foram medidas antes da gravidez e nas semanas 10, 26, 36 e à 4.<sup>a</sup> a 6.<sup>a</sup> semanas após o parto, utilizando um modelo a 4C. O mineral ósseo total foi considerado como 1,235 vezes superior ao conteúdo mineral ósseo estimado pela DXA, assumindo que o mineral ósseo do feto ao nascer seria 2,32% do peso à nascença (*i.e.*, 81 g para um peso à nascença de 3500 g). O mineral ósseo do feto em outros momentos de avaliação foi estimado como uma percentagem do valor à nascença. A proteína corporal total foi estimada antes e depois da gravidez como a diferença entre a MIG calculada e a soma da água e do mineral. Valores intermédios da proteína corporal nas semanas 10, 26 e 36 foram estimados com base na determinação do conteúdo em proteína, do peso ganho em cada intervalo, e da estimativa de proteína antes da gravidez. A MIG foi estimada nas semanas 10, 26 e 36 a partir da subtração da massa gorda obtida pelo modelo a 4 compartimentos pela massa corporal. Butte e colaboradores (1997) com recurso a um modelo semelhante a 4C determinaram a MG e a MIG de 65 mulheres na 36.<sup>a</sup> semana e duas vezes no pós-parto e encontraram valores de alteração da MG de -2 kg.

Importa acrescentar que a composição da MIG (água, mineral, proteína) determinada nestes estudos foi utilizada para calcular a percentagem de contributo de cada um destes componentes na MIG. Utilizando valores conhecidos para a densidade da água, proteína e mineral, Kopp-Hoolihan e colaboradores (1999) determinaram valores médios para a densidade da MIG. Estes estudos permitiram reunir informações mais completas sobre a composição corporal, ao nível molecular, durante a gravidez.

Apresentamos na tabela 10 um resumo das principais investigações produzidas com mulheres acompanhadas durante a gravidez utilizando como referência o modelo a 4C.



**Tabela 10 - Estudos que compararam diferentes modelos de composição corporal na mesma mulher grávida com a composição corporal na mulher grávida a partir de estudos longitudinais utilizando modelos a quatro compartimentos**

	Antes	10 sem	14 sem	26 sem	37 sem	Antes até 37 sem	Desde a 14 sem	
<i>Lederman et al. 1993)</i>								
Peso (kg)	63,4 <sup>a</sup>		65,4		77,0	13,6 <sup>a</sup>	11,6	
Massa Gorda (kg)			21,4		24,8		3,3	
Água Corporal Total (kg)			32,4		39,4		7,0	
Peso à Nascimento (kg)								3,45
	Antes				36 sem	Antes até 37 sem	3 meses após	6 meses após
<i>Butte et al (1997)</i>								
Peso (kg)	61,3				75,4	15,9	65,0	64,0
Massa Gorda (kg)					23,2		21,7	20,6
Massa Isenta de Gordura (kg)					52,2		43,3	43,4
Porcentagem de Massa Gorda					30,2		32,6	31,1
Peso à Nascimento (kg)								3,46
	Antes	10 sem		26 sem	36 sem	Antes até 37 sem	4-6 sem após	
<i>Koop-Hoolihan et al. (1999)</i>								
Peso (kg)	64,7	64,9		72,1	75,9	11,2	68,0	
Massa Gorda (kg)	20,2	20,3		24,4	24,3	4,1	22,0	
Água Corporal Total (kg)	33,5	33,9		36,5	39,1	5,6	33,8	
Massa Isenta de Gordura (kg)	46,3	46,7		49,7	52,8	6,5	46,7	
Peso à Nascimento (kg)								3,56

Tabela adaptada de Lederman 2005 (Pregnancy. In: Human Body Composition, 299-312). Referências: Lederman *et al.* Body Composition Measurements During Pregnancy. New York: Plenum; 1993:193-195; Butte *et al.* (1997) Leptin in Human Reproduction: Serum Leptin Levels in Pregnant and Lactating Women, *J Clin Endocrinol Metab* 82: 585-589; Kopp-Hoolihan *et al.* Fat mass deposition during pregnancy using a four-component model. *J Appl Physiol* 1999;87:196-202.

Num outro estudo conduzido por Larciprete e colaboradores em 2003, a alteração de massa gorda e água corporal ao longo da gestação em 170 mulheres grávidas foi monitorizada através da bioimpedância com 4 espectros de frequência (Tefal, Rowenta, France). Com base nos resultados obtidos utilizando somente a frequência 50 kHz, os autores publicaram valores de percentis (5, 25, 50, 75 e 95) para a massa corporal e a água corporal total, em função da idade gestacional (tabela 11). Estes valores podem ser úteis no acompanhamento da gravidez, sobretudo para que seja possível diagnosticar alguma complicação na durante a gestação.

A composição corporal (CC) da mulher grávida com complicações hipertensivas difere daquela com um curso normal de gestação, especialmente na água corporal total. As diferenças neste componente podem ser avaliadas por BIA, o que permite obter dados sobre a retenção hídrica anormal durante a gravidez. A tabela 11 apresenta valores de percentis para a água que podem ser úteis na prática clínica para identificar grávidas que ainda não tenham desenvolvido edema, hipertensão ou proteinúria. Mulheres acima do percentil 95 deveriam



ser acompanhadas de forma a ser possível diagnosticar e tratar atempadamente qualquer complicação hipertensiva durante a gestação.

**Tabela 11 - Valores de percentis (5, 25, 50, 75 e 95) com base no acompanhamento de 170 mulheres grávidas são apresentados para a massa corporal e a água corporal total (ACT) durante a gestação.**

Os dados foram obtidos através da derivação de polinómios de segunda ordem

	Percentil 5	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 95
Idade Gestacional (semanas)	<b>Massa Corporal Total (kg)</b>				
10	51,0	58,5	64,1	68,6	80,0
14	50,0	57,0	62,1	67,3	81,4
18	50,0	57,1	63,8	69,0	83,0
22	51,0	59,1	65,6	71,0	84,3
26	53,7	61,4	68,0	74,0	88,8
30	55,1	63,3	71,1	77,0	91,0
34	57,1	65,0	71,8	79,0	92,0
37	61,0	67,5	73,9	80,0	91,0
	<b>Água Corporal Total (litros)</b>				
10	33,4	36,8	39,3	42,4	49,6
14	30,0	35,0	37,8	41,8	50,5
18	30,1	35,4	38,1	44,6	51,6
22	32,5	36,7	39,3	42,1	52,4
26	33,6	37,8	39,6	45,8	55,0
30	34,1	39,3	43,0	48,3	56,2
34	35,8	39,3	42,0	46,9	59,2
37	40,3	41,8	45,8	48,0	56,4

Referência: Larciprete *et al.* Body composition during normal pregnancy Acta Diabetologica 2003 40:S225-S232.

## 2.4. Métodos de avaliação da composição corporal durante a gravidez

### 2.4.1. Métodos de avaliação do nível molecular

Existem vários modelos de avaliação da massa gorda. A complexidade destes modelos pode variar consoante a fase ou estado em que se encontra o indivíduo, sendo de realçar as circunstâncias inerentes ao crescimento, envelhecimento, estado de saúde e gravidez. Assim, em função das alterações morfológicas e fisiológicas ao longo da vida e da validade esperada, também a complexidade na determinação da CC a nível molecular pode variar e condicionar a escolha do modelo mais adequado. Os modelos moleculares mais simples denominam-se modelos a dois compartimentos (2C). No entanto, quando é necessária uma maior validade na determinação da CC devem ser privilegiados modelos moleculares multicompartimentais como os modelos a 3 e a 4 compartimentos (3C e 4C).

O nível molecular pode ser descrito como qualquer uma das seguintes combinações: (1) Modelo a dois-compartimentos - Massa Corporal = gordura + massa isenta de gordura; (2) Modelo a três-compartimentos - Massa Corporal = gordura + água + massa residual (*i.e.*, a



soma de proteína, mineral e glicogénio) ou Massa Corporal = gordura + mineral + massa residual (*i.e.*, a soma de proteína, água, e glicogénio); (3) Modelo a quatro-compartimentos - Massa Corporal = gordura + água + mineral + massa residual (*i.e.*, a soma de proteína e glicogénio). Apesar de algumas incertezas nestes modelos quanto à inclusão da componente essencial dos lípidos, desde que os termos a nível molecular sejam coerentes entre si, será a massa isenta de gordura que a componente essencial lipídica deve ser incluída. Desta forma, a massa isenta de gordura ou massa magra, termo amplamente usado, referem-se à soma da massa isenta de gordura incluindo os lípidos essenciais.

#### **2.4.1.1. Modelos bicompartmentais**

Ao longo da vida vão ocorrendo alterações moleculares, nomeadamente na composição molecular da massa isenta de gordura. O reconhecimento de que a massa gorda é um composto químico mais homogéneo do que a massa isenta de gordura (cujos principais compostos moleculares são a água, a proteína e mineral) e as implicações decorrentes da assunção de um valor constante para a densidade da MIG no adulto (1,1 kg/L), parecem comprometer a correta estimacão da massa gorda em grupos diferenciados. De facto, no homem de referência, os vários componentes da MIG parecem apresentar uma relativa proporcionalidade, isto é 73,8% é água corporal total (embora, o valor médio encontrado em vários mamíferos esteja nos 73,2 %), 19,4 % proteína e 6,8% mineral (Brozek *et al.*, 1963). O pressuposto da relativa estabilidade do valor da densidade da MIG foi fundamental no desenvolvimento de alguns métodos de avaliação da massa gorda como a pesagem hidrostática e a pletismografia por deslocamento de ar (onde a densidade corporal é determinada pela divisão do peso pelo volume corporal), assentes num modelo simples, conhecido como o modelo a dois compartimentos (2C). Este modelo que divide a massa corporal nos compartimentos MG e MIG assenta no pressuposto de que a densidade da MG e da MIG são de 0,9007 e 1,1 kg/L respetivamente, e que a proporção dos vários componentes da MIG (água, proteína e mineral) é constante.

No entanto, durante a gravidez a composição da MIG pode variar substancialmente limitando a aplicação de modelos a 2C na determinação da MG ao longo da gravidez. O ganho de MIG verificado ao longo da gravidez pode ser composto por mais de 90% em água (Kopp-Hoolihan *et al.*, 1999). Parece existir um aumento de 6L de água localizada em tecidos como o plasma, útero, glândulas mamárias, líquido amniótico, placenta e feto. Porém, a variabilidade interindividual é tão elevada que, na fase avançada da gravidez, e em caso de edema, a diferença na acumulação de água pode variar entre 1,5 a 4,5 L. Dada a dificuldade em prever o grau de hidratação na mulher grávida, os modelos a 2C apresentam uma aplicabilidade limitada.



#### 2.4.1.1.1. Técnicas apropriadas na avaliação da MG através de modelos a 2C

##### 2.4.1.1.1.1. Técnicas Densitométricas:

A pesagem hidrostática, e mais recentemente, a pletismografia por deslocamento de ar, constituem as duas técnicas densitométricas mais utilizadas na avaliação da composição corporal, pelo que de seguida são enunciados os princípios e sua aplicabilidade na grávida.

#### **Pesagem hidrostática**



**Figura 2 - Pesagem hidrostática**

A avaliação da CC pela pesagem hidrostática (figura 2) baseia-se no princípio de que o volume do corpo que entra na água é igual ao volume de água que sai. Desta forma, é possível estimar o volume e a densidade corporais. Após calculada a densidade corporal ( $D_c$ ) a massa gorda é estimada através da fórmula de Siri, desenvolvida em 1961:  $\%MG = (4,95/D_c - 4,5)/100$ . Nesta fórmula é assumido o pressuposto de que os componentes moleculares da MIG apresentam uma relativa estabilidade resultando num valor estável para a densidade da MIG ( $1,1 \text{ g/cm}^3$ ). Para realizar esta técnica é necessário disponibilidade de espaço e tempo não sendo prática a sua utilização em estudos que envolvam a medição de um número elevado de grávidas.



### Pletismografia por Deslocamento de ar



**Figura 3 - Pletismógrafo**

A pletismografia por deslocamento de ar (figura 3) é uma técnica densitométrica utilizada na avaliação da composição corporal, concebida para estimar o volume e densidade corporais. Neste caso a determinação da densidade corporal é conseguida dividindo o peso pelo volume corporal obtido a partir de um sistema que utiliza para esse fim o deslocamento do ar. Após efetuadas as devidas correções ao primeiro volume corporal estimado pelo pletismógrafo (BOD POD®, Life Measurement Inc., Concord, CA, USA), o valor encontrado é utilizado para o cálculo da densidade corporal ( $D_c$ ) que é convertido em MG, de acordo com a fórmula mencionada na técnica densitométrica anterior. Dada a enorme facilidade, rapidez de execução e segurança na utilização deste equipamento para avaliação da composição corporal, esta técnica tem vindo a ser amplamente utilizada na determinação da massa gorda, podendo ser utilizada com segurança em grávidas.

### Validade e Precisão das técnicas densitométricas

Visto que a massa gorda é calculada assumindo que todos os componentes da massa isenta de gordura, ou seja, água (0,9937 kg/L), mineral (3,317 kg/L) e proteína (1,34 kg/L) têm uma distribuição proporcional na MIG e por isso calculada assumindo um valor de densidade, relativamente estável no adulto, de 1,1 kg/L, os cálculos subsequentes na determinação da MG podem ser sub ou sobrestimados se na realidade o valor da densidade da MIG for superior ou inferior a 1,1 kg/L. No caso da mulher grávida, dado que o contributo da água na MIG pode ser superior ao do adulto normal, a densidade da MIG pode apresentar valores inferiores a 1,1 kg/L, pelo que o cálculo da MG na grávida utilizando esta técnica pode ser sobrestimado.

Em virtude dos pressupostos subjacentes à utilização desta técnica, os estudos de validação deste método apresentam resultados que variam em função da população utilizada. Sabe-se hoje que, ao longo da vida, a contribuição dos componentes da MIG varia, pelo que a validade



da estimação da massa gorda obtida por esta técnica, em grupos diferenciados, como crianças e idosos, pode apresentar um erro de estimação elevado (cerca de 2-3%), podendo estes erros ser ainda mais elevados na grávida (até 5%) consoante se apliquem ou não fatores de correção para a densidade da MIG, discutidos mais à frente.

A reprodutibilidade desta técnica na estimação da %MG, indicada pelo coeficiente de variação (medida de dispersão, definida em percentagem pelo rácio do desvio-padrão em relação à média dos valores obtidos) varia entre 1,7 a 4,5% no cálculo da %MG.

#### 2.4.1.1.1.2. Técnicas Hidrométricas



**Figura 4 - Espectrómetro de massas de razões isotópicas para determinação da água corporal total**

A hidrometria (figura 4), determinada por métodos de diluição, utiliza isótopos, nomeadamente o deutério para medição da água corporal (ACT). É um método seguro na avaliação durante a gravidez. No entanto, apesar de precisa e válida trata-se de uma técnica que implica recursos materiais e humanos especializados e alguma morosidade na recolha e análise dos dados. Uma vez estimada a ACT, a determinação da CC é obtida assumindo um valor para a hidratação da MIG, que em adultos é aproximadamente 73,2%, superior em crianças e aumenta com o tempo de gravidez. Esta técnica não é prática quando se pretende avaliar um número elevado de grávidas.

Ao longo da vida a contribuição dos componentes da água na MIG varia, pelo que a validade da estimação da massa gorda obtida por esta técnica, em grupos diferenciados, como crianças e idosos, pode apresentar um erro de estimação elevado (cerca de 2-3%) e ainda mais elevado na grávida, pelo que é necessária a aplicação de fatores de correção para a hidratação da MIG, apresentados mais à frente. A reprodutibilidade desta técnica, indicada pelo coeficiente de variação, situa-se abaixo de 1,5% (tabela 12).



**Tabela 12 - Modelos para estimar a massa gorda corporal total (MG) baseados na medição da massa e volume corporais (Vc) ou da água corporal total**

Modelo	Propriedade Medida	Componente(s) conhecida	Referência
2-Compartimentos			
$MG=4,95 \times BV - 4,50 \times Mc$ (densitometria)	BV, Mc	Nenhuma	Behnke <i>et al.</i> , 1942
$MG= Mc - ACT/0,732$ (hidrometria)	ACT, Mc	ACT	Schoeller, 1980

Abreviaturas: Vc, volume corporal; Mc, massa corporal; ACT, água corporal total; Mo, mineral ósseo; M, mineral total (ósseo e não ósseo). Referências: Behnke et al. (1942). The specific gravity of healthy men. *Journal of The American Medical Association* 118:495-498; Schoeller et al. (1980). Total body water measurement in humans with  $^{18}O$  and  $^2H$  labeled water. *Am J Clin Nutr* 33,2686-2693.

#### 2.4.1.2. Modelos tricompartmentais

Ao contrário da homogeneidade da massa gorda, a constituição da MIG tende a ser mais heterogênea devido à diversidade dos seus componentes, que variam em função de vários fatores. Tem sido observado, por exemplo, que perdas rápidas de peso, estados de doença ou alterações que decorrem do processo de crescimento, afetam a composição da MIG e portanto o respetivo valor da densidade, que pode ser inferior ou superior ao valor de 1,1 kg/L. Desta forma, para evitar a utilização destes pressupostos na avaliação da MG, torna-se crucial a avaliação de mais do que dois compartimentos. A avaliação da água corporal em adição à estimativa da densidade ou volume corporal obtida por métodos densitométricos, permite a avaliação da massa corporal em 3 compartimentos, massa gorda, água e massa residual (proteína e mineral). Ao ser avaliado o maior componente molecular da MIG, a água corporal, um menor número de pressupostos passam a ser considerados no cálculo da MG, já que o valor deste componente, que pelos fatores já anunciados, pode estar abaixo ou acima do valor de referência para o adulto (73,2%), passou a estar controlada. Assim, ao passarmos da avaliação da MG através de modelos a 2C para 3C contribuimos de forma evidente para a correta estimativa da MG seja alcançada (tabela 13).

**Tabela 13 - Modelos para estimar a massa gorda corporal total (MG) baseados na medição da massa e volume corporais (Vc) e água corporal total ou mineral**

Modelo	Propriedade Medida	Componente(s) conhecida	Referência
3-Compartimentos			
$Gordura=2,057 \times BV - 0,786 \times ACT - 1,286 \times MC$	Vc, Mc	ACT	Siri, 1961
$Gordura=6,386 \times BV + 3,961 \times mineral - 6,09 \times MC$	Vc, Mc	Mineral	Lohman, 1986

Abreviaturas: Vc, volume corporal; Mc, massa corporal; ACT, água corporal total; Mo, mineral ósseo; M, mineral total (ósseo e não ósseo). Referências: Siri (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of method. In: Henschel (Ed). *Techniques for measuring body composition*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, National Research Council. p 223-244; Lohman (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. In: Holloszy (Ed). *Exercise and Sports Science Reviews*. vol. 14: Williams e Wilkins. p 325-357.

Considerando ainda uma abordagem a 3C, a DXA é uma técnica imageológica que permite estimar a composição da massa corporal em massa gorda, mineral ósseo e massa isenta de gordura e osso (figura 5). Uma descrição mais detalhada desta técnica é apresentada de seguida.



**Figura 5 - Densitometria Radiológica de Dupla Energia (DXA)**

Originalmente criada para determinar o mineral ósseo e respetiva densidade mineral óssea, a tecnologia da DXA foi adotada subsequentemente para a avaliação da composição corporal total e regional. A DXA tem sido considerada um dos métodos mais usados em diversas populações pela sua reduzida exposição à radiação, baixo custo e rapidez, o que explica a frequente utilização desta técnica em vários estudos. A utilização desta técnica durante a gravidez está desaconselhada dado envolver algum nível de radiação.

A DXA utiliza uma fonte de dupla energia que é emitida de forma sincronizada entre 70 e 140 kV (variando consoante a marca). Esta técnica apresenta a vantagem de ser um modelo molecular a 3C, como referido anteriormente, que quantifica a massa gorda, massa isenta de gordura e osso (MIGO) e o mineral ósseo, quer a nível regional como total. No entanto, na obtenção destes componentes são assumidos alguns pressupostos. O conteúdo de massa gorda e de MIGO é estimado a partir de constantes de atenuação para a gordura pura ( $R1 = -1,21$ ) e para a MIGO ( $R2 = -1,399$ ). Estes são os primeiros grandes pressupostos na utilização desta técnica. Dada a relativa estabilidade destas constantes de atenuação, o rácio de atenuação das energias baixas em relação às de maior energia, referentes aos raios-X emitidos de baixa e alta voltagem, é função da proporção de gordura e de MIGO para cada pixel, permitindo determinar estes dois componentes. Uma outra assunção na utilização desta técnica diz respeito à espessura das medições antero-posteriores que se assumem não afetar as avaliações dos diferentes componentes. Por último, esta técnica assume que a área do corpo analisada na obtenção dos vários componentes, nomeadamente os tecidos moles, é contabilizada através de um algoritmo que permite estimar a área que não é possível ser analisada por estar adjacente ao osso. De uma forma genérica os estudos de validação apontam para um erro de estimação da %MG que varia de 1 a 3%. A reprodutibilidade dos vários sistemas é elevada, especialmente na obtenção do conteúdo mineral ósseo cuja precisão indicada pelo coeficiente de variação pode variar de 0,6 a 1,6%.



### 2.4.1.3. Modelos tetracompartimentais

Nas últimas décadas foram publicados vários modelos moleculares multicompartimentais (tabela 14). Na generalidade, estes modelos foram desenvolvidos a partir de equações simultâneas, que podem incluir dois ou mais componentes desconhecidos, e/ou a propriedade mensurável. A água total corporal (componente) estimada por diluição de isótopos, o mineral ósseo (componente) através da DXA e a densidade corporal (propriedade) através de técnicas densitométricas. No entanto, os modelos tetracompartimentais são dispendiosos, requerem tempo, o que não facilita uma implementação alargada na maioria dos laboratórios. Por exemplo, para avaliar a massa gorda através de um modelo a quatro compartimentos seriam necessárias muitas horas para a sua conclusão. Normalmente começa com a diluição de isótopos para a avaliação da água corporal total e da massa corporal (Mc). De seguida, é efetuada a pesagem hidrostática ou a pletismografia por deslocamento de ar para medição do volume corporal (Vc) e a DXA para estimar o mineral ósseo. Um total de quatro variáveis mensuráveis, ACT, Mc, Vc, e Mo são usadas para calcular a massa gorda (tabela 14).

**Tabela 14 - Modelos para estimar a massa gorda corporal total (MG) baseados na medição da massa e volume corporais (Vc), água e mineral**

Modelo	Prop. Medida	Comp(s) conhecida	Referência
4-Compartimentos			
$Gordura=2,75 \times Vc - 0,714 \times ACT + 1,148 \times M - 2,05 \times MC$	Vc, Mc	ACT, M	Baumgartner <i>et al.</i> 1991
$Gordura=2,75 \times Vc - 0,714 \times ACT + 1,129 \times Mo - 2,037 \times MC$	Vc, Mc	ACT, Mo	Selinger, 1977
$Gordura=2,513 \times Vc - 0,739 \times ACT + 0,947 \times mineral - 1,79 \times MC$	Vc, Mc	ACT, Mo	Heymsfield e col. 1996

Abreviaturas: Vc, volume corporal; Mc, massa corporal; ACT, água corporal total; Mo, mineral ósseo; M, mineral total (ósseo e não ósseo). Referências: Baumgartner *et al.* (1991). Body composition in elderly people: Effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 53:1345-1353; Selinger (1977). The body as a three component system. Tucson: University of Arizona.; Heymsfield *et al.* (1996). Multicomponent molecular level models of body composition analysis. In: Roche AF, Heymsfield, SB, and Lohman, TG (Eds) Human Body Composition. Human Kinetics, Champaign, IL, pp 129-47.

A massa gorda podia ser avaliada pelo modelo convencional a dois-compartimentos, usando técnicas densitométricas para medir o volume corporal ou hidrométricas para medir a água. No entanto, os pressupostos da estabilidade da densidade da massa isenta de gordura ou da hidratação da MIG, respetivamente na utilização de técnicas densitométricas ou hidrométricas, tornariam imprecisa a avaliação da massa gorda durante a gravidez já que ocorrem processos fisiológicos que afetam as proporções dos vários compartimentos da massa isenta de gordura, nomeadamente alterações hídricas e na distribuição de fluidos.



#### 2.4.1.4. Alterações moleculares durante a gravidez

Ao longo da gravidez a composição da massa isenta de gordura (MIG) altera-se o que invalida a utilização de modelos a dois compartimentos na determinação da massa gorda (MG). Mesmo se o erro for baixo relativamente à maior quantidade de MIG, o erro na estimação da gordura é proporcionalmente maior já que a quantidade de MG é relativamente menor. O problema é exacerbado quando a informação desejada é a alteração de MG. Mesmo erros relativamente baixos (~1kg) na MIG podem resultar em erros de 20 a 50% nas alterações de MG (tabela 15).

**Tabela 15 - Comparação da massa gorda (MG) e alterações da MG em mulheres grávidas a partir de modelos a dois, três e quatro compartimentos**

	Antes	14 semanas	37 semanas	2 semanas pós-parto
Lederman et al. (1993)				
Peso (kg)	62,6	66,0	77,4	69,3
Água Corporal Total (L)		34,0	41,3	
<b>Massa gorda estimada (kg):</b>				
<b>Modelos a 2 compartimentos</b>				
Água Corporal Total (técnica hidrométrica)		21,5	21,8	
Pesagem Hidrostática (técnica densitométrica)		22,3	28,0	
<b>Fatores de Correção</b>				
Correção de Fidanza à hidratação da MIG <sup>a</sup>		22,0	23,7	
Correção de van Raaij à densidade da MIG <sup>b</sup>		22,1	25,6	
<b>Modelo a 4 compartimentos</b>				
	Antes		36 semanas	15 semanas pós-parto
Hopkinson et al. (1997)				
Peso (kg)	60,7		74,6	66,3
<b>Massa gorda estimada (kg):</b>				
<b>Modelos a 2 compartimentos</b>				
Água Corporal Total (técnica hidrométrica)			20,8	20,8
Pesagem Hidrostática (técnica densitométrica)			25,6	23,2
Correção de van Raaij à densidade da MIG*			23,3	-
<b>Modelos a 3 compartimentos</b>				
			23,0	21,9
<b>Modelo a 4 compartimentos</b>				
			22,8	22,0

Tabela adaptada de Lederman 2005 (Pregnancy. In: Human Body Composition, 299-312).

Referências: Lederman et al. Body Composition Measurements During Pregnancy. New York: Plenum; 1993:193-195; Hopkinson et al. Body fat estimation in late pregnancy and early postpartum: Comparison of two-, three-, and four-component models. Am J Clin Nutr 1997; 65:432-438; Fidanza F. The density of fat-free body mass during pregnancy. Int J Vitam Nutr Res 1987;57:104; van Raaij et al. New equations for estimating body fat mass in pregnancy from body density or total body water. Am J Clin Nutr 1988;48:24-9.

<sup>a</sup> Constantes para a hidratação da MIG (0,7404 na semana 14 e 0,7583 na semana 37)

<sup>b</sup> Constantes para a densidade da MIG (1,099 na semana 14 e 1,089 na semana 37)

O avanço tecnológico possibilitou a avaliação multicompartimental da composição corporal durante a gravidez e permitiram uma melhor compreensão das alterações fisiológicas e da composição corporal na gravidez. A água é um compartimento importante a avaliar durante a gravidez já que a água aumenta substancialmente e a magnitude deste aumento varia



consideravelmente entre mulheres. Apesar das alterações de mineral ósseo durante a gravidez serem conhecidas como de pouca relevância, as diferenças entre mineral ósseo nas mulheres é elevada. Visto que a densidade do mineral ( $2,982 \text{ g/cm}^3$ ) é quase o triplo da dos restantes componentes da MIG, variações pequenas de mineral ósseo podem ter um impacto elevado na densidade da MIG.

Os modelos a 4C que incluem medições do peso, água, densidade ou volume e mineral ósseo contabilizam a maioria da variabilidade dos componentes que contribuem para as alterações importantes durante a gravidez. Desta forma, o modelo a 4C, tal como referido previamente, é considerado o estado da arte na determinação da composição corporal durante a gravidez. No início dos anos 90, estudou-se pela primeira vez as alterações ocorridas na composição corporal durante a gravidez utilizando um modelo a 4C. O peso, a água e a densidade corporal foram avaliados nas semanas de gestação 14 e 37 e o mineral ósseo foi medido 3 semanas após o parto. A MG foi também calculada a partir de modelos a 2C (densitométricos e hidrométricos) utilizando os pressupostos tradicionais para a densidade e hidratação da MIG e os fatores de correção propostos por Fidanza (1987: hidratação da MIG = 0,7404 na semana 14 e 0,7583 na semana 37) e por van Raaij e colaboradores (1988: densidade da MIG = 1,099 na semana 14 e 1,089 na semana 37). Esta comparação ilustrou vários pontos cruciais. Em primeiro lugar, as diferenças na determinação da MG com recurso a diferentes métodos aumentam com o desenvolvimento da gravidez. Em segundo lugar, mesmo que as diferenças entre métodos sejam relativamente baixas no início da gravidez, no final da gravidez são elevadas, resultando em diferenças elevadas na estimativa da MG. No fim do tempo de gravidez a diferença entre as médias obtidas pelos diferentes métodos, após terem aplicado fatores de correção para o cálculo da hidratação e da densidade da MIG, assumindo como referência os resultados observados pelo modelo a 4C, foi de 35% o que torna os valores individuais observados ainda menos válidos. Hopkinson e colaboradores (1997) também compararam os resultados obtidos pelos modelos a 2, 3 e 4C, confirmando os resultados anteriores, isto é, métodos diferentes produzem diferentes resultados sobretudo quando usados para monitorizar a gravidez durante o último trimestre. Deste modo, apesar das correções da hidratação e da densidade da MIG terem sido realizadas, os valores de MG obtidos durante a gravidez foram muito diferentes quando comparados com o modelo de referência deixando claro que, em estudos futuros, se deve usar métodos mais válidos como os modelos a 3 e a 4C.

Lof e Forsum (2004), acompanharam 17 mulheres grávidas antes, durante (semanas 14 e 32) e 2 semanas após o parto e verificaram que os valores de hidratação da MIG eram mais baixos antes e na semana 14, embora nesta tenham observado uma maior variabilidade interindividual. A tabela 16 apresenta as correções propostas na hidratação da MIG durante a gravidez.

**Tabela 16 - Constantes de hidratação da massa isenta de gordura em mulheres antes, durante e após a gravidez**

	Média de hidratação da Massa Isenta de Gordura	Variabilidade total de hidratação da Massa Isenta de Gordura
Antes da gravidez	0,718	0,023
14.ª semana de gestação	0,723	0,031
32.ª semana de gestação	0,747 <sup>1</sup>	0,017
2.ª semana pós-parto	0,734 <sup>2</sup>	0,020

<sup>1,2</sup>Significativamente maior do que antes da gravidez (ANOVA para medidas repetidas,  $P < 0.001$ , seguida por teste de comparações múltiplas de Turkey): <sup>1</sup> $P < 0.005$ ; <sup>2</sup> $P < 0.05$ . Referência: Lof e Forsum, Hydration of fat-free mass in healthy women with special reference to the effect of pregnancy. Am J Clin Nutr 2004; 80:960-5.

A utilização de modelos a 4C em mulheres grávidas é um desafio por diferentes razões. A pesagem hidrostática é difícil de utilizar no final da gravidez, pelo que a validação da pletismografia para determinar a densidade corporal pode ser uma alternativa útil em estudos futuros. A avaliação da água corporal através da diluição de deutério é dispendiosa e avaliação do mineral ósseo antes e após a gravidez não inclui a pequena contribuição do mineral ósseo fetal. Por outro lado, modelos multicompartimentais são particularmente úteis porque melhoram a validade da medição individual e diminui o número de sujeitos necessários.

## 2.4.2. Métodos de avaliação a nível do corpo inteiro

Nos níveis atômico, molecular, celular e tecidual-sistémico a composição corporal entre seres humanos e primatas é semelhante. Não obstante, as características complexas que diferenciam os seres humanos de todos os outros primatas são encontradas a nível do corpo inteiro. A presença de características morfológicas distintas, nomeadamente o tamanho e formas corporais, e características físicas exteriores são evidentes. Vamos nesta abordagem referir apenas as medidas que nos podem ajudar a conhecer ou prever a composição corporal na mulher grávida. Por exemplo, a medição da espessura das pregas em locais anatómicos específicos, como as pregas tricípital, subescapular, geminal, abdominal, fornecem um método simples para calcular a adiposidade e a distribuição de tecido adiposo subcutâneo. A maioria das funções matemáticas desenvolvidas através de técnicas estatísticas é efetuada a este nível. Assim, é possível encontrar várias equações para a predição da massa gorda utilizando a espessura das pregas adiposas como a propriedade medida.

### 2.4.2.1. Morfologia de Superfície

O interesse na avaliação antropométrica tem aumentado pela sua enorme aplicabilidade em contextos clínicos e em estudos epidemiológicos. Os instrumentos são portáteis, pouco



dispendiosos e acessíveis, e os procedimentos são simples e não invasivos. Desta forma, os métodos antropométricos são aplicáveis em estudos de larga escala permitindo obter dados epidemiológicos a nível nacional e internacional bem como a monitorização de alterações seculares.

#### 2.4.2.1.1. Peso e Estatura

Em vários estudos, as medições do peso e estatura têm sido frequentemente utilizadas, sendo das avaliações antropométricas mais reprodutíveis e com menor variabilidade inter observador. A altura na idade adulta é influenciada por fatores genéticos e nutricionais. Infelizmente muitos estudos durante a gravidez utilizaram medidas autoreportadas de altura que conduziram à sua sobrestimação (Heslehurst *et al.*, 2008). Idealmente, a estatura deve ser medida até ao milímetro, com a grávida descalça e em posição erecta. A medição deve ser retirada ainda no primeiro trimestre de gestação dado que com o avançar da gravidez observam-se algumas alterações posturais. O peso da grávida deve ser medido, sem calçado e com roupa leve, no primeiro trimestre e standardizado como o peso de partida através da utilização de uma balança digital. As alterações no peso requerem medições em dois pontos diferentes no tempo, utilizando o primeiro trimestre como o valor inicial. Alguns estudos utilizam o valor absoluto da alteração observada (exemplo, 4 kg) enquanto que outros estudos utilizam a percentagem de alteração do peso (exemplo, 4% do peso inicial).

É importante diferenciar entre alterações intencionais e não intencionais de peso. Medidas repetidas do peso materno durante a gravidez apresentam limitações com o avançar da gravidez já que incluem o aumento dos componentes uterinos. De facto, nos dias que antecedem a avaliação do desenvolvimento fetal através de ultrassonografia, muitos obstetras utilizam as medições do peso materno para identificar possíveis restrições no crescimento fetal. As recentes preocupações com a obesidade materna conduziram à publicação de novas diretrizes para o aumento de peso ao longo da gravidez (Institute of Medicine, 2009). A este propósito, e com base em modelação matemática, foram propostas recomendações para a alteração de peso, em função do índice de massa corporal antes da gravidez (tabela 17).



**Tabela 17 - Simulação de amplitudes preditas para a alteração do peso ao longo dos trimestres de gravidez de acordo com as recomendações no ganho de peso gestacional do *Institute of Medicine* de 2009, em 4 mulheres hipotéticas com diferentes índices de massa corporal (IMC) antes da gravidez**

Classificação do IMC	Peso antes da gravidez (kg)	IMC antes da gravidez	Peso gestacional ganho recomendado por trimestre	
			1.º	2.º - 3.º
Baixo peso (< 18,5 kg/m <sup>2</sup> )	45	16,9	0,5 - 2	11,4 - 15,8
Normal (18,5-24,9 kg/m <sup>2</sup> )	55	20,7	0,5 - 2	9,1 - 13,0
Peso excessivo (25-29,9 kg/m <sup>2</sup> )	72	27,1	0,5 - 2	6,0 - 8,6
Obesidade (≥ 30 kg/m <sup>2</sup> )	97	36,5	0,5 - 2	4,4 - 7,0

Adaptado de Thomas et al. (2012) Dynamic energy-balance model predicting gestational weight gain, *Am J Clin Nutr* 2012;95:115-22.

O IMC é um instrumento preciso, prático e pouco dispendioso de avaliar pessoas em estudos de larga escala. Contudo, o IMC é um marcador de adiposidade pouco válido que proporciona pouca informação sobre a distribuição da gordura corporal. Adicionalmente, como o numerador inclui as componentes MG e a MIG é espectável que este indicador apresenta limitações como marcador da adiposidade corporal, observando-se diferenças claras entre sexos, já que para o mesmo IMC, a percentagem de MG na mulher é superior à do homem. Muitos estudos epidemiológicos, incluindo aqueles com grávidas, calculam o IMC com base em medidas auto-reportadas de peso e de estatura. Contudo, e especialmente as mulheres, normalmente, sobrestimam a estatura e subestimam o peso conduzindo a uma subestimação do IMC. Na grávida, a utilização do IMC é controversa existindo vários estudos que utilizaram a medição antes da gravidez em detrimento do início da gravidez (Heslehurst *et al.*, 2008).

#### 2.4.2.1.2. Pregas Adiposas Subcutâneas

As pregas adiposas incluem a pele e o tecido adiposo subcutâneo, sendo o último composto por tecido conectivo, que inclui vasos sanguíneos e nervos, e por adipócitos que contêm triglicéridos. Em indivíduos com elevado tecido adiposo subcutâneo é maior a variabilidade intra e entre observadores na elevação da prega, pelo que se torna mais precisa a utilização de perímetros. No entanto, as pregas adiposas são menos afetadas por edema do que os perímetros, já que o adipómetro reduz a quantidade de fluido do tecido adiposo subcutâneo. As diferenças regionais e individuais na compressibilidade da prega adiposa variam com a idade, sexo e perda de peso. Quando a prega é medida, a pressão exercida pelo adipómetro desloca algum fluido extracelular. Este deslocamento é ainda mais marcante em recém-nascidos ou em estados de subnutrição que fazem aumentar a quantidade de fluido extracelular no tecido adiposo subcutâneo.

A medição de pregas adiposas subcutâneas na gravidez tem sido reportada em vários estudos. As limitações na utilização desta técnica passam pela compressibilidade e mobilidade do



tecido adiposo subcutâneo ser modificável por outros fatores sem ser o conteúdo de gordura, o que pode ser particularmente relevante na gravidez. Tem sido observado que uma elevada hidratação e/ou distorção do contorno da pele durante a gravidez pode alterar a espessura da prega sem refletir a verdadeira quantidade de tecido adiposo, sobrestimando o seu valor. Apesar desta técnica envolver um baixo custo, ser portátil e simples apresenta maior variabilidade inter e intra-observador, o que pode comprometer a precisão das medições em estudos que envolvam vários avaliadores. Podem ser encontradas instruções detalhadas na seleção dos instrumentos e procedimentos de medição de variáveis antropométricas em vários manuais, dos quais se destaca o manual utilizado pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) e revisto em 2010, e o manual desenvolvido por Lohman e colaboradores, em 1988.

Na grávida deve-se utilizar a pega a duas mãos, técnica que aumenta a precisão da avaliação das pregas subcutâneas em pessoas com peso excessivo, apesar de limitada pela abertura máxima do adipómetro escolhido (Holtain, 50 mm; Harpenden, 55 mm; Lange, 65 mm). Mais do que aconselhar a utilização de um dos equipamentos referidos, é importante recomendar que o mesmo equipamento seja utilizado durante todos os momentos de avaliação, e que o erro intra-individual seja reduzido. Muitas vezes a diferença associada à utilização de diferentes adipómetros pode não ser importante, já que os valores das diferenças entre equipamentos podem estar situados dentro do próprio erro de medição intra-individual. É por isso determinante que os avaliadores estejam bem treinados (pelo menos 50 a 100 medições em cada prega), de forma a reduzir tanto o erro intra-individual como inter-individual, aumentando assim a consistência dos dados. Desta forma, uma técnica correta e estandardizada na medição das pregas é fundamental na redução do erro inter e intra-individual pelo que é fundamental o cumprimento dos procedimentos em cima enunciados.

Utilizam-se vários locais distintos para efetuar as medições: peitoral, axilar média, tricipital, bicipital, subscapular, abdominal, suprailíaca, crural e geminal. Excepcionalmente e em algumas pregas, será indicado o procedimento utilizado por Jackson e Pollock em 1985, pelo facto das equações desenvolvidas por estes autores no cálculo da densidade corporal, terem sido amplamente validadas e generalizadas na avaliação da massa gorda em adultos.

Vários estudos de validação de equações preditivas da massa gorda com base na morfologia de superfície indicam erros na obtenção da %MG situados entre 2 e 5%. Estudos de reprodutibilidade na estimação da %MG, especialmente através de equações com base na medição de pregas adiposas, estão muito dependentes quer da técnica dos avaliadores como também do número de avaliadores. Assim, só será possível determinar a precisão de estimação da %MG se for conhecido o erro técnico de medição e do coeficiente de variação, que dependerão largamente do número de avaliadores envolvidos. De qualquer forma, como



referência, é importante que o coeficiente de variação seja inferior a 5% na avaliação das várias pregas adiposas.

### **2.4.2.2. Bioimpedância elétrica**

#### 2.4.2.2.1. Princípios teóricos

Os aparelhos de bioimpedância utilizam uma corrente que percorre o corpo com uma baixa voltagem. O condutor é a água corporal e o analisador estima a impedância deste fluido. A resistência (R) oferecida pelo corpo é a mesma observada em condutores não biológicos, ou seja, é proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à sua área de corte transversal. Assim, um indivíduo alto terá uma maior resistência que um de estatura mais reduzida bem como um indivíduo com uma área de corte transversal mais larga terá uma menor resistência relativamente a outro com uma área de corte transversal mais reduzida.

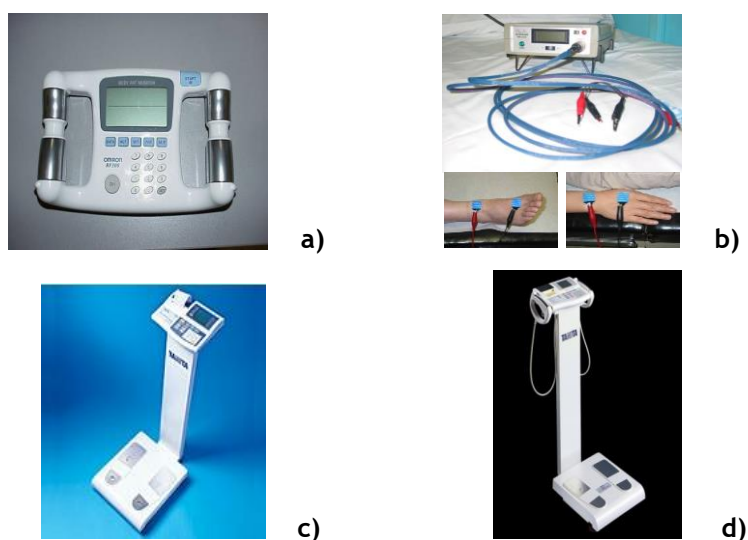
A reactância ( $X_c$ ) é causada pelo efeito da capacitância das membranas celulares, superfície de tecidos e tecidos não iônicos que retardam parte da passagem do fluxo elétrico através destes múltiplos caminhos. Em frequências de 5 kHz ou menos, a corrente elétrica flui diferencialmente através da água extracelular e a reactância é mínima. À medida que a frequência aumenta a corrente também passa para o espaço intracelular e as propriedades de capacitância, das membranas celulares e as superfícies tecidulares, retardam a corrente causando a reactância. A impedância é a oposição, dependente da frequência, de um condutor ao fluxo de passagem de uma corrente elétrica.

A impedância (Z) é determinada como a resultante entre a resistência (R) e a reactância ( $X_c$ ) estimadas a uma dada frequência de acordo com a equação:  $Z^2 = R^2 + X_c^2$ . A variação que ocorre nas resistividades específicas entre os tecidos e segmentos corporais e entre indivíduos deve-se a diferenças intra e entre indivíduos na composição dos tecidos. Esta variação pode explicar, em parte, alguns dos erros preditivos na utilização da impedância para estimar a composição corporal. Existem vários equipamentos que se baseiam nos princípios da bioimpedância elétrica classificados em duas grandes categorias: unifrequência (BIA) e multifrequência (BIS).



#### 2.4.2.2.2. Bioimpedância Elétrica de Unifrequência

Os analisadores da impedância de frequência única, isto é a 50kHz, estão limitados na sua capacidade de distinguir a distribuição de fluidos nos seus compartimentos intra e extracelulares. A utilização destes equipamentos permite estimar a massa isenta de gordura e a massa gorda direta ou indiretamente pelo recurso a equações específicas que mais à frente serão detalhadamente descritas. Alguns destes equipamentos variam em função do tipo de aplicação da corrente elétrica, isto é, método clássico (mão-pé), mão-mão, pé-pé, e mais recentemente segmentar, como pode ser observado na figura 6, apesar de mais modelos se encontrarem atualmente em comercialização.



**Figura 6 - Analisadores BIA frequência única: a) método “mão-mão”, (BF 300, Omron, Milton Keynes, UK); b) método clássico “mão-pé” (RJL System, MI, USA); c) método “pé-pé”, (TBF-410 analyser, Tanita Corp., Tokyo, Japan); d) Segmentar (TBF-418, Tanita Corp, Tokyo, Japan)**

#### 2.4.2.2.3. Bioimpedância Elétrica de Multifrequência

Os analisadores da impedância de frequência múltipla têm a capacidade de gerar um espectro alargado de frequências. Os valores de impedância medidos a partir de várias frequências podem explicar as variações entre indivíduos na composição corporal de forma mais precisa relativamente aos analisadores de frequência única. No caso do modelo ilustrado na figura 7, o espectro da impedância é modelado de acordo com o modelo de suspensão celular de Cole-Cole de forma a serem derivadas impedâncias teóricas a frequências zero e infinito com base num assentamento não-linear das resistências e reactâncias medidas pelo sistema. A água



intra e extracelular são preditas pelo modelo de Hanai. A água corporal total é estimada a partir do somatório da água intra e extra-celular.



**Figura 7 - Exemplo de Bioimpedância Elétrica de Multifrequência (BIS 4200 Xitron Technologies, Inc, San Diego, USA)**

A bioimpedância espectral (BIS) permite estimar os compartimentos de água intra e extracelulares, a água corporal total e subsequentemente a massa isenta de gordura e a massa gorda sendo aplicável a todo o tipo de populações que variam em termos de saúde, idade, etnia, entre outras condições.

Tanto na utilização da BIS como em alguns equipamentos BIA, o método clássico (mão-pé) é utilizado. Desta forma, os procedimentos são idênticos, ou seja, antes do teste ser realizado, os sujeitos estão deitados na posição de supinação com os braços e pernas em abdução com um ângulo de cerca de 45°, durante 10 minutos. Após limpeza da pele com álcool, quatro eléctrodos são colocados nas superfícies dorsais da mão e pé direitos. Os eléctrodos injectores são colocados no dorso da mão, na linha média próxima da articulação metacarpo-falângica e no dorso do pé, na linha média próxima da articulação metatarso-falângica. Os eléctrodos recetores são colocados na linha média do pulso entre as proeminências distais do radio e cúbito e no tornozelo na linha entre os maléolos. Quanto aos restantes analisadores portáteis (mão-mão, pé-pé, ou segmentar, realizadas na posição bípede), a preocupação a ter em conta prende-se com a colocação correta das superfícies em contacto com os eléctrodos, isto é, as mãos ou os pés, sendo essencial seguir as instruções de manuseamento do aparelho.

Seja qual for o analisador utilizado (unifrequência ou multifrequência), é fundamental que o estado de hidratação do indivíduo antes de ser avaliado pelo método da BIA, esteja em homeostase, pelo que é necessário o cumprimento de alguns pré-requisitos: (1) Não realizar exercício físico nas 24h que precedem o teste; (2) Não estar no período menstrual; (3) Estar em jejum ou pelo menos 4h sem comer e beber; (4) Não ingerir diuréticos (chá, café); (5) Não beber álcool 48h antes do teste; (6) Bexiga e intestinos vazios; (7) Durante o teste retirar todos os metais (pulseiras, fios, brincos, etc.); (8) Temperatura ambiente ~23°.



A utilização da BIA (uni ou multifrequência) na obtenção da massa gorda baseia-se na relativa estabilidade da hidratação da MIG (rácio água corporal/ MIG) pelo que os cálculos subsequentes não contemplam potenciais variações nesse valor. Em adultos saudáveis este rácio é genericamente considerado estável com um valor de 0,732, valor consensual encontrado em investigações efetuadas a vários mamíferos (Wang *et al.*, 1999). Estes autores indicam ainda que a amplitude destes valores no adulto pode situar-se entre 0,69 e 0,77. Apesar de pequena, esta variabilidade na razão Água Corporal/MIG aumentará o erro na predição da MIG, e consequentemente da MG. Essa variabilidade torna-se ainda mais notória em crianças, idosos e em sujeitos com determinadas doenças que potencialmente influenciem o seu estado de hidratação. Evidentemente que na mulher grávida, e como já foi mencionado na secção das alterações moleculares ao longo da gravidez, observam-se alterações na hidratação da MIG (ver tabela 18) decorrentes da expansão de água que ocorre durante a gestação.

Dada a facilidade na utilização da BIA para avaliar e monitorizar as alterações que ocorrem durante a gravidez, Yasuda e colaboradores (2003) acompanharam 334 grávidas ao longo da gestação, através da utilização de uma BIA de unifrequência (TBF-105, Tanita Corp., Tokyo), sendo registado o índice de impedância disponibilizado pelo aparelho. Este índice apresenta uma associação forte com a água corporal total, e consequentemente, com a MIG. Na tabela 18 está indicado o valor médio deste índice desde a semana 7 à semana 37 de gestação e de 2 a 20 dias no pós-parto.

**Tabela 18 - Alterações longitudinais no índice de impedância durante a gestação numa amostra de 334 mulheres grávidas**

Semana de gestação	Curso da Gravidez									Pós - Parto		
	Média	6,8	9,9	13,2	17,1	21,2	25,8	29,9	33,3	37,3	2 dias	6 dias
±	±	±	±	±	±	±	±	±	±			
DP	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,3	1,6	1,8			
<b>Índice de impedância (cm<sup>2</sup>/ohm)</b>												
Média	42,7	42,3	40,9	43,0	44,7	45,1	46,0	47,5	49,6	47,0	50,7	44,0
±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
DP	5,6	4,8	5,5	4,8	5,4*	5,4*	5,4*	6,0*	6,6*	6,6*	8,0*	5,9

Os dados estão representados como Média ± Desvio Padrão.

\*p<0,05 relativamente ao índice de resistência observado até às 8 semanas (-2 meses)

Referência: Yasuda *et al.* 2003. Bioelectrical impedance analysis in the clinical management of preeclamptic women with edema J. Perinat. Med. 31: 275-280.

Vários estudos de validação das equações preditivas desenvolvidas com base nos resultados obtidos pela BIA e pela BIS parecem apresentar um erro na obtenção da %MG inferior a 4%. Em alguns analisadores da impedância, nomeadamente o BF300 e a Tanita, não é conhecido o algoritmo que produz o resultado da avaliação da MG e MIG nem a população que serviu de base ao desenvolvimento do mesmo. Estudos de reprodutibilidade na estimação da %MG através desta técnica indicam coeficientes de variação inferiores a 2-3%.



### 2.4.3. Soluções para estimar a composição corporal

Técnicas menos dispendiosas e mais práticas têm sido usadas em cenários clínicos para calcular, durante a gravidez, componentes a nível molecular, tais como a morfologia de superfície e a análise através da impedância bioelétrica (BIA). A utilização de métodos de referência para validar algumas técnicas amplamente utilizadas como a BIA e a morfologia de superfície tem sido um aspeto crítico no desenvolvimento destes métodos alternativos e na posterior generalização da sua aplicabilidade durante a gravidez. Na tabela 19 estão descritos em detalhe os métodos de determinação da massa gorda acima mencionados.

Com a possibilidade de determinar a água corporal total (ACT) por BIA, é possível estimar a MIG utilizando valores corrigidos para a hidratação da MIG ao longo da gravidez de acordo com a equação e respetivas correções:  $MIG=0,72$  (semana 14);  $MIG = 0,747$  (Semana 32);  $MIG = 0,734$  (2 semanas pós-parto); através da equação  $MIG=ACT/HidrataçãoMIG$ . Em suma, a tabela 20 identifica e compara aspetos metodológicos, incluindo o erro e a validade das medições obtidas na gravidez e pós-parto com recurso às várias técnicas de avaliação da CC mencionadas anteriormente.



**Tabela 19 - Equações que utilizam variáveis obtidas através da morfologia de superfície e bioimpedância elétrica como preditoras da composição corporal na gravidez e no pós-parto**

Autores	Etnia	Idade (anos)	N	R	EPE	Equações
<b>Durante a Gravidez</b>						
Morfologia de Superfície						
<i>37.ª semana</i>						
Paxton <i>et al.</i> (1998)	Caucasoide Negras	18-35	200	0,94	ND	MG (kg) na 37.ª semana = 0,40 x (Peso na 37.ª sem, kg) + 0,16 x (Prega Bicipital na 37.ª sem, mm) + 0,15 x (Prega Crural na 37.ª sem, mm) - 0,09 x (Perímetro do pulso na 37.ª sem, mm) + 0,10 x (Peso antes da gravidez, kg)
<i>Alterações (14.ª para 37.ª semana)</i>						
Paxton <i>et al.</i> (1998)	Caucasoide Negras	18-35	200	0,84	ND	Alteração da MG (kg) = 0,84 x (Alteração de Peso, kg) - 6,49
Bioimpedância Elétrica						
Lukaski <i>et al.</i> (1991)	ND	22-35	10 (15 validação)	0,98	0,92 kg	ACT(L) <sup>a</sup> = 0,700 x (Estatura <sup>2</sup> ,cm/Resistência) + 0,051 x Circunferência abdominal (medida à volta umbigo, cm) - 0,069 x Peso - 0,029 x Reactância - 0,043 x Hematócrito (L/L) + 2,833
<b>Pós-Parto</b>						
Morfologia de Superfície						
<i>Não Obesas</i>						
Jackson <i>et al.</i> (1980)	ND	18-55	249	0,84	0,009 kg/L	Dc (kg/L) <sup>b</sup> = 1,089733 - 0,0009245 x (Σpregas:Tricipital,Abdominal,Supra-iliaca) + 0,0000025 x (Σpregas: Tricipital,Abdominal,Supra-iliaca) <sup>2</sup> - 0,0000979 x Idade
<i>Obesas</i>						
Weltman <i>et al.</i> (1988)	ND	20-60	110	0,76	2,90%	%MG = 0,11077 x (Circ AB) - 0,17666 x Estatura(cm) + 0,14354 x Peso + 51,03301
Bioimpedância Elétrica						
<i>Não Obesas</i>						
Segal <i>et al.</i> (1988)	Caucasoide	17-62	498	0,89	2,43 kg	MIG (kg) = 0,00108 x (Estatura,m) <sup>2</sup> - 0,0209 x Resistência + 0,23199 x Peso - 0,6777 x Idade + 14,59453
Sun <i>et al.</i> (2003)	Cauc	12-94	785	0,91	2,90 kg	MIG (kg) = 0,69 x (Estatura,cm) <sup>2</sup> / Resistência + 0,17 x Peso + 0,02 x Resistência - 9,53
<i>Obesas</i>						
Segal <i>et al.</i> (1988)	Caucasoide	17-62	175	0,95	1,97 kg	MIG (>30%MG) (kg) = 0,00091186 x (Estatura,m) <sup>2</sup> - 0,01466 x Resistência + 0,2999 x Peso - 0,07012 x Idade + 9,37938

Abreviaturas: ND, não disponível; N, tamanho da amostra; Cauc, caucasianos; MG, massa gorda; MIG, massa isenta de gordura; ACT, água corporal total, Dc, densidade corporal; r, coeficiente de correlação; EPE, erro padrão de estimação; IMC, Índice de Massa Corporal (kg/m<sup>2</sup>); Σ Pregas, somatório das pregas adiposas em mm; R, resistência (Ω); E<sup>2</sup>/R, Índice de resistência (cm<sup>2</sup>/Ω); Circ AB; circunferência abdominal média = [(AB1+AB2)/2], onde AB1(cm)=circunferência abdominal localizada anteriormente entre o apêndice xifoide do esterno e o umbigo e demarcada lateralmente entre o final da grelha costal e a crista ilíaca, e AB2(cm)=circunferência abdominal ao nível do umbigo.

Referências: Siri (1961) Body composition from fluid spaces and density: Analysis of method, National Academy of Sciences); Lof e Forsum Hydration of fat-free mass in healthy women with special reference to the effect of pregnancy. Am J Clin Nutr 2004; 80:960 -5; Paxton *et al.* Anthropometric equations for studying body fat in pregnant women. Am J Clin Nutr 1998;67: 104-110; Jackson *et al.* (1980) Generalized equations for predicting body density of women. Med Sci Sports Exerc 12 (3), 175-181; Segal *et al.* (1988) Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. Am J Clin Nutr 47 (1), 7-14; Sun *et al.* (2003) Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. Am J Clin Nutr 77 (2), 331-340; Lukaski *et al.* (1994) Total body water in pregnancy: assessment by using bioelectrical impedance. Am J Clin Nutr 59:578-585; Weltman *et al.* (1988) Accurate assessment of body composition in obese females. Am J Clin Nutr 48 (5), 1179-1183.



**Tabela 20 - Métodos de avaliação da composição na gravidez e no pós-parto: estudos anteriores, segurança, utilidade prática e limitações**

Métodos e Técnicas de Avaliação a Nível Molecular e Corpo Inteiro	Estudos anteriores em gravidez e período pós-parto	Segurança na gravidez	Apropriado para estudos de terreno	Apropriado para condições clínicas	Comentários
Morfologia de Superfície: Índice de Massa Corporal (IMC)	Gravidez	Sim	Sim	Sim	Simples mas apenas na identificação do risco de gravidez em mulheres obesas
Morfologia de Superfície: Pregas adiposas (com ou sem inclusão de perímetros)	Gravidez	Sim	Sim	Sim	Simples
Água corporal total - Espectrometria de massa de razões isotópicas estáveis (TBW)	Gravidez	Sim	Não	Sim	Equipamento complexo
Pesagem hidrostática (densidade corporal - Dc)	Gravidez	Sim	Não	Sim	Equipamento complexo
Pletismografia por deslocamento de ar "Bod Pod"	Gravidez	Sim	Não	Sim	Equipamento complexo
Bioimpedância Elétrica Unifrequência (BIA)	Gravidez	Sim	Sim	Sim	Simples
Bioimpedância Elétrica Multiespectral ou Espectral (BIS)	Gravidez	Sim	Sim	Sim	Equipamento especializado mas portátil
Densitometria radiológica de dupla energia (DXA)	Pós-parto	Não	Não	Sim (Pós-Parto)	Equipamento complexo
Modelos a 3 compartimentos (medição da Act e Dc)	Gravidez	Sim	Não	Sim	Envolve utilização de vários equipamentos complexos
Modelos a 4 Compartimentos	Gravidez	Sim (desde que a DXA seja realizada após a gravidez)	Não	Sim	Envolve utilização de vários equipamentos complexos

#### 2.4.4. Conclusão e recomendações futuras

A massa gorda é um importante preditor do desenvolvimento fetal apenas em mulheres que apresentem um IMC abaixo do tercil inferior. Por outro lado, a MIG e a água corporal total explicam a maior proporção de variabilidade do peso à nascença quando comparados com o peso maternal ganho durante a gravidez, considerado um importante preditor do peso à nascença.

É recomendado que o cálculo do IMC durante a gravidez e o peso gestacional ganho sejam baseados em medições efetuadas (e não auto-reportadas) antes da gravidez. Desta forma, a utilização da antropometria na avaliação da adiposidade é geralmente uma opção pouco dispendiosa, válida e aplicável, quer nos países desenvolvidos como naqueles em vias de desenvolvimento. Em particular, o IMC tem sido útil para identificar a obesidade maternal em



mulheres cuja gravidez é de alto risco. Contudo, apresenta grandes limitações na identificação das causas adversas dos resultados clínicos de mulheres obesas.

Perceber os mecanismos de causalidade é fundamental quando se pretende melhorar a determinação do risco ou identificar quais as intervenções que podem ter sucesso ou ainda quando se pretende monitorizar o efeito de intervenções conduzidas com mulheres obesas. Em geral, os métodos de avaliação da CC são dispendiosos e difíceis de aplicar fora do contexto laboratorial. De entre os métodos mais práticos na determinação da CC materna realçamos a utilização de equações antropométricas desenvolvidas especificamente para avaliar a MG da grávida e a análise por bioimpedância elétrica, sobretudo com recurso aos novos equipamentos recentemente comercializados. No entanto, outros estudos longitudinais devem ser conduzidos para conhecer a validade destes equipamentos na avaliação clínica durante a gravidez.

Dado que os ganhos de massa gorda durante a gravidez podem variar bastante, mesmo para um dado aumento de peso, a monitorização dos ganhos de MG e água durante a gravidez pode ser benéfica em conjunto com outros cuidados regulares. Para que se possam ser estabelecidas intervenções consistentes é preciso compreender quais as determinantes nas alterações da MG e da água durante a gravidez. Deste modo, é imperativa a implementação de estudos longitudinais cuidadosamente desenhados, em amostras maiores que incluam mulheres grávidas de diferentes pesos iniciais, estaturas, paridade e etnia, de forma a aumentar o conhecimento nesta área. Este trabalho é necessário para ajudar a identificar prospetivamente mulheres em risco de ganhar massa gorda em excesso e de reter mais peso, e para identificar os fatores dietéticos e comportamentais que possibilitem intervenções preventivas.

## 2.5. O balanço energético

Teoricamente é possível manter o mesmo peso corporal se o gasto energético for igual ao consumo de energia. Porém esta equação estática do balanço energético não está exatamente em conformidade com a realidade. Ao contrário, este processo é dinâmico e mesmo que aconteçam grandes desequilíbrios energéticos o corpo, sempre que necessário, volta a procurar e a assumir novos patamares de equilíbrio, abaixo ou acima do anterior. Suponhamos que uma pessoa aumenta o peso sobretudo por aumento das reservas de massa gorda. Neste caso ficaria mais pesada, apresentando proporcionalmente menos músculo e por isso menos capacidade de trabalho. Neste caso o metabolismo basal diminui de modo a produzir a mesma quantidade de trabalho, durante o mesmo tempo mas mantendo



aproximadamente o mesmo gasto total o que só é possível gastando menos energia por kg de peso. Esta alteração vai conduzir a uma nova situação de equilíbrio energético. Sendo assim, a relação entre consumo e gasto calórico não é estática, ou seja, sempre que se alteram as características morfológicas dos indivíduos a circunstância energética também sofre adaptações procurando uma nova situação de equilíbrio.

A maior parte da energia que resulta da metabolização do organismo é energia perdida sob a forma de calor. Do total de energia consumida só cerca de 1/5 (entre 10% a 30%) é utilizada em trabalho útil ou trabalho biológico. Para quantificar o balanço energético devemos conhecer os diferentes componentes do gasto energético (*output*), a saber: metabolismo basal, efeito termogénico dos alimentos e em especial conhecer o gasto energético em diferentes atividades.

### 2.5.1. Taxa metabólica basal e taxa metabólica de repouso

A taxa metabólica basal (TMB) representa o dispêndio energético necessário para manter as funções vitais do organismo, ou seja, para manter a vida celular. O metabolismo basal tem como objetivo resolver processos tão diversos quanto o mecanismo de transporte ativo, o tónus muscular, os batimentos cardíacos, os movimentos respiratórios, a produção de proteínas e de outros compostos biológicos e a manutenção de muitas outras atividades corporais. Muitas vezes as pessoas relacionam equilíbrio energético com atividade física julgando ser esta a sua principal fonte de gasto energético. Contudo, num dia com 24 horas, uma hora de atividade física, mesmo que muito intensa, representa uma quantidade muito pequena de energia tendo em conta o dispêndio energético diário total. Ao contrário a taxa metabólica basal representa uma parte substancial da energia total despendida durante o dia, está presente durante todas as atividades executadas pelo sujeito ao longo do dia, e corresponde a 60% ou a 70% do gasto total de energia consumida de uma pessoa média. Sendo assim, o gasto que decorre das alterações do metabolismo basal, embora não se perceba de imediato, provoca ao longo do tempo grande instabilidade no equilíbrio calórico. Por isso mesmo, muitos dos métodos usados para perder peso resumem-se a aumentar o metabolismo basal dos sujeitos ou seja aumentar o estado de ativação do corpo e desta forma o seu dispêndio basal.

A taxa metabólica basal representa a quantidade de energia dissipada sob forma de calor durante um dado período de tempo e sob certas condições. Esta taxa deverá ser determinada com o indivíduo deitado em repouso absoluto, mantendo-se acordado, numa sala a uma temperatura e humidade ambiente de conforto ( $-22^{\circ}$ ), após um jejum de pelo menos 12h. A taxa metabólica basal específica é expressa em kcal/kg/dia. A obtenção desta medida é



pouco prática, não só porque o indivíduo tem que estar deitado e ligado a um analisador de gases durante 45 a 60 minutos, como é preciso assegurar que a avaliação é realizada em condições ambientais termoneutras.

As exigências técnicas são tão grandes quando queremos determinar com precisão a taxa metabólica basal, que normalmente opta-se por uma situação menos exigente e determina-se a taxa metabólica de repouso (TMR) em condições da vida real. Esta taxa resulta do dispêndio de energia de um indivíduo quando não está a fazer “nada” embora possa estar a fazer “alguma” coisa, ou seja, possa estar na posição de sentado mas sem produzir qualquer movimento. O dispêndio, neste caso, não é basal mas reflete o que está a ocorrer em condições reais, isto é, a qualquer hora do dia e sem estar completamente em repouso. Assim, a TMR corresponde à energia despendida numa situação de repouso nas condições da vida real (0,0175 kcal/kg/min). O indivíduo pode estar sentado desde que não esteja a produzir trabalho físico ou a executar uma tarefa particular, embora possa a circunstância avaliada incluir trabalho anti-gravítico, ou postural.

Existem inúmeros fatores que podem afetar o índice metabólico basal ou de repouso: (1) a quantidade de tecido muscular metabolicamente mais ativo, razão pela qual os homens tem uma taxa metabólica basal 5 a 10% superior às mulheres; (2) a idade, apresentando os mais novos uma atividade celular aumentada, especialmente durante o crescimento; (3) a temperatura corporal, normalmente superior à temperatura ambiente obrigando a sua manutenção a um gasto considerável de energia (o índice metabólico basal aumenta entre 7% a 13% por grau Celsius); (4) o jejum ou a subnutrição que baixa o metabolismo de repouso funcionando nos períodos de grande diminuição do aporte calórico, como um mecanismo de defesa protetor da perda de peso ao permitir conservar energia; (5) a atividade hormonal da tiróide, a leptina ou a quantidade de epinefrina e adrenalina circulantes que podem aumentar ou diminuir a TMR, por períodos longos ou curtos respetivamente, ou em resposta a intervenções para perda de peso, onde estas alterações hormonais levam a uma Adaptação Metabólica ou Termogénica (termo associado à redução da taxa metabólica de repouso para além do que era esperado face às alterações da composição corporal); (6) finalmente, a gravidez que pode alterar a taxa metabólica de repouso até 20%.

### 2.5.2. Metabolismo de repouso da grávida

A gravidez resulta num aumento da massa tecidual (peso) aumentando deste modo o custo de manutenção energética do sistema. Contudo, as conclusões sobre as alterações do gasto energético em repouso durante a gestação parecem não ser unânimes. Para alguns autores parece existir um ligeiro aumento da TMR (Forsum *et al.*, 1992; Sadurskis *et al.*, 1988; Spaaij



*et al.*, 1994), para outros uma diminuição (Blackburn & Calloway, 1985) e finalmente para alguns, parece não existir qualquer diferença (Goldberg *et al.*, 1991; Butte *et al.*, 2001; Schutz *et al.*, 1980; Illingworth *et al.*, 1986). Segundo Hytten (1974) para um ganho de 12,5 kg o aumento é de 160 MJ (38,215 kcal) e é cumulativo. Em mulheres saudáveis e bem nutridas o aumento da TMR varia entre 124 MJ (29,616 kcal) e 210 MJ (50,157 kcal) com um aumento de 2 a 4,5% no primeiro trimestre, 9 a 10,8% no segundo trimestre e 24% no terceiro trimestre tendo como referência o gasto energético antes de engravidar.

Segundo Prentice e colaboradores (1989) não existem diferenças ao longo do tempo de gestação quando a TMR é avaliada em função da quantidade de MIG. Ainda segundo o mesmo autor a TMR pode variar no fim do tempo de gestação entre menos 9,2% até mais 18,6% do valor inicial. Existem contudo algumas alterações da TMR necessárias à satisfação das necessidades energéticas de certos grupos. Muitas mulheres atualmente (nos países desenvolvidos) ingerem pouca quantidade de alimentos e sobretudo de micronutrientes ou por razões de tempo, *stress*, ou porque continuam a fazer restrições alimentares durante o tempo de gestação, não ingerindo o que precisam para fazer frente às suas necessidades metabólicas e energéticas. Como dissemos o jejum ou a subnutrição, baixa o metabolismo de repouso funcionando deste modo como um mecanismo de defesa protetor da perda de peso. Esta circunstância permite que as mulheres com hábitos alimentares irregulares ou que vivem em subnutrição crónica alcancem com sucesso o termo da sua gravidez. Sendo assim, nos países em desenvolvimento, as mães com ganhos de peso próximo de 9 kg, a TMR só começa a aumentar a meio do segundo trimestre; do mesmo modo que as grávidas mais magras (neste caso inglesas e alemãs) apresentam uma diminuição da sua TMR até às 24 semanas (Spaij, 1994; Prentice *et al.*, 1996). No caso das mulheres subnutridas observa-se uma diminuição da TMR (abaixo da referência) que persiste mesmo durante o terceiro trimestre. A gordura da mãe antes da gravidez parece estar correlacionada com os gastos durante a gravidez. A mãe magra, ou seja, com baixos níveis de gordura, parece ser capaz de conservar energia. As diferenças na TMR devem-se às alterações da massa corporal total e sobretudo às alterações da MIG.

### 2.5.3. Efeito termogénico dos alimentos

O efeito térmico da digestão (EFD) refere-se ao aumento do dispêndio energético acima do metabolismo basal após a ingestão de alimentos devendo-se sobretudo ao custo energético da digestão, absorção, transporte e armazenamento dos nutrientes. Este efeito atinge o seu máximo uma hora depois da digestão. Uma das formas de aumentar a temperatura corporal e garantir o aumento de calor passa pela ingestão de um alimento ou refeição. Muitas vezes, após a ingestão de um alimento o sujeito consegue fisicamente sentir a sua temperatura



corporal a aumentar. O efeito termogénico representa entre 10% e 25% do gasto energético do organismo dependendo este gasto do tipo e das quantidades de alimentos ingeridos. Estudos muito bem controlados revelaram que as grávidas não apresentam um custo energético diferente (ou se apresentam não tem importância nutricional) durante a digestão (ETD).

#### 2.5.4. Dispendio energético em atividade física (DEAF)

Naturalmente quando falamos de atividade física falamos de um conjunto de ações e de movimentos que gastam energia. A variedade, de ações e movimentos, é tão grande que temos necessidade de os caracterizar com cuidado. Quando comparamos as quilocalorias fornecidas pelos alimentos e gastas nas diferentes atividades físicas percebemos bem porque é tão difícil emagrecer e tão fácil ganhar peso. Por exemplo, se uma mulher andar a 4,8 km/hora durante 20 minutos gasta o equivalente a uma fatia de pão; e se fizer 20 minutos de *jogging* a 8 km/hora gasta o equivalente a um refresco ou a uma cerveja. As atividades físicas devem ser caracterizadas em termos de intensidade relativa, duração, frequência, tipo, densidade, ou seja, períodos de esforço / períodos de repouso, grupos musculares solicitados, etc. A atividade muscular consome cerca de 30% da energia corporal total na mulher média. Segundo parece as mulheres grávidas não fazem um menor número de ações motoras (Lindsay *et al.*, 1997; IoM, 2009) e o seu DEAF, quer em termos absolutos quer relativamente aos valores iniciais (*net cost*), também não é diferente do observado em mulheres não grávidas.

Em atividades não dependentes do peso (cicloergómetro) o “net cost” energético (não considerando o gasto metabólico de repouso) não parece ser diferente durante a gravidez a não ser no último trimestre (10% e 26% se o valor de dispendio for dado em função do peso total). No caso das atividades que incluem transporte da massa corporal o DEAF mantém-se muito estável durante os dois primeiros trimestres aumentando progressivamente no terceiro trimestre (Prentice *et al.*, 1996). O gasto no *step* aumenta 10% quando retiramos a TMR e diminui 10% se for dado em função do peso. Contudo é fantástico como o DEAF se mantém relativamente estável durante os primeiros dois trimestres apesar de um aumento substancial de peso (5 a 8 kg) implicando esta circunstância uma melhoria da eficiência energética e mecânica. Segundo Prentice e colaboradores (1996) as grávidas reduzem quer o ritmo e a intensidade durante a atividade quer o tempo despendido em atividades que obriguem ao suporte da massa corporal.



### 2.5.5. Dispêndio energético total (DET) na gestação

O modelo teórico de Hytten e Chamberlain (1991) estima as necessidades energéticas considerando que as mulheres têm entre 60 e 65 kg de peso, ganham em média 12,5 kg durante a gravidez e têm nascidos-vivos com um peso ao nascer (PN) de 3,4 kg (WHO, 1985). O custo total de energia durante a gravidez pode variar entre 55.000 e 85.000 kcal e inclui a energia depositada nos tecidos maternos e fetais e o aumento do dispêndio atribuído à manutenção e à atividade física, devido ao aumento da massa tecidual. Para estes cálculos os autores consideraram o dispêndio de 5,6 kcal por g proteína e 9,5 kcal por g gordura armazenada e uma eficiência de utilização em que a manutenção representa 90% (embora este valor possa variar entre 70% a 90%). O aumento de gordura conta com 43% e o metabolismo basal conta com 42% do custo energético total. A deposição de proteína ocorre especialmente durante o segundo (20%) e o terceiro (80%) trimestres e a deposição de energia em forma de gordura está baseada na velocidade de aumento do ganho de peso sendo o custo energético no primeiro trimestre de 430 kJ/dia (102,7 kcal), de 1375 kJ/dia (328,4 kcal) no segundo trimestre e de 2245 kJ/dia (536,2 kcal) no terceiro trimestre.

O DET obtido através de DLW (*double labeled water*) é semelhante aos valores encontrados por calorimetria e aumenta 1%, 6% e 19% durante o primeiro, segundo e terceiro trimestre (enquanto o peso aumenta durante os mesmos períodos 2%, 8% e 18%). Objetivamente estes aumentos representam 0,1 MJ/dia (23,88 kcal/dia), 0,4 MJ/dia (95,54 kcal/dia) e 1,5 MJ/dia (358,27 kcal/dia) contribuindo o DEAF (DET-MB-0,1DET) em 2%, 3% e 6% relativamente ao valor inicial. A TMR representa cerca de 75% do DET; o exercício 9,6% e os pequenos movimentos e os gastos com a termogénese 14,3% (Butte & King, 2005).

### 2.5.6. Dispêndio energético no pós-parto

O dispêndio energético durante 24 horas e o gasto durante o sono são mais elevados nas mulheres que amamentam possivelmente devido ao gasto calórico necessário à produção de leite e à maior resposta do sistema nervoso simpático e da atividade adrenal (Butte *et al.*, 1999). A energia absoluta do leite é de 2,80 kJ/g ou de 0,67 kcal/g. A energia gasta na produção de leite nos primeiros 3 meses de aleitamento varia entre 2167 kJ/dia (517,6 kcal/dia) e 1920 kJ/dia (458,6 kcal/dia). Embora a produção de leite seja espantosamente robusta, o tempo de aleitamento exclusivo e a sua duração varia muito de mulher para mulher e tem um grande impacto no *turnover* energético após o parto. O dispêndio energético relativo à produção de leite deverá ser adicionado às necessidades energéticas da mulher assumindo que estas mantêm o seu nível de atividade.



## 2.6. Referências bibliográficas

- Abrams, B., Altman, S.L., & Pickett, K.E. (2000). Pregnancy weight gain: still controversial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, S1233-41.
- Adair, L.S., & Pollitt, E., (1983). Seasonal variation in pre-partum and post-partum maternal body measurements and infants' birth weights. *Am J Phys Anthropol* 62, 325-331.
- Adair, L.S., Pollitt, E., & Mueller, W.H. (1984). The Bacon Chow Study: effect of nutritional supplementation on maternal weight and skinfold thickness during pregnancy and lactation. *Br J Nutr*, 51, 357-369.
- Baumgartner, R.N., Heymsfield, S.B., Lichtman, S., Wang, J., & Pierson, R.N. (1991). Body composition in elderly people: Effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr*, 53,1345-1353.
- Behnke, A.R. (1969) New concepts in height-weight relationship. In N. Wilson (Ed.) *Obesity* (pp. 36-78). F.A. Davis: Philadelphia.
- Behnke, A.R., & Wilmore, J.H. (1974) *Evaluation and regulation of body build and composition*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs.
- Behnke, A.R., Feen, B.G., & Welham, W.C. (1942). The specific gravity of healthy men. *Journal of American Medical Association*, 118, 495-498.
- Blackburn, M.W., & Calloway, D.H. (1985). Heart rate and energy expenditure of pregnant and lactating women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 42, 1161-1169.
- Brozek, J., Grande, F., & Anderson, J.T. (1963) Densitometry analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110, 113-140.
- Butte N.F., Ellis K.J., Wong, W.W., Hopkinson, J.M., & Smith, E.O. (2003). Composition of gestational weight gain impacts maternal fat retention and infant birth weight. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 189(5), 1423-1432.
- Butte, N.F., Hopkinson, J.M., Mehta, N., Moon, J.K., & Smith, E.O. (1999). Adjustments in energy expenditure and substrate utilization during late pregnancy and lactation. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 299-307.
- Butte, N.F., Wong, W.W., & Hopkinson, J.M. (2001). Energy requirements of lactating women derived from doubly labelled water and milk energy output. *Journal of Nutrition*, 131, 53-8.
- Butte, N.F., & King J.C. (2005). Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public Health Nutrition*, 8(7A), 1010-1027
- Butte, N.F., Hopkinson, J.M., & Nicolson, M.A. (1997). Leptin in Human Reproduction: Serum Leptin Levels in Pregnant and Lactating Women. *J Clin Endocrinol Metab*, 82, 585-589.
- Butte, N.F., Wong, W.W., Treuth, M.S., Ellis, K.J., & Smith, E.O. (2004). Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *Am J Clin Nutr*, 79, 1078-87.
- Chamberlain G., & Pipkin F.B. (1998). *Clinical Physiology in Obstetrics*. Oxford: Blackwell Science.
- Chipkevitch, E. (1995). *Puberdade & Adolescência: aspetos biológicos, clínicos e psicossociais*. São Paulo: ROCA.
- Durnin J.V.G.A., McKillop F.M., Grant S., & Fitzgerald G. (1987). Energy requirements of pregnancy in Scotland. *Lancet*, 2, 897-900.



- Fidanza, F. (1987). The density of fat-free body mass during pregnancy. *Int J Vitam Nutr Res*, 57(1), 104.
- Forsum, E., Kabir, N., Sadurskis, A., & Westerierp, K. (1992). Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr*, 56, 334-42.
- Forsum, E., Sadurskis, A., & Wager, J. (1988). Resting metabolic rate and body composition of healthy Swedish women during pregnancy. *Am J Clin Nutr*, 1988, 47:942-7.
- Forsum, E., Sadurskis, A., & Wager, J. (1989). Estimation of body fat in healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr*, 50, 465-473.
- Goldberg G.R., Black, A.E., Jebb, S.A., Cole, T.J., Murgatroyd, P.R., Coward, W.A., Prentice A.M. (1991). Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 45, 569-581.
- Heckman, J.D. & Sassard, R. (1994). Current concepts review: musculoskeletal considerations in pregnancy. *J. Bone Joint Surgery*, 76,1720-1730
- Hediger, M.L., Schol, T.O., Schal, J.I., Healey, M.F., & Fischer, R.L. (1994) Changes in maternal upper arm fat stores are predictors of variation in infant birth weight. *J Nutr*, 124, 24-30.
- Hermsdorff, H. H. M., & Monteiro, J. B. R. (2004). Gordura Visceral, Subcutânea ou Intramuscular: Onde Está o Problema? *Arq Bras Endocrinol Metab*, 48(6), 803-811
- Heslehurst, N., Simpson, H., Ells, L.J., Rankin, J., Wilkinson, J., Lang, R., Brown, T.J., & Summerbell C.D. (2008). The impact of maternal BMI status on pregnancy outcomes with immediate short-term obstetric resource implications: a meta-analysis. *Obesity Reviews*, 9, 635-683.
- Heymsfield, S.B. Wang, Z. & Withers, R.T. (1996). Multicomponent molecular level models of body composition analysis. In: A.F. Roche, S.B. Heymsfield, and T.G. Lohman. (eds), *Human Body Composition* (pp. 129-147). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Heyward, V.H., & Stolarczyk, L.M. (1996). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers
- Hopkinson, J.M., Butte, N.F., Ellis, K.J., & Smlth, E.O. (1997). Body fat estimation in late pregnancy and early postpartum: Comparison of two-, three-, and four-component models. *Am J Clin Nutr*, 65, 432-438;
- Hyttén, F.E. (1974). Weight gain in pregnancy. In F. E. Hyttén and J. G. Chamberlain (Eds), *Clinical Physiology in Obstetrics* (pp. 193-233). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Hyttén, F.E., & Leitch, I. (1971). *The physiology of human pregnancy* (2nd ed), Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Hyttén, F.E., Chamberlain, G. (1991). *Clinical Physiology in Obstetrics*. Oxford (UK): Blackwell Scientific Publications.
- Illingworth, P.J., Jung, R.T., Howie, P.W., Leslie, P., & Isles, T.E. (1986). Diminution in energy expenditure during lactation. *British Medical Journal*, 292, 437-41.
- IoM - Institute of Medicine (1990). Report of the Subcommittee on Nutritional Status and Weight Gain During Pregnancy, Subcommittee on Dietary Intake and Nutrient Supplements During Pregnancy, Committee on Nutritional Status During Pregnancy and Lactation, Food and Nutrition Board. Washington, DC: National Academy Press.



- IoM - Institute of Medicine (2009). Weight Gain During Pregnancy. Reexamining the Guidelines. Report. Disponível em: <http://www.iom.edu/Reports/2009/Weight-Gain-During-Pregnancy-Reexamining-the-Guidelines.aspx>
- Jackson, A.S., Pollock, M.L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* 12(3), 175-181.
- Jackson, A.S., & Pollock, M.L. (1985). Practical assessment of body composition. *Physician and Sports Medicine*, 13, 76-90.
- King, J.C., Calloway, D.H., & Margen, S. (1973). Nitrogen retention, total body 40K and weight gain in teenage pregnant girls. *Journal of Nutrition*, 103(5), 722-785.
- Kopp-Hoolihan, L.E., van Loan, M.D., Wong, W.W., King, J.C. (1999). Fat mass deposition during pregnancy using a four-component model. *J Appl Physiol*, 87, 196-202.
- Kramer, M.S. (1987). Determinants of low birth weight: methodological assessment and meta-analysis. *Bull World Health Organ*. 1987; 65(5): 663-737.
- Krasovec, K., & Anderson, M. (1991). *Maternal nutrition and pregnancy outcomes: anthropometric assessment*. Pan American Health Organization.
- Larciprete, G., Valensise, H., Vasapollo, B., Altomare, F., Sorge, R., Casalino, B., De Lorenzo, A., Arduini, D. (2003). Body composition during normal pregnancy: reference ranges. *Acta Diabetologica*, 40, Suppl 1:S225-32.
- Lassek, W. D., & Gaulin Steven, J. C. (2006). Changes in Body Fat Distribution in Relation to Parity in American Women: A Covert Form of Maternal Depletion. *American Journal of Physical Anthropology*, 131, 295-302.
- Lederman, S.A., Pierson, R.N., Wang, J. Jr., Paxton, A., Thornton, J., Wende, J., & Heymsfield, S.B. (1993). Body Composition Measurements During Pregnancy. In K.J. Ellis and J.D. Eastman (Eds), *Human Body Composition in Vivo Methods, Models*, (Vol. 60, pp. 193-195). New York: Plenum.
- Lindsay, C.A., Huston, L., Amini, S.B., Catalano, P.M. Longitudinal (1997). changes in the relationship between body mass index and percent body fat in pregnancy. *Obstetrics and gynecology*, 89, 377-82.
- Lof, M., & Forsum, E. (2004). Hydration of fat-free mass in healthy women with special reference to the effect of pregnancy. *Am J Clin Nutr*, 80(4), 960-965.
- Lohman, T.G., Boileau, R.A., & Slaughter, M.H. (1984). Body composition in Children and youth. In R. A. Boileau (Ed.). *Advances in pediatric sport sciences* (Vol.1 pp. 29-57). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorel, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Lohman, T.G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. In J. O. Holloszy (Ed.), *Exercise and Sports Science Reviews*, 14, pp. 325-357. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Lukaski, H.C., Siders, W.A., Nielsen, E.J., Hall, C.B. (1994). Total body water in pregnancy: assessment by using bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr*, 59, 578-585.
- Marques, V.M.R. (1999). Gravidez na mulher cabo-verdiana e portuguesa. IICT - Centro de Antropologia. Lisboa.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. (1996). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance* (4th edition). Williams & Wilkins, Baltimore.



- McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (2001). *Nutrição para o desporto e o exercício*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- McNitt-Gray, J.L. (1991). Biomechanics related to exercise in pregnancy. In: R. Artal Mittlemark, R. A. Wiswell and B. L., Drinkwater (Eds), *Exercise in Pregnancy* (2nd ed, pp. 133-40). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Norgan, N.G. (1992). Maternal body composition methods for measuring short-term changes. *J Biosoc Sci*, 24, 367- 377.
- Paxton, A., Lederman, S.A., Heymsfield, S.B., Wang, J., Thornton, J.C., & Pierson R.N. Jr. (1998). Anthropometric equations for studying body fat in pregnant women. *Am J Clin Nutr*, 67, 104-110.
- Picciano, M.F. (1997). Embarazo y lactancia. In E.E. Ziegler and jr. L. J. Filer (Eds.), *Conocimientos actuales sobre nutrición* (7 ed., pp. 410-422). Washigton: OPAS, OMS.
- Pipe, N.G., Smith, T., Halliday D., Edmonds, C.J., Williams, C., Coltart, T.M. (1979) Changes in fat, fat-free mass and body water in human normal pregnancy. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 86(12), 929-940.
- Prentice A.M., Spaaij C.J.K., Goldberg, G.R., Poppitt, S.D., van Raaij, J.M., Totton, M., Swann, D., & Black, A.E. (1996). Energy requirements of pregnant and lactating women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50, S82-111.
- Prentice, A.M., Goldberg, G.R., Davies, H.L., Murgatroyd, P.R., & Scott, W. (1989). Energy sparing adaptations in human pregnancy assessed by whole-body calorimetry. *British Journal of Nutrition*, 62, 5-22.
- Prentice, A.M., Poppitt, S.D., Goldberg, G.G., Murgatroyd, P.R., Black, A.E., & Coward, W.A. (1992). Energy balance in pregnancy and lactation. In L. Allen, J. King, B. Lonnerdal (Eds), *Nutrient regulation in pregnancy, lactation and infant growth* (pp. 11-26). New York: Plenum Press.
- Rebuffe-Scrive, M. (1987). Regional adipose tissue metabolism in women during and after reproductive life and in men. *Recent Adv Obes Res*, 5, 82-91.
- Rebuffe-Scrive, M., Enk, L., Crona, N., Lonroth, P., Abrahamsson, L., Smith, U., Bjorntorp, P. (1985). Fat cell metabolism in different regions in women: effect of menstrual cycle, pregnancy and lactation. *J Clin Invest*, 75, 1973-1976.
- Romem, Y., Masaki, D.I., Artal, R. (1999). Ajustes Fisiológicos e Endocrinológicos à Gravidez. In R. Artal, R. A. Wiswell, B. L. Drinkwater (Eds.), *O Exercício na Gravidez*. (2 ed., pp. 09-30). São Paulo: Manole.
- Roura, L.C. (2003). *Tratado de ginecologia, Obstetricia y Medicina de la Reproducción*. Madrid: Editorial Médica - Panamericana
- Rush, D. (2000). Nutrition and maternal mortality in the developing world. *Am. J. Clin. Nutr*, 72, 212s-240s.
- Sadurskis, A., Kabir, N., Wager, J., & Forsum, E. (1988). Energy metabolism, bodycomposition, and milk production in healthy Swedish women duringlactation. *Am J Chin Nutr*, 48, 44-9.
- Schoeller, D.A., van Santen, E., Peterson, D.W., Dietz, W., Jaspán, J., Klein, P.D. (1980). Total body water measurement in humans with 18O and2H labeled water. *Am J Clin Nutr*, 33(12), 2686-2693.
- Schutz, Y., Lechtig, A., & Bradfield, R.B. (1980). Energy expenditures and food intakes of lactating women in Guatemala. *Am. J. Clin. Nut*, 3, 892-902.



- Segal, K.R., Leger, L., Martin, P., & Roy R. (1988) Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 47 (1), 7-14
- Selinger, A (1977). *The body as a three component system*. Tucson: University of Arizona.
- Silva, A.A.M., Barbieri, M.A., Gomes, U.A., Bettiol, H. (1998). Trends of low birth weight: a comparison of two birth cohorts separated by a 15 year interval in Ribeirão Preto, Brazil. *Bull World Health Organ*, 76, 73-84.
- Siri, W.E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of method. In I. J. B. A. Henschel (Ed.), *Techniques for measuring body composition* (pp. 223-244). Washington, D.C.: National Academy of Sciences, National Research Council.
- Spaaij, C.J.K., van Raaij, J.M.A., de Groot, L.C.P.G.M., van der Heijden, L.J.M., Boekholt, H.A., & Hautvast, J. G. A. J. (1994). Effect of lactation on resting metabolic rate and on diet- and work induced thermogenesis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 42-7.
- Sun, S.S., Chumlea, W.C., Heymsfield, S.B., Lukaski, H.C., Schoeller, D., Friedl, K., Kuczmarski, R.J., Flegal, K.M., Johnson, C.L., & Hubbard, V.S. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr*, 77(2), 331-340
- Taggart, N.R., Holliday, R.M., Billewicz, W.Z., Hytten, F.E., Thomson, A.M. (1967). Changes in skinfolds during pregnancy. *Br J Nutr*, 21, 439-451.
- Teles, T.P., Rodrigues, T., Silva, M.V., Barros, H. (1992). Influência de factores maternos no peso ao nascimento. *Arq Mcd*, 6, 223-227.
- Thomas, D.M., Navarro-Barrientos, J.E., Rivera, D.E., Heymsfield, S.B., Bredlau, C., Redman, L.M., Martin, C.K., Lederman, S.A., M Collins, L., & Butte, N.F. (2012). Dynamic energy-based model predicting gestational weight gain. *Am J Clin Nutr*, 95, 115-22.
- van Loan, M.D. (1996). Total body composition: birth to old age. In A. F. Roche, S. B. Heymsfield, & T. G. Lohman (Eds), *Human body composition* (pp. 205-215). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- van Raaij, J.M., Peek, E.M., Vermaat-Miedema, S.H., Schonk, C.M., & Hautvast, J. G. A. J. (1988). New equations for estimating body fat mass in pregnancy from density or total body water. *Am J Clin Nutr*, 48, 24-29
- van Raaij, J.M., Schonk, C., Vermaat-Miedema, S., Peek, M., Hautvast, J. (1990). Energy cost of walking at fixed pace and self-paced before, during and after pregnancy. *Am J Clin Nutr*, 51, 158-161.
- van Raaij, J.M., Vermaat-Miedema, S.H., Schonk, C.M., Peek, M.E.M., & Hautvast, J.G.A.J. (1987). Energy requirements of pregnancy in The Netherlands. *Lancet*, 2, 953-955.
- Wang, Z.M., Deurenberg, P., Wang, W., Pietrobelli, A., Baumgartner, R.N., Heymsfield, S.B. (1999). Hydration of fat-free body mass: New physiological modeling approach. *Am J Physiol.*, 276, E995-E1003.
- Weltman, A., Levine, S., Seip, R.L., & Tran, Z.V. (1988). Accurate assessment of body composition in obese females. *American Journal of Clinical Nutrition*, 48, 1179-1183.
- WHO - World Health Organization (1985). Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU meeting. Geneva: WHO technical report series 724
- WHO - World Health Organization (1999). Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Part 1: Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. WHO/NCD/NCS/99.2 ed. Geneva: World Health Organization.



- Wilmore, J.H., Costill, D.L., Kenney, W. L. (2008). *Physiology of Sport and Exercise* (4 ed). USA: Human Kinetics.
- Yasuda, R., Takeuchi, K., Funakoshi, T., Maruo, T. (2003). Bioelectrical impedance analysis in the clinical management of preeclamptic women with edema. *Journal of Perinatal Medicine*, 31: 275-280.



## 3 - Nutrição na gravidez e pós-parto

Isabel Fragoso, Analiza M. Silva, Cristina Monteiro

### 3.1. Introdução

O nascimento de uma criança saudável é uma felicidade imensa. No entanto, atualmente muitos casais deparam-se com problemas de infertilidade à qual estão associados variados fatores físicos, psicológicos, nutricionais e ambientais. A fertilidade depende do estado de saúde do ovócito e do espermatozoide envolvidos na concepção do ovo, da saúde dos órgãos reprodutores, e ainda do ambiente em que ocorre a maturação destas células e a fecundação. Desta forma, o comportamento da mulher que pretende engravidar durante o período de maturação do ovócito é crítico. Por exemplo, o fumo reduz a qualidade dos ovócitos, reduzindo o número viável, e a motilidade e a concentração do esperma. Do mesmo modo, a ingestão de álcool e de cafeína (anti-nutrientes<sup>1</sup>) também reduz a fertilidade. No geral, o comportamento alimentar é um fator de extrema importância para a fertilidade uma vez que condiciona a saúde dos organismos. Nas mulheres, por exemplo o excesso de peso ou a magreza podem ser fatores de infertilidade podendo estar associados a desequilíbrios hormonais.

Que podemos então fazer para maximizar a fertilidade? Por mais que se pretenda ter uma vida sem a exposição a agentes nefastos e sem *stress*, isto não é possível pois estes encontram-se por todo o lado e o ritmo de vida da maior parte das pessoas é muito exigente. Podemos apenas adotar comportamentos que minimizem esta exposição como por exemplo não fumar, ou não ingerir álcool ou cafeína. Mas não podemos por exemplo evitar a inalação do fumo do tabaco de outros ou dos veículos motorizados. Desta forma, uma boa estratégia poderá ser a de adequar o corpo para se defender o melhor possível destes agentes agressivos fornecendo-lhe todos os nutrientes necessários para uma boa constituição e um bom funcionamento de todos os órgãos e sistemas e para a eficiente neutralização e eliminação

---

<sup>1</sup> Substância que não está associada a micronutrientes e cuja metabolização exige o dispêndio das reservas de vitaminas e minerais do organismo.



das substâncias tóxicas, quer xenobióticos, quer endógenas. A prática regular de exercício moderado também ajuda a estimular estes órgãos e sistemas.

A alimentação é um comportamento que podemos controlar e que pode ajudar a maximizar a fertilidade e o desenvolvimento adequado do feto no útero melhorando desta forma a probabilidade de nascimento de uma criança saudável. A prática de uma alimentação saudável envolve a ingestão de alimentos variados e em bom estado de conservação, de modo a satisfazer todas as necessidades nutricionais e evitar a ocorrência de reações adversas tais como alergias ou intoxicações. O desencadear de uma alergia alimentar pode interferir com a capacidade reprodutiva. Por exemplo a doença celíaca, que pode ser desencadeada por alergia ao glúten, é hoje reconhecida como uma das causas de infertilidade ou insucesso reprodutivo, tendo sido sugerido como causa o desencadear de um processo autoimune ou o compromisso da absorção de nutrientes (Freeman, 2010).

Durante a gravidez, é essencial a alteração do funcionamento do sistema imunitário de forma a permitir a permanência do feto no interior da mãe. Para tal o sistema imunitário da grávida induz a tolerância necessária ao nível do trofoblasto. No entanto, observa-se o aumento de fatores pró-inflamatórios e ativação de algumas células circulantes do sistema imunitário inato tais como os monócitos e os granulócitos. Estas alterações imunitárias estão frequentemente associadas a uma maior suscetibilidade da grávida para contrair infeções tais como a gripe ou para a progressão para condições mais graves como a pneumonia. O comportamento alérgico ou as doenças autoimunes também podem alterar a sua sintomatologia durante a gravidez. Do balanço entre a tolerância e a capacidade de defesa imunitária vai depender a capacidade para a manutenção da gravidez, o desenvolvimento adequado da criança e a probabilidade de desenvolvimento de complicações tais como a hipertensão e a pré-eclâmpsia. O despiste de alergias alimentares pode permitir a melhoria da qualidade de vida da grávida reduzindo ou eliminando a ocorrência de náuseas, câibras, flatulência, fadiga, problemas de garganta, suor, erupções cutâneas, acne, dores de cabeça, apatia, depressão, ansiedade e paranoia, bem como diminuir a possibilidade de passagem de alergias para as crianças (Holford & Lawson, 2004).

A ocorrência de alergias alimentares está associada à incapacidade para estabelecer ou manter a normal tolerância aos alimentos (Chahine & Bahna, 2010; Sicherer & Sampson, 2009). Alguns autores sugerem que possam também estar associadas à incapacidade do aparelho digestivo para evitar a entrada na circulação de substâncias imunogénicas<sup>2</sup> de que são exemplos componentes de alimentos parcialmente digeridos ou inteiros (Holford &

---

<sup>2</sup> Com capacidade para induzir uma resposta imunitária.



Lawson, 2004; Untersmayr & Jensen-Jarolim, 2008). A probabilidade de ocorrência de alergias alimentares aumenta quando a ingestão do alimento se repete com frequência ao longo do dia (trigo ou leite). Nestas situações o número de anticorpos (IgG) circulantes aumenta, bem como o número de complexos anticorpo-antígeno que estimulam os macrófagos. A atividade destas células envolve a libertação para o meio extracelular de substâncias nocivas ao organismo de que são exemplo as espécies reativas de oxigénio hipoclorito (ClO<sup>-</sup>) e peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) que, uma vez libertadas, promovem a lesão do tecido circundante de forma aleatória e propagativa.

As reações alérgicas alimentares podem ser imediatas e apresentar quadros inflamatórios graves passando de mães para filhos ou apresentar reações retardadas (uma hora a 3 dias depois da ingestão do alimento) com sintomas que dificilmente são associados à ingestão de alimentos (ex.: enxaquecas). A eliminação dos alimentos com componentes imunogénicos da alimentação pode conduzir ao desaparecimento da reação ao passo que a continuação da sua ingestão pode conduzir ao agravamento da mesma.

Com o objetivo de despistar a ocorrência de alergias ou intolerâncias alimentares que possam conduzir a uma diminuição do estado de saúde foram desenvolvidos testes analíticos para a identificação dos alimentos a evitar. A identificação destes alimentos também pode ser feita através de uma análise dos padrões alimentares seguida da exclusão dos alimentos que apresentem maior probabilidade de estar a provocar a reação adversa e posteriormente da reintrodução dos mesmos, um a um, avaliando a alteração dos sintomas.

Uma vez eliminados os alimentos agressivos, a melhor forma de diminuir o potencial alérgico é otimizando a ingestão de alguns nutrientes como os ácidos gordos ómega-3, o aminoácido glutamina, o zinco ou a vitamina A, que podem ajudar a reparar o trato intestinal, quer através da ingestão de alimentos ricos nesses nutrientes quer através da ingestão de suplementos.

Assim, um casal que pretende conceber uma criança poderá aumentar a probabilidade de alcançar este objetivo, bem como de promover o desenrolar de uma gravidez sem complicações para a mãe otimizando o desenvolvimento da criança pré e pós parto, se tiver especial atenção com a alimentação, fazendo a escolha dos alimentos adequados de forma a deles obter por um lado a energia necessária e por outro os componentes estruturais e reguladores capazes não só de evitar a doença como também de promover a saúde.



## 3.2. Os macronutrientes

Durante a gravidez, o desenvolvimento do feto, da placenta, das membranas e do líquido amniótico bem como o aumento do útero, da massa muscular, da quantidade de sangue, do tecido mamário e das reservas de gordura é altamente dependente da matéria-prima e da energia que é fornecida à grávida através da alimentação aumentando consideravelmente as necessidades nutricionais da grávida. Contudo, as alterações hormonais que ocorrem durante a gravidez promovem alterações do funcionamento do aparelho digestivo, nomeadamente a maior relaxação da musculatura lisa leva a uma progressão mais lenta do alimento em digestão o que tem como consequência um melhor aproveitamento (mais fácil absorção) dos nutrientes presentes nos alimentos, mas que pode conduzir à obstipação.

Quando comemos obtemos dos alimentos macronutrientes (em grandes quantidades) e micronutrientes (em pequenas quantidades). Entre os primeiros encontram-se os hidratos de carbono (ou glícidos), as gorduras (ou lípidos) e as proteínas. Atualmente, e em especial nos países desenvolvidos, a ingestão destes nutrientes é suficiente ou mesmo excessiva surgindo cada vez mais patologias derivadas do excesso de ingestão, do desequilíbrio entre eles ou da baixa qualidade.

Enquanto a energia é fornecida fundamentalmente pelos hidratos de carbono e pelas gorduras, as proteínas têm fundamentalmente funções estruturais e reguladoras: os hidratos de carbono são a fonte de energia exclusiva do cérebro e a fonte de energia preferencial para os músculos em atividade e para o desenvolvimento do feto; as gorduras são a fonte de energia preferencial para o organismo em repouso e são a reserva de energia mais abundante no organismo humano.

Os hidratos de carbono que ingerimos variam em complexidade podendo dividir-se em hidratos de carbono complexos (contendo essencialmente amido; encontram-se nos cereais integrais, nos vegetais e nas leguminosas); hidratos de carbono simples (encontram-se na fruta, no mel, no açúcar, no malte e no leite) e ainda nas fibras que são muito difíceis ou impossíveis de digerir.

O índice glicémico de um alimento fornece informação sobre a velocidade de absorção dos seus hidratos de carbono. Um alimento com um índice glicémico elevado induz um aumento brusco e acentuado da glicemia, ao passo que um alimento com um índice glicémico baixo induz um aumento gradual e moderado da glicemia. A velocidade de absorção não depende apenas da velocidade de digestão do alimento, mas também da natureza das unidades



estruturais que os compõem (oses ou monossacáridos) uma vez que os mecanismos de transporte destas na membrana do intestino são diferentes.

Consequentemente, apesar de em geral os hidratos de carbono simples serem mais rapidamente absorvidos e os complexos mais lentamente, isto nem sempre é verdade. Assim, os hidratos de carbono complexos, e os simples presentes na fruta, são absorvidos de modo gradual possibilitando o controlo dos níveis de glicemia por parte do organismo; a libertação de insulina que ocorre em resposta ao aumento da glicemia é moderada pelo que a entrada da glucose para o interior das células é gradual. Pelo contrário, no caso dos hidratos de carbono presentes nos açúcares branco e mascavado, no malte, no mel e nos xaropes, no pão branco, na batata ou nos produtos altamente processados, a velocidade de absorção é elevada. Isto deve-se fundamentalmente aos processos de processamento tecnológico e culinário (Rémésy, 1994). Esta rápida absorção conduz a um aumento rápido da glicemia e como consequência à libertação rápida de insulina. Esta normalmente induz a entrada rápida da glucose para o interior das células, o que resulta na diminuição rápida da glicemia. Caso o aporte de glucose exceda as necessidades energéticas das células, esta é armazenada na forma de glicogénio (fígado e músculos) e de gordura (tecido adiposo). Durante a gravidez, o feto compete com a mãe para a utilização da glucose sendo esta a sua principal fonte de energia. Desta forma a manutenção da glicémia é mais difícil e podem surgir variações mais bruscas da insulina que podem conduzir ao desenvolvimento de diabetes gestacional, ao comprometimento do desenvolvimento do feto em casos de hipoglicémia persistente ou pelo contrário ao nascimento de crianças com demasiado peso (macrossomia;  $MC > 4$  kg). As descidas rápidas da glicemia estão por vezes associadas a tonturas, irritabilidade, esquecimento, agitação, cansaço e sede. Por vezes tendemos a compensá-las ingerindo produtos estimulantes como o chocolate ou o café o que pode induzir a sensação viciante de que vivemos numa montanha russa de energia e que podem não ser saudáveis para o feto.

Variações bruscas de insulina são mais difíceis de controlar nas mulheres obesas em que esta hormona é libertada em grande quantidade provocando descidas abruptas da glicemia o que induz novamente a sensação de fome e por vezes irritabilidade. Nas mulheres com insensibilidade à insulina, grupo que inclui muitas obesas e as diabéticas tipo II, há menor número de recetores celulares para a insulina ou estes não efetuam corretamente o mecanismo de transdução do sinal, pelo que a glucose permanece em circulação e uma vez de volta ao fígado pode ser transformada em gordura contribuindo desta forma para o aumento de peso que pode ultrapassar as necessidades.

A manutenção da glicémia dentro de limites estreitos é importante na medida em que quando muito baixa pode conduzir a défices energéticos e quando muito elevada, para além das consequências metabólicas já referidas, induz alteração da osmolaridade do sangue, com a



consequente alteração hemodinâmica que pode provocar o aumento do volume plasmático e da pressão arterial, e iniciar processos inespecíficos de glicação com lesão dos tecidos. Nas grávidas estes processos já são complicados em consequência das alterações fisiológicas e morfológicas que ocorrem durante a gravidez podendo ser agravadas por situações de hiperglicemia frequente que podem conduzir ao desenvolvimento exagerado do feto ou a lesões ao nível da placenta com complicações na fase final da gravidez e durante o parto.

As fibras são compostas pelos hidratos de carbono não digeríveis podendo ser celulósicas ou de reserva como é o caso da inulina da cebola ou a rafinase do feijão, e uma pequena parte do amido ingerido (os extratos de algas também têm muitas fibras). Apesar de não serem digeridas e como tal não serem absorvidas, têm um papel preponderante no processo digestivo. Reduzem a velocidade de absorção dos hidratos de carbono, ajudam a controlar a saciedade aumentando o volume digestivo, facilitam a motilidade intestinal reduzindo a prisão de ventre, protegem a parede intestinal e ajudam a controlar as colónias bacterianas presentes no intestino. Também diminuem a absorção do colesterol. Nas grávidas a compressão das vísceras pelo feto e o aumento da relaxação da musculatura lisa pode conduzir a uma diminuição da motilidade intestinal o que leva a que a ingestão de fibra deva ser cuidadosa de forma a contrariar esta situação que frequentemente pode facilitar o aparecimento de lesões, de que são exemplo o surgimento de hemorróidas, bastante frequentes no pós-parto.

Segundo o relatório da *National Academies of Sciences* (2005) a dose diária recomendada de hidratos de carbono digeríveis para satisfazer as necessidades das funções vitais dos indivíduos é, com algumas exceções, de 130 g. Estes valores foram calculados com base no facto de estes hidratos de carbono serem a principal fonte energética para o cérebro. As exceções dizem respeito aos bebés até 1 ano, às grávidas e às lactantes. No caso dos bebés dos zero aos 6 meses, os aportes adequados são de 60 g por dia; para os bebés dos 6 aos 12 meses são de 95 g/dia, para as grávidas são de 175 g/dia e para as lactantes de 210 g/dia. No caso das grávidas ou das jovens mães praticantes de atividade física, as necessidades em hidratos de carbono aumentam de acordo com a intensidade e a duração do exercício, (Rodriguez *et al.*, 2009). No que diz respeito às fibras responsáveis pela regulação e proteção do intestino os valores adequados de ingestão são de 28 g/dia para as grávidas e 29 g/dia para as mulheres a amamentar.

Frequentemente o tipo de alimentos que temos à nossa disposição associado a um estilo de vida acelerado, em que o tempo para confeccionar alimentos não é muito, tem como consequência a ingestão de hidratos de carbono numa proporção inferior à recomendada mas com uma quantidade exagerada de hidratos de carbono de absorção rápida, em especial através da ingestão de produtos muito processados que têm o problema adicional de serem



muito pobres em minerais e vitaminas, componentes essenciais para um metabolismo eficiente.

Em compensação a ingestão de gordura tende a ser superior ao recomendado (25 a 30% das necessidades energéticas). No entanto, um grande número de mulheres em idade fértil faz ou já fez restrições alimentares, as tão conhecidas “dietas”, em que caracteristicamente ocorre uma restrição da ingestão de gordura. Ora a gordura, para além de fornecer energia, contém substâncias fundamentais para a produção de hormonas, tais como os eicosanóides (prostaglandinas os leucotrienos) ou os esteróides, e de outros componentes celulares, está presente na estrutura das membranas celulares e permite o transporte e armazenamento de vitaminas lipossolúveis. É também importante no controlo do apetite (retarda o esvaziamento gástrico) e altera o sabor dos alimentos tornando-os mais saborosos.

As gorduras podem ser divididas em saturadas<sup>3</sup>, monoinsaturadas<sup>4</sup> ou poli-insaturadas<sup>5</sup>, de acordo com a estrutura dos ácidos gordos que as compõem. Na cadeia alimentar, e em particular como produto do processamento das gorduras, surgem ainda as gorduras trans-saturadas<sup>6</sup>. As gorduras saturadas são características dos alimentos de origem animal ao passo que as gorduras insaturadas são próprias dos alimentos de origem vegetal e dos animais marinhos.

Algumas gorduras polinsaturadas são nutrientes essenciais<sup>7</sup>, pois conferem fluidez às membranas celulares e estão envolvidos em vários metabolismos celulares. Os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) e o seu precursor essencial, o ácido linolénico ( $\omega$ -3), bem como o ácido araquidónico e o seu precursor essencial, o ácido linoleico ( $\omega$ -6) são precursores dos eicosanóides, hormonas envolvidas no controlo dos sistemas circulatório e imunitário, regulando a fluidez do sangue, a pressão arterial e o balanço hídrico, a inflamação e a dor, e no desenvolvimento cerebral. Apesar das gorduras saturadas e monoinsaturadas não serem essenciais devemos ingerir cada um destes 3 tipos de gorduras na quantidade correspondente a 10% das necessidades energéticas diárias. A ingestão adequada de ácidos gordos  $\omega$ -6 deve ser cerca de 10 vezes superior à de  $\omega$ -3. Para ambos, as necessidades aumentam com a idade até cerca dos 50 anos e as mulheres grávidas ou a

---

<sup>3</sup> Gordura que contém lípidos constituídos por ácidos gordos em que todas as ligações entre os carbonos são ligações simples.

<sup>4</sup> Gordura que contém lípidos constituídos por ácidos gordos em que uma das ligações entre os carbonos é uma ligação dupla.

<sup>5</sup> Gordura que contém lípidos constituídos por ácidos gordos em que mais pelo menos duas das ligações entre os carbonos são ligações duplas.

<sup>6</sup> Gordura insaturadas que contém lípidos constituídos por ácidos gordos em que as ligações duplas entre os carbonos presentes têm a conformação Trans e não a Cis.

<sup>7</sup> Nutriente essencial é um nutriente que desempenha uma função fundamental no organismo, mas que este não consegue sintetizar.



amamentar têm necessidades extra. A ingestão de ácidos gordos essenciais está associada a uma redução da incidência de pré-eclampsia e depressão pós-parto (Holford & Lawson, 2004).

As gorduras trans-saturadas devem ser evitadas, pois estão associadas ao aumento da incidência de doenças cardiovasculares. Estas gorduras, que na sua maior parte resultam de processos de hidrogenação de óleos com vista à diminuição da sua fluidez, é uma gordura insaturada que o organismo não tem a capacidade de metabolizar e que bloqueia o metabolismo das gorduras insaturadas normais (Cis). Em consequência da ingestão destas gorduras aumentam os níveis de colesterol circulante, o normal funcionamento das hormonas sexuais é perturbado, no homem os níveis de testosterona diminuem e o esperma é danificado e na mulher a qualidade do leite diminui (Holford & Lawson, 2004).

A forma como confecionamos os nossos alimentos também é importante para a conservação das propriedades das gorduras uma vez que as altas temperaturas, como as que são atingidas durante as frituras, promovem a oxidação das gorduras insaturadas, especialmente as polinsaturadas, conduzindo à formação de espécies reativas de oxigénio tóxicas para os organismos vivos.

A ingestão de gordura em quantidade suficiente, mas não excessiva, permite a manutenção de um balanço hormonal adequado para a maturação do ovócito e sua fecundação, para a nidação do ovo e para o desenrolar de uma gravidez saudável e um bom desenvolvimento do feto, em especial durante os primeiros 3 meses em que se formam as estruturas cerebrais e o sistema nervoso, sendo os neurónios células com grandes superfícies membranares, que contêm principalmente fosfolípidos. Os fosfolípidos mais importantes para um adequado desenvolvimento do cérebro do bebé durante a gravidez são os que se encontram na lecitina, uma substância rica fundamentalmente em fosfatidilcolina. Uma boa fonte de lecitina é a gema de ovo.

A ingestão de gordura em excesso é armazenada no tecido adiposo na forma de triglicéridos. Este é um tecido que, apesar de ter como função principal o armazenamento de triglicéridos, é metabolicamente ativo sendo a sua atividade dependente do controlo hormonal. Quando a glicémia baixa ocorre a hidrólise dos triglicéridos e os ácidos gordos libertados são utilizados para satisfazer as necessidades dos adipócitos ou libertados para a corrente sanguínea onde vão ser transportados associados à albumina até às células que os podem utilizar para a obtenção de energia.

Estas reservas energéticas não só podem contribuir para o desenvolvimento do feto como vão ser grandemente responsáveis pela capacidade da mãe para amamentar a criança, devendo



ocorrer um aumento durante a gravidez e uma diminuição durante o período de amamentação, o que permitirá à mulher retomar o seu peso.

A ingestão de gordura em quantidade insuficiente pode conduzir a carências vitamínicas e a desequilíbrios hormonais resultantes da má absorção das primeiras e da insuficiente produção de algumas hormonas em detrimento de outras.

A restante energia (cerca de 15%) deve ser ingerida na forma de proteína. Mas apesar dos aminoácidos que compõem as proteínas terem uma função energética relevante devemos realçar que estão envolvidos na formação das estruturas celulares e das matrizes extracelulares, fundamentais para os processos de crescimento, bem como na produção de moléculas responsáveis pelo funcionamento e regulação das células, órgãos e sistemas tais como hormonas, neurotransmissores, enzimas, anticorpos, moléculas de transporte e de transdução de sinal, etc.. A proteína é o segundo componente mais abundante no organismo humano (cerca de 25%), logo depois da água e como tal assume um papel fundamental no desenvolvimento do feto e das estruturas de suporte da mãe.

As nossas proteínas são compostas por 22 aminoácidos diferentes, mas conhecem-se mais de 300 aminoácidos naturais, muitos com funções essenciais no metabolismo, sem entrarem na constituição das proteínas. Dos 22 das proteínas 8 são essenciais (isoleucina, metionina, leucina, fenilalanina, triptofano, lisina, treonina, valina). As crianças também não conseguem sintetizar a histidina. A cisteína, a glicina, a tirosina, a taurina, a arginina, a glutamina e a prolina são condicionalmente essenciais pois apesar de poderem ser produzidos pelo organismo, nem sempre este tem a capacidade de cobrir as necessidades, por exemplo em determinadas fases do desenvolvimento ou em situações específicas como as de *stress* ou doença. A alanina, a serina, os ácidos aspártico e glutâmico, a asparagina e a cistina são não essenciais. O valor biológico de um alimento rico em proteína é diretamente proporcional à quantidade de aminoácidos essenciais que este pode fornecer. Nos alimentos podemos ainda ter os aminoácidos limitantes que são aqueles que se encontram nesse alimento numa quantidade inferior à necessária ao organismo.

Apesar da carne ser frequentemente utilizada como a principal fonte de proteína, as proteínas encontram-se em diversos alimentos. As fontes animais de proteína, como a carne, peixe, ovos, leite, queijo e iogurte, fornecem proteína de alto valor biológico. Os vegetais, com os legumes, os cereais os frutos secos, as leguminosas secas e as verduras proporcionam proteínas de menor valor biológico. No entanto, como o aminoácido limitante é diferente entre os vários alimentos vegetais, uma combinação de diferentes vegetais na mesma refeição (por exemplo, leguminosas secas e cereais) é muitas vezes uma mistura de alto valor biológico. Estas combinações são frequentemente encontradas nas receitas de cozinha



tradicional de todos os continentes (por exemplo, feijão com arroz, massa ou mandioca, grão de bico com pão, lentilhas com batatas, etc.). A soja é o produto de origem vegetal em que a constituição em aminoácidos se aproxima mais das necessidades humanas. Atualmente é utilizada para a produção de uma série de derivados com grande aceitação entre as comunidades vegetarianas e vegans e cada vez mais utilizados por indivíduos com alterações metabólicas, como por exemplo dislipidémias, ou com intolerâncias a produtos lácteos. As principais desvantagens destes produtos são o elevado custo e alguma indisponibilidade em pequenos estabelecimentos comerciais não especializados.

Na carne, a proteína está associada a uma grande quantidade de gordura saturada e a colesterol, que podem contribuir para o desenvolvimento de aterosclerose, e de purinas, que podem conduzir à formação de ácido úrico consequentemente à formação de pedra no rim ou cristais nas cartilagens (gota), pelo que a sua utilização deve ser feita com moderação. No entanto, a carne também está associada a grandes quantidades de ferro hémico, mais fácil de absorver do que o ferro não hémico presente nos vegetais. Desta forma a carne, em especial a carne vermelha, é uma das fontes de ferro mais importante para o organismo humano. Os alimentos de origem vegetal ricos em proteínas contêm também grandes quantidades de hidratos de carbono complexos, sendo a sua ingestão vantajosa. Adicionalmente o metabolismo das proteínas de origem vegetal produz menos ácidos do que o da proteína de origem animal, sendo esta característica vantajosa uma vez que a acumulação de ácido no organismo conduz à mobilização do cálcio e do magnésio dos ossos, podendo contribuir para o surgimento de situações de osteoporose. Os hábitos alimentares ricos em proteínas e pobres em glícidos e gorduras provocam emagrecimento na medida em que a transformação de aminoácidos em glucose tem um dispêndio energético elevado. Assim a ingestão de uma dieta equilibrada contendo proteína animal e vegetal poderá certamente satisfazer de forma mais eficaz as necessidades em proteína do organismo. Durante a gravidez a proteína ingerida deve corresponder a cerca de 15% da energia ingerida, valor próximo do da população geral mas que devido ao aumento das necessidades energéticas nas grávidas se traduz também num aumento da proteína a ingerir.

### 3.3. Os micronutrientes

Nos países economicamente desenvolvidos, a melhoria das condições de vida conduziu ao aparecimento de um contexto de abundância que contribuiu para o desaparecimento de manifestações clínicas de carência. Contudo, apesar de os micronutrientes serem necessários ao organismo em quantidades diminutas, é necessário averiguar a possibilidade de uma cobertura insuficiente das necessidades em vitaminas e minerais. De facto, a evolução dos hábitos alimentares para uma redução da ingestão em resposta a menores gastos energéticos



e aumento da porção de “calorias vazias” fornecidas por alimentos ricos em glúcidos simples desprovidos de micronutrientes pode levar a suspeitar de risco de carências em certos vitaminas e minerais (Brachet & Guillard, 2002).

Pretendendo evitar desequilíbrios nutricionais que possam suscetibilizar ao aparecimento de doença, organizações governamentais de alguns países como os EUA ou o Reino Unido estabeleceram linhas orientadoras relativas à ingestão de micronutrientes. Estas orientações incluem as doses diárias recomendadas (DDR ou RDA do inglês - *Recommended Dietary Allowance*), as referências para ingestão de nutrientes (RNI) ou os limites máximos de tolerância (TUL). Mas existe uma grande diferença entre ausência de doença e abundância de saúde. Adicionalmente, existe uma enorme discrepância entre os valores de RDA e RNI de certos países (ex.: a ingestão de minerais recomendada à grávida nos EUA é 14 a 100% superior à RNI no Reino Unido) e os valores recomendados também não diferem para as situações em que o indivíduo vive numa cidade muito poluída ou experimenta níveis de *stress* muito elevados, faz exercício ou tem infeções repetidas.

Os micronutrientes têm funções essencialmente de regulação servindo como cofatores<sup>8</sup> de enzimas e/ou coenzimas<sup>9</sup> ou elementos chave na estrutura de moléculas catalíticas ou de regulação.

Os minerais podem atuar tanto como cofatores como coenzimas de inúmeras reações catalisadas enzimaticamente. Adicionalmente alguns minerais formam sais insolúveis que permitem a elaboração de estruturas rígidas como as presentes nos ossos ou nos dentes como é o caso do cálcio e do fósforo, sendo fundamentais para o desenvolvimento do esqueleto do feto. Os minerais integram também a estrutura de moléculas biológicas como componentes ou estabilizadores. Temos como exemplo o fósforo que faz parte dos fosfolípidos e dos ácidos nucleicos e o enxofre das proteínas. O magnésio estabiliza a estrutura das membranas celulares e da troponina. Apesar de não serem fonte de energia, participam na regulação dos processos de obtenção de energia a partir dos macronutrientes. Alguns minerais também se comportam como eletrólitos sendo muito importantes na regulação dos movimentos da água e de moléculas entre os compartimentos intra e extracelulares, pelo que são fundamentais na regulação do equilíbrio hídrico da grávida e no controlo do edema. Deste modo os minerais e as vitaminas são importantes para a manutenção do equilíbrio hormonal e nervoso, para a produção de energia, para o funcionamento do sistema imunitário e para a síntese e

---

<sup>8</sup> Substância necessária para o funcionamento da enzima, mas que não é modificada durante a reação.

<sup>9</sup> Substância necessária para que ocorra a catálise de algumas reações. É modificada pela reação.



manutenção dos tecidos e dos órgãos, funções fundamentais ao longo de toda a vida, mas de manutenção mais delicada durante a gravidez.

### 3.3.1. As vitaminas

As vitaminas, tal como o conceito surgiu inicialmente, são compostos orgânicos presentes em pequena quantidade nos alimentos, desprovidas de valor energético e não sintetizáveis pelo organismo, mas indispensáveis à vida, à saúde e à atividade física. Hoje em dia sabe-se que algumas vitaminas são sintetizáveis pelo organismo ou pela flora intestinal, no entanto podem não sê-lo em quantidade suficiente. Na maior parte das vezes a síntese das vitaminas no organismo é feita a partir de compostos, eles sim, essenciais. As vitaminas têm funções essencialmente reguladores participando, tal como os minerais, como coenzimas ou cofatores em muitas reações enzimáticas ao nível das mais variadas vias metabólicas ou atuando diretamente na regulação de processos metabólicos por ação hormonal (as vitaminas D e A que regulam a calcificação óssea e a expressão genética respetivamente).

As vitaminas podem ser divididas em vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis. As vitaminas hidrossolúveis são solúveis em meios aquosos, não são armazenadas nos organismos de forma apreciável pelo que a alimentação deverá cobrir as necessidades específicas diárias, e encontram-se em grandes quantidades nas frutas e nos legumes. Qualquer excesso é normalmente excretado pela urina. As vitaminas lipossolúveis, tal como o nome indica, são solúveis nas matérias gordas. São pouco reativas e facilmente armazenadas pelo organismo. Como tal, as carências nestas vitaminas, são pouco frequentes e decorrem de hábitos alimentares particulares, como por exemplo dietas muito pobres em gordura que podem estar associadas a regimes alimentares restritivos, ou de alterações no processo de absorção. As vitaminas hidrossolúveis incluem as vitaminas do complexo B e a vitamina C; as vitaminas lipossolúveis incluem as vitaminas A, D, E e K.

As vitaminas do complexo B podem ser divididas em 2 grupos consoante têm um papel, mais preponderante no metabolismo energético ou no metabolismo proteico. No primeiro grupo podemos incluir as vitaminas B1, B2, B3, B5 e B8, e no segundo grupo, as vitaminas B6, B9 e B12. A tiamina ou vitamina B1 é coenzima em reações do catabolismo dos glicídico e dos aminoácidos de cadeia ramificada. Na forma fosforilada também atua como neurotransmissor. A riboflavina ou vitamina B2 e a niacina ou vitamina B3 são ou dão origem a coenzimas ou co-substratos de muitas reações que permitem a obtenção de energia a partir dos macronutrientes. O ácido pantoténico ou vitamina B5 faz parte da estrutura do coenzima A (CoA) estando este também envolvido no metabolismo energético. A biotina ou vitamina B8



funciona como coenzima na catálise de reações da biossíntese de lípidos, do glicogénio e de aminoácidos sendo uma molécula chave na síntese de reservas energéticas.

As necessidades nestas vitaminas estão associadas ao consumo energético total pelo que durante a gravidez as necessidades destas vitaminas estão acrescidas e a mãe deverá aumentar a sua ingestão. Geralmente os indicadores de *status* em vitamina B1 e B2 tendem a deteriorar-se, em particular durante o terceiro trimestre. Sendo a niacina um dos exemplos de uma vitamina sintetizada pelo organismo, durante o terceiro trimestre observa-se um aumento da produção desta vitamina a partir do triptofano estimulada pelos estrogénios. Observa-se também um aumento dos produtos do metabolismo desta vitamina na urina. A carência em vitamina B1 da mãe compromete as reservas do recém-nascido suscetibilizando este para uma carência vitamínica durante os primeiros meses de vida. O aumento das necessidades está estimado em 0,4 mg/dia desde o início da gravidez. O teor em vitamina B1 do leite está diretamente correlacionado com o *status* nesta vitamina da mãe mantendo-se nesta fase o aumento das necessidades devido não só à secreção de vitamina B1 no leite (aproximadamente de 0,2 mg/dia) mas também devido ao elevado consumo energético associado à produção de leite (Lemoine *et al.*, 2001). Ao contrário do que sucede com a tiamina, qualquer que seja o *status* em riboflavina da mãe, o recém-nascido apresenta sempre os valores bioquímicos corretos durante as primeiras semanas de vida. O feto humano tem preferência na captação da vitamina B2 em detrimento do organismo da mãe (Lequeu & Guiland, 2001). No entanto, o aumento das necessidades em vitamina B2 durante a gravidez é estimado em cerca de 0,3 mg/dia de forma a garantir o crescimento da unidade fetoplacentar, aumentando este valor para 0,34 mg/dia durante o aleitamento. Relativamente à vitamina B3 as necessidades estão acrescidas durante a gravidez em 4 mg EN<sup>10</sup>/dia e durante o aleitamento em 5 mg EN/dia (Guiland, 2001b). Para esta vitamina foram estabelecidos níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos sendo estas de cerca do dobro das DDRs. Estes foram estabelecidos para suplementos ou alimentos enriquecidos, no entanto não se conhecem efeitos adversos para os alimentos naturais. Relativamente às vitaminas B5 e B8 não parecem existir evidências claras que justifiquem um aumento das necessidades durante a gravidez devendo no entanto o aporte aumentar durante o aleitamento (2 mg/dia para a B5 e 5 µg/dia para a B8) para cobrir a quantidade destas vitaminas secretada pelo leite (Guiland, 2001a, 2001b).

---

<sup>10</sup> As necessidades em niacina devem ser expressas em equivalentes de niacina (EN) correspondendo estas à soma da niacina ingerida com a produzida endogenamente a partir do triptofano ingerido (60 mg de triptofano alimentar correspondem a 1 mg de niacina). Considera-se que 1 equivalente de niacina corresponde à soma do conteúdo em niacina da dieta com 1/60 do conteúdo em triptofano da dieta.



As vitaminas B6, B9 e B12 participam como coenzimas no metabolismo dos ácidos nucleicos e dos aminoácidos e na síntese de neuromediadores. A vitamina B6 engloba um grupo de 6 compostos que são o piridoxal, a piridoxina e a piridoxamina e os seus respetivos derivados fosforilados. A importância crucial da vitamina B6 no metabolismo proteico e a sua eventual interferência na produção de hormonas sexuais e ainda na produção do grupo heme sugere um papel preponderante durante a gravidez. O folato, ácido fólico ou vitamina B9 é extremamente importante durante o desenvolvimento embrionário sendo essencial para a formação do tubo neural. A cobalamina ou vitamina B12 atua em especial na síntese de metionina<sup>11</sup>, limitando a sua carência a síntese proteica pelo que esta é fundamental em fases de grande desenvolvimento dos organismos.

Na mulher grávida, os valores de concentração sérica de vitamina B6 tendem a diminuir numa proporção não totalmente explicada pela hemodiluição. Adicionalmente observam-se valores mais elevados no feto do que na mãe o que sugere o transporte ativo ao nível da placenta. A acumulação de vitamina B6 pelo feto faz-se preferencialmente durante o terceiro trimestre. A composição do leite materno reflete o *status* vitamínico da mãe. Desta forma, e tendo em consideração as alterações metabólicas que ocorrem na mãe, a necessidade de acumulação do feto/criança e a biodisponibilidade média das diferentes formas desta vitamina, foi sugerido que um aumento da ingestão de vitamina B6 durante o terceiro trimestre da gravidez e o período de aleitamento de 0,5 mg/dia deverá cobrir as necessidades (Guilland *et al.*, 2001). Na população em geral, apesar de não se conhecerem efeitos adversos para a ingestão de vitamina B6 nos alimentos naturais, a ingestão de elevadas quantidades de suplementos provocou neuropatias sensoriais. Os níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos podem ir de 30 a 100 mg/dia, consoante a idade.

Relativamente ao folato, devido à sua participação na formação do tubo neural é aconselhável às mulheres que pensam engravidar tomar um suplemento de 300 µg de folato por dia, para além de uma dieta variada rica em folato. Isto porque a formação desta estrutura ocorre numa fase do desenvolvimento embrionário na qual a mulher pode ainda não ter confirmado a gravidez e uma deficiência nesta vitamina pode realmente ser crítica. Adicionalmente, as necessidades em folato estão aumentadas durante a gravidez desde o seu início na medida em que esta vitamina é essencial para a expansão dos tecidos maternos (sangue, útero e anexos), durante o seu curso em função do crescimento exponencial do feto e na fase final devido à acumulação de reservas em folato da criança, muito elevadas à nascença, tal como para as restantes vitaminas hidrossolúveis. Em casos em que está

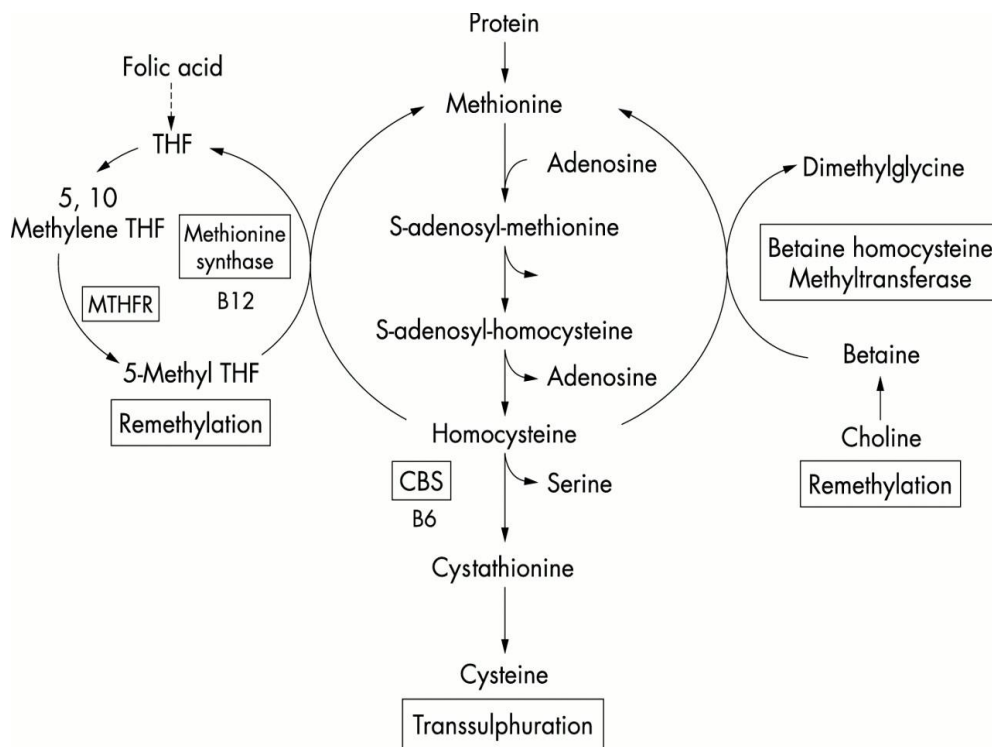
---

<sup>11</sup> O aminoácido iniciador da síntese proteica.



garantido os níveis normais de aporte é sugerido que durante a gravidez e o aleitamento seja feito um aporte suplementar de folato de 100 µg (Poitier de Courcy *et al.*, 2001).

Para a vitamina B12, durante a gravidez e o aleitamento as necessidades estão aumentadas em 2,6 e 2,8 µg/dia respectivamente. As carências nesta vitamina durante a gravidez têm sido descritas principalmente em mulheres estritamente vegetarianas pelo que este grupo deve ser suplementado (Guéant *et al.*, 2001). Algumas bactérias da flora intestinal são capazes de sintetizar esta vitamina. As vitaminas B2, B6, B9 e B12 ao participarem ainda como coenzimas no metabolismo de metilação e de síntese de purinas têm um papel muito importante na regulação da expressão genética e na destoxificação de compostos endógenos e de xenobióticos (figura 8).



**Figura 8 - Papel das vitaminas B2, B6, B9 e B12 na metilação, na síntese de purinas e de CBS – cistationina-sintetase; THF – tetrahydrofolato; MTHFR – metiltetrahydrofolato redutase. Adaptado de Courtney, Sharpe, & Lee (2002)**

A destoxificação faz-se não só através da metilação de alguns desses compostos como também da produção de glutatono a partir da cisteína. O glutatono é o principal antioxidante não enzimático endógeno.



Em situações de carência destas vitaminas pode acumular-se homocisteína, um aminoácido sulfurado. Esta acumulação leva a um aumento da concentração deste composto não só em circulação (hiper-homocisteinémia) como na urina (hiper-homocisteinúria). Níveis circulantes aumentados deste aminoácido têm vindo a ser associados com o aumento do risco de doença cardiovascular (Karolczak & Olas, 2009; Strain *et al.*, 2004). Na grávida a hiperhomocisteinémia pode danificar a integridade da placenta comprometendo deste modo o fornecimento de nutrientes essenciais ao feto (Holford & Lawson, 2004). Também influencia a produção de estrogénios e progesterona e de insulina. Desta forma é crucial para as mulheres que querem engravidar realizar uma avaliação, e controlar se necessário, os seus níveis de homocisteína com risco de, caso não o façam, poderem diminuir a viabilidade e as condições de saúde do futuro bebé.

Como podemos verificar as vitaminas do complexo B estão envolvidas em muitos metabolismos cruciais para o funcionamento das células. O seu papel no metabolismo energético, na produção de constituintes fundamentais para a constituição das células e na produção de neurotransmissores leva a que sejam cruciais para a divisão celular, o desenvolvimento cerebral e a formação das células sanguíneas. Desta forma são cruciais durante a gravidez tanto para a mãe como para a criança tanto na fase inicial de desenvolvimento em que se formam as estruturas nervosas como na fase final em que o feto acumula estas vitaminas.

A vitamina C ou ácido ascórbico ou ainda ácido dihidroascórbico é um co-fator necessário na estabilização de metalo-enzimas contendo cobre ou ferro no estado reduzido. Estes enzimas intervêm na síntese do colagénio, das catecolaminas e da carnitina, bem como em muitas reações de oxidação-redução (Birçouez-Aragon *et al.*, 2001). O seu papel na síntese do colagénio atribui-lhe uma elevada importância na manutenção da estrutura da pele e do tecido conjuntivo, em especial ósseo e cartilágneo. Também é importante na manutenção do saco amniótico. Adicionalmente, esta vitamina favorece a absorção do ferro na medida em que o mantém no estado de oxidação adequado para a absorção, ou seja, no estado reduzido. Favorece a eliminação do colesterol e melhora a resistência às doenças infecciosas. É também um antioxidante não enzimático funcionando como captador inespecífico de espécies reativas de oxigénio. No entanto, na medida em que reduz o ferro pode tornar-se num agente pró-oxidante uma vez que o ferro reduzido é um potente catalisador da geração de espécies reativas de oxigénio. Assim, enquanto que nas quantidades adequadas esta vitamina tem um papel importante nas defesas antioxidantes do organismo, em quantidades excessivas pode ter um papel contrário. As mulheres grávidas necessitam de ingestões superiores para fazerem face à hemodiluição e ao transporte ativo desta vitamina para o feto (10 mg/dia). A lactação é ainda mais exigente (20-30 mg/dia) (Birçouez-Aragon *et al.*, 2001). A ingestão insuficiente de vitamina C pode conduzir ao aparecimento de lesões nas mucosas (escorbuto),



ao passo que a ingestão de excesso de vitamina C pode conduzir a distúrbios gastrointestinais pedras nos rins e excesso de absorção de ferro. Os níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos podem ir de 400 mg/dia, nas crianças de 1 ano, até 2000 mg/dia nos adultos.

Relativamente às vitaminas lipossolúveis, a vitamina A inclui o retinol e os carotenoides seus precursores, nomeadamente o  $\beta$ -caroteno, o  $\alpha$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina (1 equivalente em atividade de retinol corresponde a 1 mg de retinol, a 6 mg de  $\beta$ -caroteno ou a 12 mg de  $\alpha$ -caroteno ou de  $\beta$ -criptoxantina) (Azaïs-Braesco & Grolier, 2001). Em França, cerca de 70% da vitamina A ingerida é-o na forma de retinol (a vitamina A propriamente dita) proveniente dos alimentos de origem animal. Os restantes 30% são ingeridos na forma de carotenoides, fornecidos essencialmente por alimentos de origem vegetal (Brachet & Guillard, 2002). Para a transformação dos carotenoides em retinol é necessário zinco. No organismo a vitamina A é armazenada sob a forma de derivados do retinol. Desde há muitos anos que se conhece o papel desta vitamina na visão. Em 1960, pôs-se em evidência que esta vitamina dá origem a uma parte da rodopsina, um pigmento presente nos bastonetes da retina responsável pela captação da luz e transdução da mensagem para o cérebro. Mas o papel essencial da vitamina A é ainda mais evidente ao nível da expressão genética onde o ácido retinóico se liga a recetores nucleares ativando-os. Estes recetores ativados vão ligar-se ao DNA<sup>12</sup>, ativando ou inibindo a expressão de genes nas proximidades. Este mecanismo é semelhante ao observado para as hormonas esteroides. Assim esta vitamina está implicada na diferenciação celular e como tal em processos como a reprodução, a embriogénese, o crescimento, a renovação de tecidos e o sistema imunitário. É muito importante para o desenvolvimento da visão e da audição e das funções cardíaca e imunológica do bebé. Para a mãe é de especial importância para a saúde da pele, para o sistema imunitário e para a visão noturna (Azaïs-Braesco & Grolier, 2001). Nos países desenvolvidos não se justifica a suplementação das grávidas em vitamina A sendo necessário cautela uma vez que a hipervitaminose A é teratogénica (Bresson & Rey, 2001). Os níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos podem ir desde 600  $\mu$ g para as crianças até aos 3 anos até às 3000  $\mu$ g para os adultos. Para além da teratogenicidade pode também observar-se toxicidade hepática.

O calciferol ou vitamina D está estreitamente associada à regulação do metabolismo ósseo na medida em que participa na regulação da calcificação óssea, sendo o osso o principal depósito de cálcio e fósforo do organismo. Esta vitamina participa também na regulação da concentração dos níveis séricos de cálcio porque regula não só a reabsorção óssea mas também a sua absorção intestinal e excreção renal. Atua também ao nível do sistema

---

<sup>12</sup> DNA - *deoxyribonucleic acid* ou ADN - ácido desoxirribonucleico.



imunitário e nos processos de proliferação e diferenciação celular. Esta vitamina é sintetizada pelo organismo ao nível da epiderme. As necessidades diárias dependem da exposição à luz solar, uma vez que a sua biossíntese depende desta luz. Perante uma boa exposição solar o organismo pode sintetizar cerca de 50 a 70% das necessidades (Brachet & Guillard, 2002). Na mulher grávida é frequente a carência em vitamina D em especial durante o terceiro trimestre e quando este ocorre no inverno ou no início da primavera (Bresson & Rey, 2001), mesmo nos países ensolarados. A carência em vitamina D pode levar a osteomalácia na mãe (Bresson & Rey, 2001). Os níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos são nas crianças até um ano cerca de 5 vezes os da ingestão adequada, e nos adultos 10 vezes. Os idosos também não devem ultrapassar as 50 µg por dia. Os indivíduos em tratamento com glucocorticóides podem necessitar de doses suplementares. Enquanto que a escassez de vitamina D pode conduzir ao raquitismo por dificuldades de calcificação e crescimento ósseo, o excesso desta vitamina pode conduzir a hipercalcémia.

A vitamina E é composta por um conjunto de substâncias que incluem tocoferóis e tocotrienóis. Na Europa, devido ao elevado consumo de azeite e de óleo de girassol, o composto mais abundante é o  $\alpha$ -tocoferol, o tocoferol com maior atividade, enquanto que, devido ao elevado consumo de óleos de soja e de milho, nos EUA é o  $\gamma$ -tocoferol. Sendo uma vitamina lipossolúvel encontra-se associada às membranas celulares e às lipoproteínas circulantes, pelas quais é transportada. Nas membranas celulares é responsável pela proteção das moléculas membranares funcionando como um captador inespecífico de espécies reativas de oxigénio tal como a vitamina C o faz em meio aquoso. Outras funções da vitamina E incluem a regulação de atividades enzimáticas, como por exemplo a proteína cinase C que participa na regulação do crescimento do músculo liso, a regulação da expressão genética, a comunicação celular, a inibição da agregação das plaquetas e funções neurológicas. A vitamina E modula também a expressão do gene do fator de crescimento do tecido conjuntivo, promovendo a reparação dos tecidos (Villacorta *et al.*, 2003). Esta função é particularmente importante para as mães que fazem cesariana. Não se conhecem efeitos adversos para a ingestão de vitamina E a partir de alimentos naturais, no entanto observaram-se efeitos hemorrágicos após ingestão de excesso de suplementos. Os níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos estabelecidos podem ir de 200 a 1000 mg/dia. A vitamina E encontra-se nos óleos vegetais, nos grãos de cereais não processados, nas avelãs, nos frutos, nos vegetais e nas carnes.

A vitamina K participa como coenzima na modificação pos-translacional de várias proteínas entre as quais algumas das envolvidas na cascata da coagulação e na regulação da ossificação. As mulheres grávidas ou a amamentar têm necessidades semelhantes às do seu grupo etário, no entanto, durante a primeira semana de vida dos bebés, têm sido observadas situações de



hemorragias por insuficiência em vitamina K nos recém-nascidos amamentados (prevalência de 2 a 10 por milhão de nascimentos). Para esta carência podem contribuir por um lado o facto do intestino do recém-nascido ser estéril e por outro a presença no leite da mãe dum antagonista da vitamina K (American Academy of Pediatrics Committee on Fetus and Newborn, 2003). Não se conhecem efeitos adversos para a ingestão de vitamina K de tal forma que não foram estabelecidos níveis máximos de ingestão diária que provavelmente não apresentam efeitos adversos. Em caso de toma de anticoagulantes deve ser vigiada a ingestão de vitamina K.

### 3.3.2. Os minerais

Os minerais são elementos químicos indispensáveis ao organismo, sendo geralmente classificados em dois grupos de acordo com as quantidades presentes no organismo e consequentemente as necessidades diárias: elementos que é necessário ingerir em quantidades superiores a 100 mg/dia e elementos cujas necessidades diárias são suprimidas com a ingestão de quantidades inferiores a este valor. O primeiro grupo pode ser denominado de microelementos ou de macrominerais e o segundo grupo de oligoelementos ou microminerais.

Do grupo dos microelementos fazem parte o sódio (Na), o potássio (K), e o cloro (Cl) - normalmente denominados de eletrólitos - e o cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o fósforo (P) e o enxofre (S), ao passo que o grupo dos oligoelementos abrange elementos como o ferro (Fe), o iodo (I), o zinco (Zn), o cobre (Cu), o selénio (Se), o flúor (F), o manganésio (Mn), o crómio (Cr) e o molibdénio (Mo). Dentro dos oligoelementos existe ainda um grupo de elementos que se sabe existirem no organismo, mas para os quais não se conhece qualquer função biológica. São o caso do silício (Si), do vanádio (V), do níquel (Ni), do chumbo (Sn), do mercúrio (Hg), do cádmio (Cd), do arsénio (As), do alumínio (Al), do boro (B) ou do ouro (Au), entre outros. Para alguns destes elementos conhecem-se apenas efeitos tóxicos quando se encontram acima de determinados valores.

Os minerais têm as mais variadas funções nos organismos vivos. São fundamentais na estrutura dos ossos; permitem o estabelecimento de correntes elétricas, ativam enzimas; regulam processos homeostáticos, estabilizam membranas, proteínas e ácidos nucleicos e ajudam a transportar substâncias de um lado para o outro das membranas.

Durante a gravidez o feto acumula cerca de 30 g de cálcio à medida que os seus ossos vão crescendo e fortalecendo, sendo que 20 g de cálcio são absorvidas no terceiro trimestre. Ou seja, no terceiro trimestre a velocidade de absorção é de cerca de 200 mg por dia (Bresson &



Rey, 2001). Desta forma é de extrema importância que a mãe faça uma ingestão de cálcio suficiente para assegurar as necessidades do feto e as suas sem comprometer as suas reservas ósseas. Após o nascimento, durante a fase de crescimento da criança e do jovem, a calcificação óssea continua a ser superior à reabsorção atingindo um pico entre os 18 e os 25 anos. Grávidas adolescentes normalmente param o seu crescimento ósseo para satisfazer as necessidades do bebé. O corpo humano adulto contém cerca de 1 a 1,2 kg de cálcio encontrando-se cerca de 99% deste nos ossos na forma de hidroxapatite ou de fosfato de cálcio que asseguram a rigidez e solidez do esqueleto e a dureza dos dentes. Contrariamente ao que acontece durante a fase de crescimento, nos indivíduos adultos e idosos a reabsorção suplanta a calcificação pelo que uma calcificação eficaz durante a infância e juventude é essencial à manutenção da estrutura óssea na idade mais avançada. Entre os 30 e os 80 anos a perda óssea é em média de 45% do capital máximo na mulher. O armazenamento deste mineral no osso é dependente da ingestão de cálcio e de vitamina D, da exposição à luz solar (na medida em que a síntese de vitamina D depende desta), e da prática de exercício físico que promove a mineralização (Guéguen, 2001). Isto implica que grávidas com mais do que 35 anos têm que ter mais atenção à ingestão de cálcio uma vez que o seu capital ósseo já começou a diminuir há algum tempo.

O 1% de cálcio do organismo que se encontra fora do osso desempenha igualmente funções vitais tais como a excitabilidade neuromuscular, a condução nervosa; a contração muscular, a coagulação sanguínea, a permeabilidade membranar, a libertação de hormonas e a ativação enzimática. Os níveis de cálcio no plasma mantêm-se à volta de 2,2 a 2,6 mmol/L por um jogo complexo de regulação hormonal no qual participa a vitamina D. Esta homeostase é prioritária à calcificação óssea e é mantida, em caso de necessidade, à custa do cálcio ósseo.

Dado as elevadas reservas corporais, a carência em cálcio só se observa em situações patológicas de desregulação hormonal ou de carência muito prolongada em cálcio e/ou em vitamina D) que podem conduzir à hipocaliémia e a diversas formas de tetania. A carência em cálcio a médio ou longo prazo conduzem a uma mineralização óssea insuficiente (raquitismo nas crianças e osteomalácia nos adultos) ou a uma perda exagerada de massa óssea o que aumenta o risco de fraturas em especial nos indivíduos fisicamente ativos.

Relativamente ao magnésio, no Homem este é o segundo catião intracelular, encontrando-se em todos os tecidos onde participa em inúmeros processos bioquímicos nos organismos. Ao nível dos processos metabólicos, o magnésio participa em todos os grandes metabolismos: glucídico, proteico e lipídico tendo sobretudo uma ação como ativador enzimático. Nestes metabolismos, parte da ação do magnésio deve-se ao seu papel nas reações em que ocorre



formação ou utilização de ATP<sup>13</sup>. O magnésio funciona ainda como antagonista<sup>14</sup> do cálcio. No sistema neuromuscular tem como efeito a redução da excitabilidade elétrica do neurônio; a inibição da libertação da acetilcolina pelas terminações nervosas na junção neuromuscular; e a inibição do efeito do N-metil-D-aspartato, um neurotransmissor excitatório. Tem também um efeito vasodilatador, semelhante a outros antagonistas do cálcio. Pode também influenciar o movimento de outros iões através da membrana atuando ao nível dos canais Na<sup>+</sup>Ca<sup>2+</sup> ou K<sup>+</sup>. É também um elemento necessário à integridade anatómica e funcional dos diversos organitos subcelulares, sendo um estabilizador das membranas celulares e encontrando-se o seu teor no compartimento intermembranar elevado. Ao nível da contração muscular tanto a estimulação como a atividade dos mecanismos de transporte de cálcio ao nível do retículo sarcoplasmático são dependentes da presença de magnésio. A inibição da libertação da acetilcolina pelo magnésio como antagonista do cálcio tem um efeito regulatório ao nível da junção neuromuscular. A molécula de troponina tem locais de ligação do magnésio que necessitam de estar ocupados para que a proteína se encontre no estado conformacional adequado à ligação do cálcio e ativação da contração. O mecanismo de transporte dos iões de cálcio é ativo pelo que necessita de ATP necessitando desta forma de magnésio.

Durante a gravidez, e em especial durante o terceiro trimestre, observa-se uma transferência importante de magnésio para o feto, no entanto, ao contrário do que acontece com o cálcio, não se observam mecanismo de adaptação da absorção ou excreção do magnésio, ou seja, não se observa um aumento da eficiência de absorção (magnésio absorvido relativamente ao ingerido) ou um aumento da retenção. Desta forma, a ingestão deste elemento deverá ser aumentada (40 mg/dia) tal como durante o aleitamento (Rayssiguier *et al.*, 2001). A carência em magnésio durante a gravidez poderá estar associada ao aparecimento ou agravamento de câibras e pode conduzir, em casos graves, à tetania do recém-nascido.

Relativamente aos eletrólitos, sódio, potássio e cloro, de salientar o seu papel na regulação dos movimentos de água e solutos entre os compartimentos intra e extracelulares e consequentemente na regulação da pressão arterial (Drüeke & Lacour, 2001). Na mulher grávida, face ao aumento do volume de líquido e às alterações hormonais, frequentemente observa-se retenção de líquido muitas vezes associado a dificuldades no retorno venoso. Este traduz-se em inchaço em particular dos membros inferiores. A frequente ingestão exagerada

---

<sup>13</sup> ATP - Trifosfato de adenosina ou adenosina trifosfato (nucleotídeo responsável pelo armazenamento de energia nas suas ligações químicas).

<sup>14</sup> Antagonista é uma substância que se liga aos mesmos recetores que outra substância bloqueando a ligação desta mas não induzindo a mesma resposta. Fica assim diminuída a ação da segunda.



de sal (NaCl) pode potenciar este efeito aumentando o desconforto ou em casos mais graves conduzir mesmo ao aparecimento de hipertensão durante a gravidez.

O ferro é um micronutriente essencial com numerosas funções biológicas, entre as quais a respiração celular ao estar envolvido no transporte e armazenamento do oxigénio, por integrar as proteínas que desempenham estas funções, nomeadamente a hemoglobina e a mioglobina; e por participar nos processos de obtenção de energia ao nível do transporte eletrónico mitocondrial. Faz também parte integrante de diversas proteínas com atividade catalítica, participando em diversos processos metabólicos em especial na catálise de reações de oxidação-redução. Participa também no metabolismo das catecolaminas e na síntese do DNA. Um enzima contendo ferro é a catalase, um enzima antioxidante responsável pela eliminação de peróxido de hidrogénio. Por este motivo pode considerar-se este elemento essencial às defesas antioxidantes do organismo. No entanto, quando o ferro não se encontra associado a proteínas pode catalisar a formação de espécies reativas de oxigénio. Desta forma, se por um lado pequenas quantidades de ferro podem contribuir para a melhoria das defesas antioxidantes, por outro, grandes quantidades de ferro podem gerar processos de oxidação celular prejudiciais ao organismo. No organismo o ferro existe sob duas formas: o ferro hémico ou hemínico (cerca de 70%), constituinte das proteínas hémicas como a hemoglobina e a mioglobina e alguns enzimas hemoproteicos, e o ferro não hémico ou não hemínico (cerca de 30%) presente em alguns enzimas e que corresponde à forma transportada (na transferrina) e armazenada (na ferritina e na hemosiderina). A captação do ferro a partir dos alimentos depende do conteúdo em ferro destes, que é muito variável de uns alimentos para os outros e da biodisponibilidade do ferro, para a qual o fator determinante é o tipo de ferro presente nos alimentos (hémico ou não hémico). Assim, o ferro hémico, presente em quantidades apreciáveis nas carnes (em particular nas carnes vermelhas), tem uma elevada biodisponibilidade. Pelo contrário, o ferro não hémico, presente nos cereais, nos legumes secos e frescos, nos frutos e nos laticínios tem uma baixa biodisponibilidade, mas esta é favorecida pela presença de alguns componentes dos alimentos como o ácido ascórbico, e comprometida por outros como os polifenóis, os fitatos, o cálcio, o zinco e as fibras. Assim alguns autores sugerem que para os vegetarianos as necessidades em ferro sejam aproximadamente o dobro das necessidades dos não vegetarianos.

Durante a gravidez o ferro é especialmente importante devido ao grande aumento de massa eritrocitária da mãe e à constituição dos tecidos do feto e da placenta. Desta forma a grávida deverá fazer uma suplementação em ferro.



O impacto fisiológico do zinco observa-se fundamentalmente ao nível na síntese proteica. Ativa as DNA e RNA<sup>15</sup> polimerases e estabiliza as histonas. Permite o desencadear da leitura do genoma por intermédio de proteínas com “zinc fingers”- dedos de zinco - em que a estrutura terciária da proteína é estabilizada por átomos de zinco. Desta forma, durante a gravidez, o zinco é fundamental para o desenvolvimento do feto e das estruturas de suporte da mãe. O zinco intervém também na atividade enzimática de mais de 200 enzimas. Está envolvido na regulação do pH através do enzima anidrase carbónica responsável pela catálise da reação do CO<sub>2</sub> com a água, formando ácido carbónico, um elemento chave no tampão bicarbonato/ácido carbónico, o principal tampão inorgânico extracelular; faz parte do enzima antioxidante citoplasmático superóxido dismutase tendo um papel chave na eliminação de espécies reativas de oxigénio; participa no metabolismo dos ácidos gordos poli-insaturados e na síntese de prostaglandinas. Intervém ainda na estabilização de algumas hormonas peptídicas de que é exemplo a insulina. A sua ação antioxidante envolve também a proteção de grupos tiol ou a estabilização membranar.

O crómio é um elemento químico que se encontra no meio ambiente em diversos estados de oxidação mas, se por um lado o Cr<sup>3+</sup> é um oligoelemento essencial e um nutriente indispensável, por outro lado, o Cr<sup>6+</sup> é tóxico em particular por inalação e pode ser encontrado em meios industriais. O Cr<sup>3+</sup> parece aumentar o número de recetores da insulina, bem como modificar a ligação da insulina ao recetor e aumentar a sua internalização. É assim um elemento chave na regulação da glicémia, processo mais sensível durante a gravidez. Como cofator da insulina o crómio também participa no metabolismo lipídico, estando o défice em crómio associado a uma modificação do metabolismo do colesterol (diminuição do colesterol das HDL<sup>16</sup>) e à hipertrigliceridémia. O crómio está ainda implicado no metabolismo dos ácidos nucleicos e na expressão genética dos mamíferos (Roussel, 2001). Encontra-se nos cereais, na carne, nas aves, no peixe e na cerveja.

### **3.3.2.1. A Importância dos Micronutrientes como Antioxidantes**

Devido ao crescente interesse nas espécies reativas de oxigénio e à falta de terapias adequadas para muitas doenças crónicas a elas associadas, a utilização dos nutrientes essenciais e seguros, na proteção contra os efeitos nocivos das lesões oxidativas, merece a atenção da comunidade científica.

---

<sup>15</sup> RNA - *ribonucleic acid* ou ARN - ácido ribonucleico (responsável pela síntese de proteínas da célula).

<sup>16</sup> HDL - *High Density Lipoprotein* - lipoproteína de alta densidade.



Nos organismos vivos existe um equilíbrio crítico entre, a geração de espécies reativas de oxigênio e, a sua eliminação pelas defesas antioxidantes. Um dos aspetos que condiciona este equilíbrio é, precisamente, o tipo de alimentação. Os alimentos selecionados podem ser, por um lado mais ou menos ricos em compostos suscetíveis de serem oxidados, e por outro, ser mais ou menos ricos em substâncias antioxidantes.

Muitos dos antioxidantes protetores são micronutrientes essenciais, ou têm, micronutrientes essenciais como parte das suas moléculas. Sendo a única fonte destes micronutrientes a dieta, é importante a ingestão de alimentos ricos nestes componentes para a substituição das moléculas degradadas e excretadas e/ou manutenção dos níveis adequados no organismo.

Os antioxidantes naturais na dieta são numerosos, nomeadamente as vitaminas C e E e, ainda, o precursor da vitamina A, o  $\beta$ -caroteno, juntamente com outros carotenoides, algumas proteínas, e diversos minerais.

A vitamina E, o principal antioxidante lipossolúvel presente em todas as membranas biológicas, protege contra a lipoperoxidação. A vitamina C é hidrossolúvel e, tal como a vitamina E, capta espécies reativas de oxigênio, podendo ainda regenerar a forma reduzida da vitamina E. O  $\beta$ -caroteno, tem vindo a ser detetado nas diversas membranas celulares (Laires *et al.*, 2001).

Vários minerais estão incorporados em enzimas antioxidantes. O zinco, o cobre e o manganês, são necessários à atividade das superóxido dismutases dependentes de zinco e cobre (SOD-CuZn) e de manganês (SOD-Mn); o selénio, sendo um componente essencial da glutatióno peroxidase, é importante na decomposição do peróxido de hidrogénio e de peróxidos lipídicos; em contrapartida, o glutatióno é composto por três aminoácidos não essenciais; a catalase é uma hemoproteína, pelo que contém ferro no seu centro ativo. No entanto, tanto o ferro como o cobre, quando em excesso, são potenciais catalisadores da geração de espécies reativas de oxigênio, tendo um efeito pro-oxidante.

Apesar de o magnésio não ser reconhecido como um antioxidante, cada vez mais, têm vindo a ser descritas evidências da associação entre défices neste elemento e a incidência de situações às quais está associado um *stress* oxidativo. São exemplos, as cardiopatias, de aterosclerose ou de constrição e, oclusão cerebral e cardíaca (Seelig, 1994). Este elemento participa em muitos processos dos quais dependem, indiretamente, as defesas antioxidantes. É necessário para a catálise eficiente de todas as reações que envolvem, quer a fosforilação de ADP, quer a hidrólise de ATP, essenciais para a manutenção do equilíbrio energético das células que, quando alterado, pode induzir ou agravar situações de *stress* oxidativo (Laires, *et*



al., 2001). O desequilíbrio energético, que se observa na deficiência em magnésio, retarda o reaprisionamento do cálcio no retículo endoplasmático, pela ATPase dependente de magnésio, o que pode induzir o prolongamento de diversos processos dependentes do cálcio, tais como, a libertação de prostaglandinas, histamina ou acetilcolina. Os níveis baixos de  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  no citoplasma, induzem a libertação de catecolaminas e, tal como os níveis baixos de  $Mg^{2+}$ , os níveis elevados de catecolaminas induzem sobrecargas de cálcio intracelular (Seelig, 1994). A otimização do *status* energético pelo magnésio, induz uma melhoria das funções membranares, uma vez que, cerca de 40% dos “gastos” energéticos da célula são aplicados na manutenção dos gradientes membranares (Golf, 1993). No Homem, o magnésio tem vindo a ser utilizado com sucesso na terapia de situações associadas a *stress* oxidativo, como por exemplo, a isquémia/reperfusão inerente ao enfarte agudo do miocárdio. Estes estudos sugerem que a deficiência em magnésio aumenta a suscetibilidade à lesão induzida pelas espécies reativas de oxigénio, e que, os produtos da peroxidação podem estar envolvidos na mediação das consequências patológicas observadas nesta situação (Rayssiguier, Gueux, Bussiere, Durlach, & Mazur, 1993).

Como tal, a ingestão de dietas pobres em nutrientes antioxidantes, tal como o aumento da geração e/ou da exposição a espécies reativas de oxigénio, pode comprometer o equilíbrio oxirredutor e aumentar a suscetibilidade ao aparecimento de patologias associadas ao *stress* oxidativo. Contudo, ainda não é possível afirmar que o efeito observado pela ingestão de grandes quantidades de alimentos ricos num determinado antioxidante se deva diretamente ao, e apenas ao, antioxidante, e não a outros componentes desses alimentos; ou que, a eficácia da substância antioxidante se deva ao seu carácter antioxidante e não, a outro tipo de ação.

Surgem ainda outras questões prementes, tais como, se o aumento da ingestão conduz sempre a um aumento da disponibilidade no sangue e/ou, nos tecidos; se o excesso é rapidamente eliminado; se existe regulação homeostática que contrarie as tentativas de aumento por administração de suplementos; se, tal como acontece *in vitro*, algumas das substâncias consideradas antioxidantes podem tornar-se pro-oxidantes quando em elevadas concentrações ou em determinados meios; ou ainda, se os antioxidantes são desprovidos de efeitos secundários tóxicos, quando em excesso.

Para além dos seus papéis como captadores diretos de espécies reativas de oxigénio ou, na eliminação de produtos de lesão das moléculas biológicas, muitos antioxidantes interagem uns com os outros, induzindo a diminuição do consumo, a regeneração ou o aumento da bioatividade de outros micronutrientes antioxidantes.



Assim, a vitamina C tem um papel muito importante na regeneração da vitamina E. A vitamina E protege as ligações duplas conjugadas do  $\beta$ -caroteno contra a oxidação; pode também proteger contra muitos dos sintomas da deficiência em selênio, assim como, este, pode proteger contra os sintomas da deficiência em vitamina E. Estas ações de proteção e sinergia podem estar relacionadas com o facto de tanto a vitamina E como a glutathione peroxidase dependente de selênio terem a capacidade para diminuir a geração de produtos da lipoperoxidação (Machlin & Bendich, 1987).

Assim, estas interações de nutrientes sugerem a necessidade de uma ingestão adequada de todos os micronutrientes antioxidantes, uma vez que, um pequeno défice num deles, pode provocar uma diminuição da bioatividade de outro, mesmo quando as quantidades recomendadas deste último são ingeridas. Uma alimentação equilibrada, rica nos diferentes micronutrientes essenciais, é assim fundamental para a disponibilização de antioxidantes não enzimáticos ou de cofatores de enzimas, permitindo, deste modo, a otimização dos sistemas antioxidantes.

O recurso a suplementações deve ser feito sob vigilância médica e apenas quando se observam défices, ou sinais de défice, que podem comprometer as defesas antioxidantes ou outras funções desses micronutrientes essenciais no organismo.

### 3.4. Considerações finais

O cálculo das necessidades nutricionais ao longo da gravidez tem que ter em consideração não só a quantidade de nutrientes depositados no organismo fetal, na placenta e na mãe, ajustados para o custo energético de manutenção da unidade fetoplacentar e da mãe (normalmente majorados para ter em conta a biodisponibilidade dos nutrientes nos alimentos e as variações interindividuais), mas também a eficácia com que a placenta tira partido das reservas maternas ou o papel tampão que esta pode ter entre as necessidades do feto e as flutuações de recursos nutricionais, e ainda as adaptações metabólicas que se observam na mãe (Bresson & Rey, 2001).

Sendo possível à placenta efetuar o controlo preciso das transferências maternofetais, esta constitui uma potente barreira de segurança. Desta forma, o *status* em ferro, cálcio ou vitamina A são, dentro de largos limites, independentes dos da mãe. Por outro lado, as adaptações na absorção intestinal materna também permitem a melhor satisfação das necessidades, observando-se um aumento da absorção de azoto e de cálcio de forma que o balanço destes elementos no organismo é positivo a partir do segundo trimestre de gestação.



Do mesmo modo, nos últimos meses da gravidez, a absorção intestinal de ferro torna-se 5 a 9 vezes superior à do início desta. A maior parte das adaptações maternas ocorrem no segundo trimestre, e não no primeiro em que as necessidades do feto são muito modestas ou negligenciáveis. Uma vez que o crescimento mais rápido do feto ocorre no terceiro trimestre, a maior parte das necessidades serão cobertas por um ajuste antecipado do metabolismo materno que permite a constituição de reservas mobilizáveis na fase final da gravidez (Bresson & Rey, 2001).

Durante o período de aleitamento as necessidades alimentares da mãe continuam acrescidas, no entanto a quantidade de leite produzido não é muito influenciada pela ingestão da mãe uma vez que as mulheres de países subdesenvolvidos, como as do Bangladesh ou do Quênia, produzem quantidades semelhantes às produzidas por mulheres dos Estados Unidos da América bem alimentadas. Da mesma forma, o conteúdo em proteína e gordura do leite parece só ser afetado em situações de quase fome, o que torna evidente a importância das reservas corporais da mãe. Nas situações em que o aporte lipídico é muito baixo há que dar especial atenção à ingestão de ácidos gordos insaturados necessários ao desenvolvimento do recém-nascido. Estima-se que este objetivo possa ser alcançado se o regime fornecer 0,5% do valor energético total na forma de ácidos gordos  $\omega$ -3 e 3% na forma de  $\omega$ -6 (Bresson & Rey, 2001). Em situações em que a mãe termina a gravidez com excesso de peso, uma alimentação equilibrada durante esta fase pode ser preponderante para a retoma de um peso corporal.

As recomendações são expressas em valores quotidianos, para alguns nutrientes uniformemente repartidos ao longo da gravidez, para outros adaptados a cada trimestre em função da velocidade de crescimento fetal. Apesar da prática frequente, não é consensual a opinião sobre a utilização de suplementação durante a gravidez. Alguns autores sugerem que para as mulheres que não seguem regimes especiais, a alimentação equilibrada deveria satisfazer as suas necessidades não só em energia como em nutrientes essenciais, em especial tendo em consideração as adaptações metabólicas que aumentam a eficiência de absorção de alguns nutrientes, sugerindo mesmo que possa aumentar o risco de intoxicação para algumas vitaminas (Bresson & Rey, 2001). No entanto há que ter em consideração o empobrecimento progressivo da cadeia alimentar em termos de alguns micronutrientes, em especial minerais, pelo que a suplementação durante a gravidez tem vindo cada vez mais a ser uma prática clínica.

Desta forma, para uma alimentação equilibrada em micronutrientes um dos aspetos mais importantes é a seleção de alimentos de elevada densidade nutricional, tendo o cuidado de não ultrapassar as doses diárias recomendadas. Há que ter em conta que se por um lado os micronutrientes desempenham funções vitais no organismo, e como tal ingestões insuficientes



umentam o risco do aparecimento de patologias, por outro lado, o seu excesso pode ser tóxico ou mesmo letal, em particular no caso das vitaminas lipossolúveis e dos oligoelementos para os quais não se conhecem mecanismos de eliminação dos excessos ou estes não são eficientes a partir de determinados níveis de ingestão.

Com o tempo, algumas vitaminas degradam-se nos alimentos, em especial as vitaminas hidrossolúveis. Por exemplo, a vitamina C é sensível ao calor ao passo que a vitamina B1 (tiamina) é sensível à luz. Apesar da composição dos minerais não ser afetada pela luz ou pelo calor na medida que estes são átomos ou iões, outros fatores podem influenciar a quantidade de minerais absorvidos. Tal como no caso das vitaminas, os processos de processamento de alimentos, que incluem a moagem, a refinagem, etc., e os processos culinários são suscetíveis de induzir perdas de minerais. Desta forma, os alimentos refinados são muito menos ricos em micronutrientes dos que os produtos que lhes deram origem, da mesma forma que os alimentos cozinhados o são relativamente aos produtos crus. Estes devem ser ingeridos o mais frescos possível, podendo em alguns casos a congelação rápida ser útil na manutenção das vitaminas. No entanto, o processamento pode aumentar a biodisponibilidade dos micronutrientes tornando-os mais acessíveis para serem absorvidos. Outro fator a ter em conta é a variedade e diversidade dos alimentos ingeridos. Estes fatores contribuem para a ingestão de alimentos que apresentam os micronutrientes não só em diferentes quantidades como também de forma mais ou menos biodisponível. Uma vez que alguns micronutrientes interferem na absorção de outros, a combinação variada destes nutrientes permitirá uma absorção otimizada.

Uma alimentação equilibrada é um passo chave não só na prevenção de um grande número de patologias como também na obtenção de um estado de saúde que permita uma boa qualidade de vida aumentando a probabilidade de os casais gerarem crianças saudáveis.

### 3.5. Referências bibliográficas

- American Academy of Pediatrics Committee on Fetus and Newborn (2003). Controversies concerning vitamin K and the newborn. *Pediatrics*, 112(1 Pt 1), 191-192.
- Azaïs-Braesco, V., & Grolier, P. (2001). Vitamines liposolubles - Vitamine A et caroténoïdes provitaminiques. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 221-228). Londres: Editions TEC & DOC.
- Birçouez-Aragon, I., Fieux, B., Poitier de Courcy, G., & Herberg, S. (2001). Vitamines hydrosolubles - Vitamine C. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 211-220). Londres: Editions TEC & DOC.
- Brachet, P., & Guillard, J.C. (2002). Vitamines Limitantes. Paper presented at the Université d'Été de Nutrition, Clermont-Ferrand.



- Bresson, J.L., & Rey, J. (2001). Femmes enceintes et allaitantes. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 293-305). Londres: Editions TEC & DOC.
- Chahine, B.G., & Bahna, S.L. (2010). The role of the gut mucosal immunity in the development of tolerance versus development of allergy to food. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*, 10(4), 394-399.
- Courtney, P.A., Sharpe, P.C., & Lee, R.J. (2002). Homocysteine and "Buerger's disease". *Postgrad Med J*, 78(922), 500, 504-505.
- Drüeke, T.B., & Lacour, B. (2001). Minéraux et oligoélément - Sodium, Potassium, CHlore. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 120-131). Londres: Editions TEC & DOC.
- Freeman, H.J. (2010). Reproductive changes associated with celiac disease. *World J Gastroenterol*, 16(46), 5810-5814.
- Golf, S.W. (1993). Biochemistry of magnesium in man. In S. W. Golf, D. Dralle & L. Vecchiet (Eds.), *Magnesium* (pp. 31-41). London: John Libbey & Company, Ltd.
- Guéant, J.L., Namour, F., Aimone-Gastin, I., & Nicolas, J.P. (2001). Vitamines hydrosolubles - Vitamine B12. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 211-215). Londres: Editions TEC & DOC.
- Guéguen, L. (2001). Minéraux et oligoélément - Calcium, Phosphore. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 131-146). Londres: Editions TEC & DOC.
- Guillard, J.C. (2001a). Vitamines hydrosolubles - Vitamine B8. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 203-205). Londres: Editions TEC & DOC.
- Guillard, J.C. (2001b). Vitamines hydrosolubles - Vitamines B3, B5. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 181-196). Londres: Editions TEC & DOC.
- Guillard, J.C., Lemoine, A., Poitier de Courcy, G., & Christidès, J.P. (2001). Vitamines hydrosolubles - Vitamine B6. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 196-203). Londres: Editions TEC & DOC.
- Holford, P., & Lawson, S. (2004). *Optimum Nutrition Before, During and After Pregnancy*. London: Piatkus Books Ltd.
- Karolczak, K., & Olas, B. (2009). Mechanism of action of homocysteine and its thiolactone in hemostasis system. *Physiol Res*, 58(5), 623-633.
- Laires, M.J., Monteiro, C.P., & Ferreira, A.M. (2001). Stress Oxidativo: papel dos micronutrientes antioxidantes. *Revista Portuguesa de Medicina Desportiva*, 19, 43-61.
- Lemoine, A., Guillard, J.C., & Christidès, J.P. (2001). Vitamines hydrosolubles - Vitamine B1. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 180-187). Londres: Editions TEC & DOC.
- Lequeu, B., & Guillard, J.C. (2001). Vitamines hydrosolubles - Vitamine B2. In A. Martin (Ed.), *Apports nutritionnels conseillés pour la population française* (3 ed., pp. 187-191). Londres: Editions TEC & DOC.
- Machlin, L.J., & Bendich, A. (1987). Free radical tissue damage: protective role of antioxidant nutrients. *Faseb J*, 1(6), 441-445.



- National Academies of Sciences (2005). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients). Washington, DC: National Academic Press.
- Poitier de Courcy, G., Christidès, J.P., & Hercberg, S. (2001). Vitamines hydrosolubles - Vitamine B9. In A. Martin (Ed.), Apports nutritionnels conseillés pour la population française (3 ed., pp. 205-211). Londres: Editions TEC & DOC.
- Rayssiguier, Y., Boirie, Y., & Durlach, J. (2001). Minéraux et oligoélément - Magnésium. In A. Martin (Ed.), Apports nutritionnels conseillés pour la population française (3 ed., pp. 146-149). Londres: Editions TEC & DOC.
- Rayssiguier, Y., Gueux, E., Bussiere, L., Durlach, J., & Mazur, A. (1993). Dietary magnesium affects susceptibility of lipoproteins and tissues to peroxidation in rats. *J Am Coll Nutr*, 12(2), 133-137.
- Rémésy, C. (1994). Alimentation et santé. Domingo: Flammarion.
- Rodriguez, N.R., Di Marco, N.M., & Langley, S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 709-731.
- Roussel, A.M. (2001). Minéraux et oligoélément - Chrome. In A. Martin (Ed.), Apports nutritionnels conseillés pour la population française (3 ed., pp. 168-170). Londres: Editions TEC & DOC.
- Seelig, M.S. (1994). Consequences of magnesium deficiency on the enhancement of stress reactions; preventive and therapeutic implications (a review). *J Am Coll Nutr*, 13(5), 429-446.
- Sicherer, S.H., & Sampson, H.A. (2009). Food allergy: recent advances in pathophysiology and treatment. *Annu Rev Med*, 60, 261-277.
- Strain, J.J., Dowey, L., Ward, M., Pentieva, K., & McNulty, H. (2004). B-vitamins, homocysteine metabolism and CVD. *Proc Nutr Soc*, 63(4), 597-603.
- Untersmayr, E., & Jensen-Jarolim, E. (2008). The role of protein digestibility and antacids on food allergy outcomes. *J Allergy Clin Immunol*, 121(6), 1301-1308; quiz 1309-1310.
- Villacorta, L., Graca-Souza, A.V., Ricciarelli, R., Zingg, J.M., & Azzi, A. (2003). Alpha-tocopherol induces expression of connective tissue growth factor and antagonizes tumor necrosis factor-alpha-mediated downregulation in human smooth muscle cells. *Circ Res*, 92(1), 104-110.



## 4 - Influência da morfologia ao longo da gravidez e pós-parto nos parâmetros da cinética da marcha

Marco Branco, Filomena Vieira, Rita Santos Rocha, Maria-Raquel Silva,  
Liliana Aguiar e António Prieto Veloso

### 4.1. Introdução

Durante a gravidez e no período pós-parto, o corpo da mulher sofre grandes alterações na sua fisiologia e composição corporal e, conseqüentemente, na sua morfologia. A associação entre a composição corporal, particularmente o aumento da massa corporal materna e os problemas relacionados com a saúde são bem conhecidos para o bem-estar da mãe e do filho (Leddy *et al.*, 2008; Tenenbaum-Gavish & Hod, 2013). De acordo com o *Institute of Medicine* (2009), durante a gravidez, as mulheres com um índice de massa corporal (IMC) inferior a 19,8 kg/m<sup>2</sup> (baixo peso) devem aumentar a sua massa corporal entre 12,5 kg e 18 kg; mulheres com IMC entre 19,8 kg/m<sup>2</sup> e 26,0 kg/m<sup>2</sup> (peso normal) devem ter um aumento de massa corporal entre 11,5 kg e 16 kg; mulheres com IMC entre 26 kg/m<sup>2</sup> e 29,0 kg/m<sup>2</sup> (excesso de peso) devem ter um aumento da massa corporal de 7 kg a 11,5 kg; mulheres com o IMC maior ou igual a 29 kg/m<sup>2</sup> (obesas) devem ter pelo menos 6,8 kg de aumento de massa corporal. Para as mulheres que estão grávidas de gémeos, o ganho de massa corporal total recomendada no final da gravidez é de 16,0 a 20,5 kg (Institute of Medicine, 2009; Silva & Bellotto, 2015). No capítulo 2 está apresentado de forma mais profunda as alterações morfológicas que acontecem à mulher durante a gravidez e no pós-parto.

O ganho de massa corporal durante a gravidez tem sido amplamente estudado e é relatado em vários estudos. Em geral, durante a gravidez, o ganho de massa corporal é de cerca de 11 kg (Kopp-Hoolihan *et al.*, 1999; Larciprete *et al.*, 2003; Soltani & Fraser, 2000), embora os valores médios tenham vindo a aumentar nos últimos anos, de 9 kg (Thame *et al.*, 2007) para até 14,5 kg (Straughen *et al.*, 2013) em mulheres não obesas, com grande parte desses ganhos ocorridos durante o segundo trimestre. No entanto, no final da gravidez, as mulheres acumulam uma média de 4 kg de gordura corporal (Kopp-Hoolihan *et al.*, 1999; Larciprete *et al.*, 2003; Thame *et al.*, 2007). A prevalência de mulheres com massa corporal normal



diminuiu significativamente entre o segundo e o terceiro trimestre, respectivamente de 63,2% para 39,5% (Perez *et al.*, 2010). Após o parto, a massa corporal da mulher permanece acima do medido antes da sua gravidez (Kopp-Hoolihan *et al.*, 1999) ou no início da gravidez (Soltani & Fraser, 2000).

As mulheres classificadas como obesas no início da gravidez têm significativamente maior somatório das pregas de gordura subcutâneas e maiores ganhos de massa de gordura em comparação com as mulheres de peso normal (Soltani & Fraser, 2000). Embora diversos estudos mostrem um aumento da dimensão das pregas adiposas durante a gravidez, as alterações nem sempre são significativas. As pregas adiposas subcutâneas que têm mostrado aumentos significativos durante a gravidez são a subescapular, a suprailíaca e a crural (Piperata *et al.*, 2002); a tricripital, a bicipital e a subescapular (Lopez *et al.*, 2011); e as pregas adiposas subcutâneas crural e geminal (Perez *et al.*, 2010).

As dimensões corporais das mulheres grávidas medidas pelas circunferências segmentares, mostram que o perímetro médio da coxa (Perez *et al.*, 2010; Piperata *et al.*, 2002), e os perímetros glúteo e geminal (Piperata *et al.*, 2002) aumentam significativamente durante a gravidez. Entre o segundo e o terceiro trimestres, também tem sido observado um aumento das áreas de gordura da coxa, geminal e da massa total de gordura (Perez *et al.*, 2010).

A influência dos parâmetros segmentares do corpo na estimativa das soluções calculadas por dinâmica inversa foi investigada por alguns estudos realizados na última década. Esses estudos compararam os valores de dinâmica inversa, através da determinação das características inerciais de diferentes fontes de dados antropométricos (Ganley & Powers, 2004; Rao *et al.*, 2006), através da qualidade dos dados cinemáticos e cinéticos recolhidos e dos dados anatômicos do modelo biomecânico (Silva & Ambrósio, 2004). Foram encontradas diferenças estatísticas entre algumas das condições testadas, no entanto, apenas Jensen e colaboradores (1996) compararam as características inerciais em mulheres grávidas, encontrando diferenças apenas nas características inerciais, nomeadamente massa e momento de inércia, da região inferior do tronco.

Recentemente, Aguiar e colaboradores (2015) analisaram o efeito do aumento da massa no tronco associada à gravidez, no membro inferior e na bacia, durante a marcha, relativamente aos parâmetros temporais, amplitude de movimento articular e momentos de força, através da comparação de um grupo de mulheres grávidas (no segundo trimestre de gestação) com um grupo de não-grávidas, e com este grupo enquanto transportavam uma carga adicional de 5 kg localizada na região abdominal e seios. O objetivo foi compreender quais as adaptações da marcha que podem estar mais relacionadas com o aumento da massa do tronco, ou se estão mais associadas a outros fatores, tais como o perímetro da coxa. Os autores concluíram que o



aumento da massa na região anterior do tronco, durante a gravidez, pode influenciar algumas variáveis da marcha, tais como a duração da passada, o tempo em duplo apoio, a extensão máxima da coxa, e o momento de força da flexão da coxa (Aguiar *et al.*, 2015).

Não foram encontrados estudos que relacionassem a influência da composição corporal e das alterações morfológicas nos parâmetros cinéticos da marcha durante a gravidez e no pós-parto, e não se sabe até que ponto estas alterações contribuem para a carga interna das mulheres, nesta fase especial da vida.

Os objetivos deste estudo foram quantificar as alterações antropométricas e de composição corporal da mulher durante a gravidez e no pós-parto e, ainda, identificar a contribuição destes parâmetros na cinética articular dos membros inferiores durante a marcha (Branco *et al.*, 2016).

## 4.2. Materiais e métodos

A amostra foi composta por onze mulheres caucasianas saudáveis ( $33,2 \pm 1,6$  anos, variação 32-37), sem problemas musculoesqueléticos, doenças neuromusculares ou outras doenças (tabela 21).

**Tabela 21 - Massa corporal, índice de massa corporal (IMC) e semanas de gestação das participantes (N = 11) antes, durante e após a gravidez**

Variáveis	Antes da gravidez	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto
Altura (m)	-	$1,64 \pm 0,04$	-	-	-
Massa Corporal (kg)	$60 \pm 7,1$	$61,1 \pm 6,6$	$66,6 \pm 8,5$	$71,0 \pm 8,0$	$62,4 \pm 7,4$
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$22,5 \pm 3,1$	$22,7 \pm 2,8$	$24,7 \pm 3,6$	$26,4 \pm 3,4$	$23,2 \pm 3,3$
Semanas	-	$14,2 \pm 2,4$	$27,3 \pm 1,0$	$36,3 \pm 0,9$	$20,6 \pm 5,2$

Todas as participantes apresentaram-se como voluntárias para participar no estudo através de contactos pessoais, em clubes de *fitness* ou através de centros de saúde em Lisboa (Portugal), de janeiro de 2010 a maio de 2013. Nenhuma das participantes tinha contraindicações para a prática de exercício físico. Todas as participantes deram o seu consentimento informado antes da participação no estudo. Este estudo foi aprovado pelo Conselho de Ética da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa, Portugal.

Os dados foram recolhidos no Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional da Faculdade de Motricidade Humana em quatro fases: às  $14,2 \pm 2,4$  semanas, às  $27,3 \pm 1,0$



semanas e às  $36,3 \pm 0,9$  semanas de gestação e, no pós-parto, às  $20,6 \pm 5,2$  semanas. As variáveis antropométricas recolhidas foram a massa corporal, estatura, seis pregas adiposas subcutâneas (subescapular, tricípital, bicipital, iliocrystal, crural e geminal); quatro perímetros (abdominal, glúteo, médio da coxa e geminal) e; três diâmetros (biiliocrystal, torácico e biacromial). Todos os dados antropométricos foram medidos de acordo com o protocolo de medição padronizada da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) (Stewart *et al.*, 2011), com exceção para circunferência abdominal, que foi medido 2 cm abaixo da cicatriz umbilical, e o diâmetro torácico, que foi medido ao nível das últimas costelas. Os dados foram recolhidos por antropometristas certificados ISAK.

Com base nessa avaliação, outras variáveis foram calculadas, incluindo ganho de massa corporal em cada trimestre tendo como referência a massa corporal antes da gravidez (auto-relatado pela participante num formulário específico); a densidade corporal e a percentagem de massa gorda (Durnin & Womersley, 1974); as áreas de secção transversal de músculo e gordura da coxa e da perna (Frisancho, 2011); e consequentemente, a gordura corporal e massa livre de gordura; a razão biiliocrystal-biacromial; a razão perímetro abdominal-glúteo, e o índice de massa corporal.

Os parâmetros cinemáticos e cinéticos foram recolhidos através de 12 câmaras infravermelhas de alta velocidade (Oqus-300, Qualisys, Suécia) a uma frequência de captura de 200 Hz, e três plataformas de força (duas Kistler AG, Winterthur, Switzerland; e uma AMTI - Advanced Mechanical Technology, Inc., Watertown), a uma frequência de captura de 1000 Hz. Os marcadores esféricos refletivos foram colocados sobre a nos segmentos dos membros inferiores com fita adesiva de dupla-face em locais pré-definidos de acordo com as recomendações de Hamill, Selbie e Kepple (2014). Os dados cinéticos e cinemáticos foram sincronizados no mesmo ficheiro através do *software* Qualisys Track Manager (QTM; Qualisys AB, Gotemburgo, Suécia). A tarefa consistia em andar durante três minutos não consecutivos a uma velocidade confortável. Foram considerados os últimos quatro ciclos realizados por cada participante. Os procedimentos foram totalmente descritos em estudos anteriores (Branco *et al.*, 2013; Branco *et al.*, 2015). Os parâmetros cinéticos considerados no presente estudo referem-se ao membro inferior direito.

Os procedimentos estatísticos foram realizados no *software* IBM SPSS Statistics 22 para Windows. Foram realizados os testes de normalidade de *Shapiro-Wilk* e esta não foi assumida em todos os casos. A análise da variância de medidas repetidas foi utilizada para verificar diferenças das variáveis antropométricas e de composição corporal entre os grupos constituídos pelas fases de recolha. Para as variáveis que não preenchem todos os pressupostos para a análise de medidas repetidas, foi realizado o teste de *Friedman*. Para o cálculo dos modelos de regressão linear foi utilizado o método *enter*. Apenas uma variável



independente integrou o modelo de regressão, para garantir a maior potência estatística, considerando o tamanho da amostra (Stevens, 2009).

## 4.3. Resultados

### 4.3.1. Perfil antropométrico e de composição corporal

Os perfis antropométricos e de composição corporal das mulheres durante a gravidez e no pós-parto estão descritos na tabela 22.

Todas as variáveis antropométricas foram significativamente influenciadas pela gravidez, com exceção para o perímetro médio da coxa e da razão biiliocristal-biacromial. Embora o diâmetro biacromial aumente significativamente entre o primeiro e o terceiro trimestre e entre o primeiro trimestre e o pós-parto, o diâmetro biiliocristal só foi significativamente diferente do primeiro trimestre para o terceiro trimestre (um aumento de 1,5 cm,  $p \leq 0,001$ ). Assim, não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para a razão biiliocristal-biacromial (tabela 22).

O diâmetro torácico mostra alterações entre todas as comparações emparelhadas das fases de recolha, com uma exceção para o primeiro trimestre e pós-parto, aumentando 2,6 cm do primeiro para o terceiro trimestre, diminuindo igual quantidade do terceiro trimestre para pós-parto.

O perímetro abdominal mostra um aumento médio em toda a gravidez de 16,5 cm e uma redução significativa de 14,7 cm do terceiro trimestre para o pós-parto. O perímetro da anca também mostra aumentos significativos de 3,1 cm e 4,3 cm, respectivamente do primeiro trimestre para o segundo e terceiro trimestres e uma diminuição significativa de 3,2 cm do terceiro trimestre para o pós-parto. O perímetro geminal apresenta um aumento significativo de 1,1 cm do início para o final da gravidez e o perímetro médio da coxa não apresenta quaisquer alterações entre as fases observadas.



**Tabela 22 - Variáveis antropométricas e de composição corporal das participantes durante a gravidez e no período pós-parto (N=11). Valores médios ± desvio-padrão das variáveis e valores significativos das comparações emparelhadas (P <0,05)**

	1.º trimestre	2.º trimestre	3.º trimestre	Pós-Parto	Sig.
<b>Antropometria</b>					
Diâmetro Biacromial (cm)	36,5 ± 1,9	36,5 ± 0,9	37,1 ± 1,1	36,6 ± 1,8	b) 0,038 d) 0,025
Diâmetro Biiliocristal (cm)	27,6 ± 2,0	28,2 ± 2,0	29,0 ± 2,4	27,9 ± 1,8	b) 0,001
Diâmetro Torácico (cm)	24,1 ± 1,6	25,6 ± 1,1	26,7 ± 1,2	24,1 ± 1,6	a) 0,022 b) 0,004 c) 0,016 e) 0,009 f) 0,002
Perímetro Abdominal (cm)	87,1 ± 6,7	96,8 ± 6,6	103,6 ± 7,2	88,9 ± 6,5	a) <0,001 b) <0,001 c) <0,001 e) <0,001 f) <0,001
Perímetro da Anca (cm)	99,0 ± 7,2	102,1 ± 7,5	103,3 ± 7,3	100,1 ± 7,7	a) 0,006 b) 0,003 f) 0,028
Perímetro Médio da Coxa (cm)	51,4 ± 5,4	53,1 ± 5,3	53,3 ± 5,1	52,6 ± 4,6	ns
Perímetro Geminal (cm)	35,8 ± 2,3	36,5 ± 2,8	36,9 ± 3,0	36,3 ± 2,7	b) 0,044
Razão Biiliocristal-Biacromial	0,76 ± 0,05	0,77 ± 0,04	0,78 ± 0,04	0,76 ± 0,04	ns
Razão Abdominal-Anca (cintura-anca)	0,88 ± 0,05	0,95 ± 0,05	1,0 ± 0,06	0,89 ± 0,03	a) <0,001 b) <0,001 c) <0,001 e) <0,001 f) <0,001
<b>Composição Corporal</b>					
Massa Corporal (kg)	61,1 ± 6,6	66,6 ± 8,5	71,0 ± 8,0	62,4 ± 7,4	a) 0,003 b) 0,003 c) 0,003 e) 0,014 f) 0,005
Ganho de Massa Corporal (kg)	2,1 ± 2,0	7,9 ± 3,0	12,6 ± 2,5	-8,6 ± 3,7	a) 0,012 b) 0,012 c) 0,011 d) 0,012 e) 0,012 f) 0,011
Prega Subscapular (mm)	11,5 ± 4,4	12,6 ± 4,4	13,3 ± 4,1	13,4 ± 6,5	a) 0,006 d) 0,015 e) 0,020 f) 0,030
Prega Tricipital (mm)	16,2 ± 3,9	17,5 ± 4,2	16,3 ± 4,4	20,0 ± 5,3	b) 0,028
Prega Bicipital (mm)	6,8 ± 2,6	6,7 ± 3,1	7,1 ± 2,9	7,6 ± 3,5	ns
Prega Iliocristal (mm)	19,1 ± 4,0	20,7 ± 4,9	19,0 ± 5,1	17,4 ± 4,3	ns
Prega Crural (mm)	20,4 ± 7,5	23,4 ± 9,4	23,8 ± 8,1	23,4 ± 6,0	ns
Prega Geminal (mm)	13,4 ± 5,7	14,1 ± 6,5	14,3 ± 5,0	14,7 ± 5,7	ns
Sumatório das Pregas (mm)	124,7 ± 24,5	131,5 ± 30,3	130,7 ± 27,7	132,8 ± 27,9	b) 0,030
Massa Gorda (%)	26,4 ± 5,2	28,6 ± 3,2	28,1 ± 3,6	28,6 ± 4,0	ns
Massa Gorda (kg)	16,3 ± 4,5	19,2 ± 4,5	20,1 ± 4,4	18,0 ± 4,5	a) 0,038 b) 0,022
Massa Livre de Gordura (kg)	44,8 ± 3,5	47,4 ± 4,4	50,9 ± 4,6	44,4 ± 3,7	ns
Área total da Coxa (cm <sup>2</sup> )	211,9 ± 45,8	226,4 ± 46,4	228,3 ± 44,9	221,9 ± 38,8	ns
Área Muscular da Coxa (cm <sup>2</sup> )	161,8 ± 37,3	167,6 ± 26,8	168,2 ± 24,8	164,1 ± 27,8	ns
Área de Gordura da Coxa (cm <sup>2</sup> )	50,2 ± 20,0	58,8 ± 27,8	60,1 ± 25,2	57,8 ± 17,2	b) 0,041 f) 0,047
Área total da Perna (cm <sup>2</sup> )	102,6 ± 13,3	106,6 ± 17,0	109,2 ± 18,0	105,6 ± 15,6	b) 0,016 d) 0,026
Área muscular da Perna (cm <sup>2</sup> )	79,9 ± 9,0	82,0 ± 9,4	84,1 ± 11,4	80,2 ± 9,0	a) 0,009 b) <0,001 f) 0,049
Área de Gordura da Perna (cm <sup>2</sup> )	22,7 ± 10,4	24,6 ± 12,6	25,1 ± 10,1	25,4 ± 10,8	b) 0,001 c) <0,001 e) 0,003 f) 0,000
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,7 ± 2,8	24,8 ± 3,6	26,4 ± 3,4	23,2 ± 3,3	a) 0,018 b) 0,012 c) 0,017 d) 0,012 e) 0,003 f) 0,003

Legenda: a) diferenças significativas entre o 1.º e o 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre o 1.º e o 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre o 2.º e o 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre o 1.º trimestre e o Pós-Parto; e) diferenças significativas entre o 2.º trimestre e o Pós-Parto; f) diferenças significativas entre o 3.º trimestre e o Pós-Parto; ns: não significativo.



As pregas adiposas subescapular e bicipital mostram um aumento significativo de, respectivamente, 1,9 mm e 0,3 mm do primeiro para o terceiro trimestre, sem alterações do terceiro trimestre para o pós-parto. A prega tricipital aumenta a sua espessura do primeiro, segundo e terceiro trimestre para o pós-parto, respectivamente 3,8 mm, 2,5 mm e 3,7 mm. As pregas iliocrural, crural e geminal mantêm-se inalteradas durante a gravidez e pós-parto. A soma das pregas adiposas mostra um aumento significativo de 6,0 cm do primeiro ao terceiro trimestre, mantendo-se inalterado do terceiro trimestre para o período pós-parto. O valor relativo de massa gorda não mostra alterações durante a gravidez e no pós-parto.

A massa corporal ( $p \leq 0,01$ ) e ganho de peso ( $p \leq 0,02$ ) mostraram um aumento significativo durante a gravidez e uma diminuição significativa do terceiro trimestre para o período pós-parto (respectivamente,  $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,02$ , tabela 24). De acordo com as linhas orientadoras para o ganho de peso durante a gravidez (Institute of Medicine, 2009), as nossas participantes demonstraram um peso normal ( $19,8 \leq \text{IMC} < 26,0 \text{ kg/m}^2$ ) durante os dois primeiros trimestres e no período pós-parto. No último trimestre apresentaram valores acima do normal ( $\text{IMC} > 26,0$  a  $29,0 \text{ kg/m}^2$ ). O ganho de massa corporal durante a gravidez foi semelhante às recomendações durante toda a gravidez, tendo como referência a classificação de IMC normal.

Relativamente às áreas segmentares, as áreas da perna e a área de gordura da coxa foram afetadas pela gravidez. A área muscular da perna teve um aumento significativo de  $4,2 \text{ cm}^2$  do primeiro para o terceiro trimestre e uma redução significativa de  $3,9 \text{ cm}^2$  do terceiro trimestre para o pós-parto. A área de gordura da perna também aumentou significativamente do primeiro ao terceiro trimestre e para o pós-parto, respectivamente de  $2,4 \text{ cm}^2$  e  $2,6 \text{ cm}^2$ . No segmento da coxa, apenas a área de gordura apresentou alterações significativas, com aumentos do primeiro para o segundo e terceiro trimestre. As áreas total e de gordura da coxa não apresentaram alterações significativas durante a gravidez e pós-parto.

Como esperado, a massa gorda e a massa livre de gordura das participantes foram influenciadas pela fase da gravidez ou pós-parto em que estavam. A gordura corporal aumentou do primeiro para o segundo e terceiro trimestre, respectivamente 2,9 kg e 3,7 kg, diminuindo do terceiro trimestre para pós-parto 2,1 kg. A massa livre de gordura aumentou significativamente 6,1 kg entre o primeiro e o segundo trimestre e 3,5 kg até o final da gravidez. Após o parto, esta variável mostrou uma diminuição significativa quando comparado com os valores dos segundo e terceiro trimestres, com reduções de 3 kg e 6,6 kg, respectivamente. De referir que, apesar de a massa gorda (MG) aumentar em termos absolutos esta manteve a mesma proporção relativamente à massa corporal total ao longo da gravidez, ou seja, não houve diferenças na %MG.



A razão abdominal-anca (cintura-anca) mostra alterações entre todos os pares de fases de recolha na gravidez e no período pós-parto, com exceção para o primeiro trimestre o pós-parto, onde não se verificaram alterações significativas. Na razão diâmetro ilioacromial não foram observadas alterações significativas entre as fases em estudo. Para todas as fases de recolha, esta variável apresentou valores superiores a 0,76, o que significa que durante a gravidez e no pós-parto, as mulheres mantêm o tronco com uma forma retangular (Guedes & Guedes, 2006). O IMC aumentou  $3,7 \text{ kg/m}^2$  do primeiro ao terceiro trimestre e diminuiu  $3,1 \text{ kg/m}^2$  do terceiro trimestre para o período pós-parto. Os momentos e potências articulares utilizados para o cálculo dos modelos de regressão estão apresentados na tabela 23.

**Tabela 23 - Força de reação do apoio (FRA), momentos articulares e potências articulares, das participantes nas quatro fases de recolha**

Variáveis	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto
3.º pico das FRA verticais (% Massa Corporal)	1,14 ± 0,04	1,13 ± 0,04	1,09 ± 0,03	1,16 ± 0,04
2.º pico do momento articular do tornozelo no plano sagital (N.m/kg)	-1,36 ± 0,09	-1,34 ± 0,10	-1,28 ± 0,06	-1,34 ± 0,11
1.º pico do momento articular da coxofemoral no plano sagital (N.m/kg)	-0,61 ± 0,17	-0,53 ± 0,15	-0,48 ± 0,17	-0,62 ± 0,20
2.º pico do momento articular da coxofemoral no plano sagital (N.m/kg)	0,77 ± 0,20	0,69 ± 0,15	0,61 ± 0,13	0,90 ± 0,23
1.º pico do momento articular da coxofemoral no plano transversal (N.m/kg)	-0,26 ± 0,05	-0,32 ± 0,08	-0,30 ± 0,11	-0,26 ± 0,09
2.º pico da potência articular do joelho no plano sagital (W/kg)	0,34 ± 0,30	0,35 ± 0,32	0,28 ± 0,16	0,49 ± 0,38
2.º pico da potência articular da coxofemoral no plano sagital (W/kg)	-0,75 ± 0,32	-0,67 ± 0,27	-0,61 ± 0,24	-0,99 ± 0,47
1.º pico da potência articular da coxofemoral no plano transversal (W/kg)	-0,31 ± 0,14	-0,67 ± 0,78	-0,41 ± 0,20	-0,35 ± 0,20

As variáveis cinéticas em estudo estão descritas mais aprofundadamente no capítulo 8. No entanto, foram considerados para este estudo, as variáveis cujas alterações foram identificadas como sendo afetadas pela fase da gravidez em que se encontram. Em relação às forças de reação do apoio (FRA) apenas a componente vertical do terceiro pico mostrou influência da fase da gravidez ou do pós-parto. Nos momentos articulares foram considerados o segundo pico do tornozelo e o primeiro e segundo pico da articulação coxofemoral no plano sagital e o primeiro pico da articulação coxofemoral no plano transversal. Para as potências articulares foram considerados o segundo pico das articulações do joelho e coxofemoral no plano sagital e o primeiro pico da articulação coxofemoral no plano transversal.

#### 4.3.2. Modelos de regressão para os momentos articulares

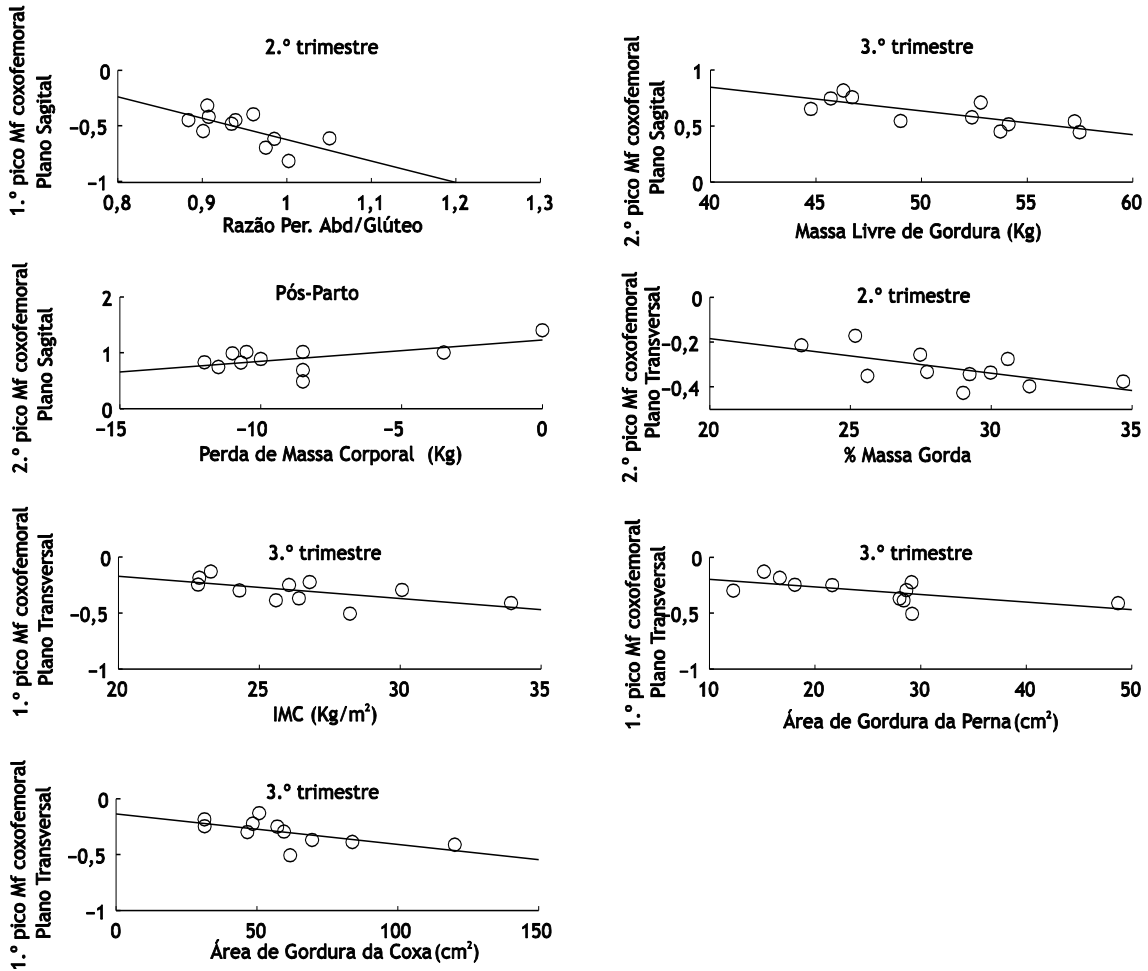
A construção dos modelos preditivos para os parâmetros cinéticos através de variáveis antropométricas pode fornecer informações adicionais sobre a dinâmica da carga em



mulheres grávidas. As relações entre as variáveis antropométricas e os momentos articulares do joelho e da coxofemoral no plano sagital foram encontrados em três casos (tabela 24). A relação entre variáveis antropométricas e os picos de momentos comuns são representados na figura 9.

**Tabela 24 - Modelos de regressão linear para os: momentos articulares no plano sagital e plano transversal; potências articulares no plano sagital e no plano transversal; e para as forças de reação do apoio**

Modelos de regressão para os momentos articulares no plano sagital			
2.º trimestre			
1.º pico do momento articular da coxofemoral (N.m/kg)			
Variável Preditora	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Razão Abdominal-Glúteo	-1,928	-,665(,026)	,380
3.º trimestre			
2.º pico do momento articular da coxofemoral (N.m/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Massa Livre de Gordura (Kg)	-,021	-,762(,006)	,534
Pós-Parto			
2.º pico do momento articular da coxofemoral (N.m/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Perda de massa corporal (Kg)	,038	,606(,048)	,296
Modelos de regressão para os momentos articulares no plano transversal			
2.º trimestre			
1.º pico do momento articular da coxofemoral (N.m/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
% Massa Gorda	-,016	-,632(,037)	,333
3.º trimestre			
1.º pico do momento articular da coxofemoral (N.m/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Índice de Massa Corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	-,020	-,606(,048)	,296
Área de gordura da perna (cm <sup>2</sup> )	-,007	-,620(,042)	,316
Área de Gordura da Coxa (cm <sup>2</sup> )	-,003	-,626(,039)	,324
Modelos de regressão para as potências articulares no plano sagital			
1.º trimestre			
2.º pico da potência articular do joelho (W/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Ganhos de massa corporal (Kg)	,084	,836(,010)	,650
2.º trimestre			
2.º pico da potência articular da coxofemoral (W/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Área de Gordura da Coxa (cm <sup>2</sup> )	,006	,628(,038)	,328
3.º Trimestre			
2.º pico da potência articular da coxofemoral (W/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Massa Livre de gordura (Kg)	,037	,722(,012)	,468
Pós-Parto			
2.º pico da potência articular da coxofemoral (W/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Massa livre de Gordura (Kg)	,108	,838(,001)	,669
Modelos de regressão para as potências articulares no plano transversal			
3.º trimestre			
1.º pico da potência articular da coxofemoral (W/kg)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Ganhos de Massa Corporal (Kg)	-,065	-,740(,036)	,473
Modelos de regressão para as forças de reação do apoio			
3.º trimestre			
3.º pico das FRA verticais (% massa corporal)			
	B	B (p)	adjR <sup>2</sup>
Razão Bilicristal-Biacromial	,476	,679(,044)	,384



**Figura 9 - Gráficos de dispersão e linhas de regressão, dos modelos preditivos dos momentos articulares (N.m/Kg)**

A razão perímetro abdominal-glúteo é um preditor significativo ( $p < 0,03$ ) do primeiro pico do momento articular da coxofemoral nas mulheres no segundo trimestre de gestação e explica 38% da sua variabilidade. No terceiro trimestre, 53,4% da variabilidade do segundo pico do momento articular da coxofemoral pode ser significativamente explicado pela massa livre de gordura ( $p < 0,01$ ). No período pós-parto, o ganho de massa corporal é um preditor significativo ( $p < 0,05$ ) do segundo pico do momento articular da coxofemoral e explica 29,6% da sua variabilidade.

Na tabela 24 estão apresentados os modelos de regressão para a predição dos momentos articulares no plano transversal. Neste plano, os momentos articulares da coxofemoral no segundo trimestre são significativamente preditos pela percentagem de massa gorda ( $p < 0,05$ ). Este modelo é significativo e explica 33,3% da variabilidade da variável preditora.



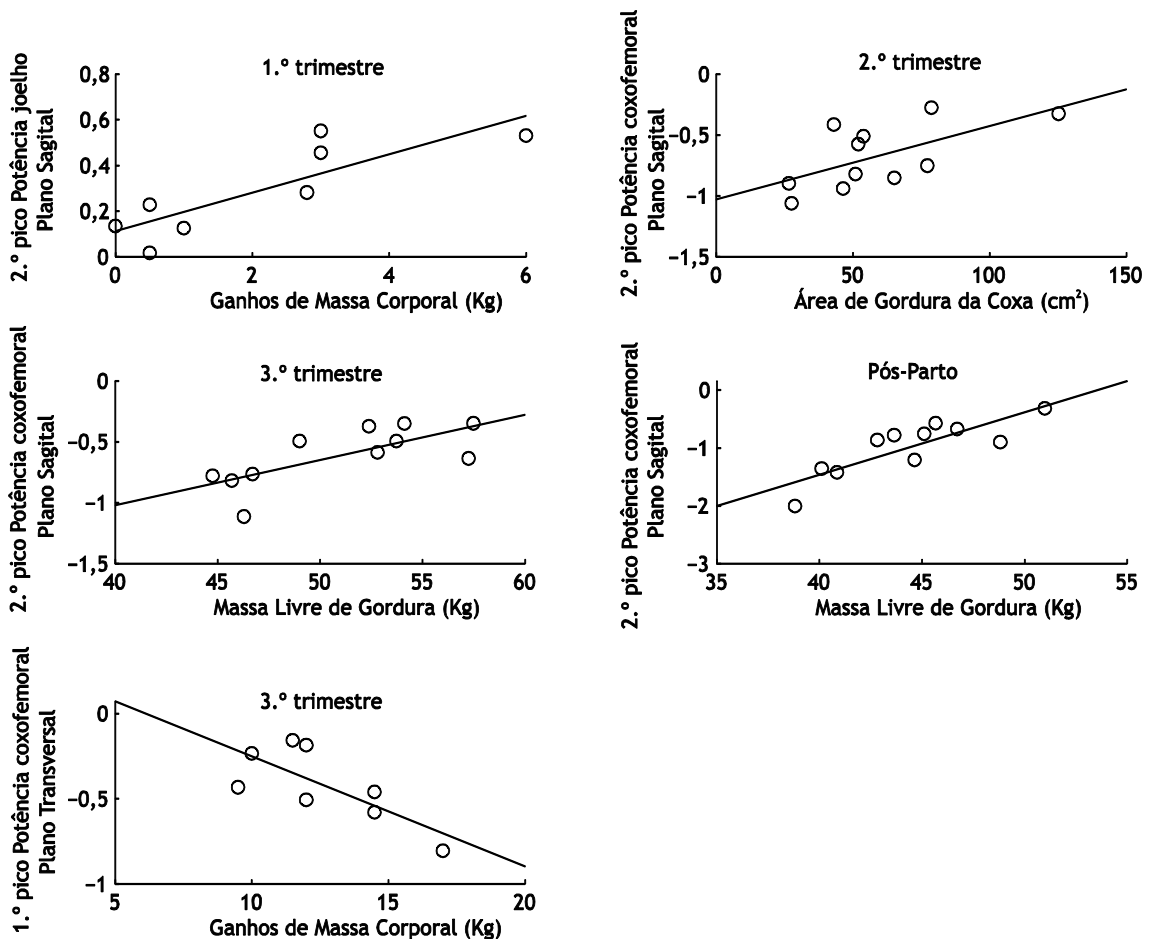
Os momentos articulares da coxofemoral no terceiro trimestre, são significativamente preditos pelo índice de massa corporal ( $p < 0,05$ ), pela área de gordura da perna ( $p < 0,05$ ) e pela área de gordura da coxa ( $p < 0,05$ ). Estes modelos têm, respetivamente, uma explicação de 29,6%, 31,6% e 32,4% da variabilidade do momento articular da coxofemoral no plano transversal.

### 4.3.2. Modelos de regressão para as potências articulares

A análise realizada encontrou vários modelos de regressão que permitem prever as potências articulares para as quatro fases de recolha a partir das variáveis antropométricas e de composição corporal. No plano sagital apenas o joelho e a coxofemoral apresentam modelos de predição considerando as quatro fases estudadas (tabela 24). A relação entre as variáveis antropométricas e os picos de energia mecânica estão representados na figura 10.

No primeiro trimestre, a potência articular do joelho é significativamente predita em 65% da sua variabilidade pelo ganho de massa corporal ( $p \leq 0,01$ ). No segundo trimestre, a área de gordura da coxa é um preditor significativo da potência articular da coxofemoral, explicando 32,8% da sua variabilidade total. A massa livre de gordura é um preditor significativo da potência articular da coxofemoral no terceiro trimestre e no período pós-parto, explicando, respetivamente, 46,8% e 66,9% da variabilidade total do modelo.

No plano transversal, apenas foram encontrados resultados significativos nos modelos de regressão para a articulação coxofemoral, no terceiro trimestre de gravidez. O ganho de massa corporal é um preditor significativo ( $p < 0,05$ ) da potência articular da coxofemoral no plano transversal. O modelo explica 47,3% da sua variabilidade total.



**Figura 10 - Gráficos de dispersão e linhas de regressão, dos modelos preditivos das potências articulares (W/Kg)**

Embora as forças de reação do apoio (FRA) sejam a reação ao contacto do pé com o solo, não foi ainda definida que quantidade dessa reação é devida às variáveis antropométricas ou de composição corporal. Na tabela 24 está apresentado o modelo de regressão para as FRA com um preditor antropométrico. A relação entre as variáveis antropométricas e picos de FRA está representada na figura 11.

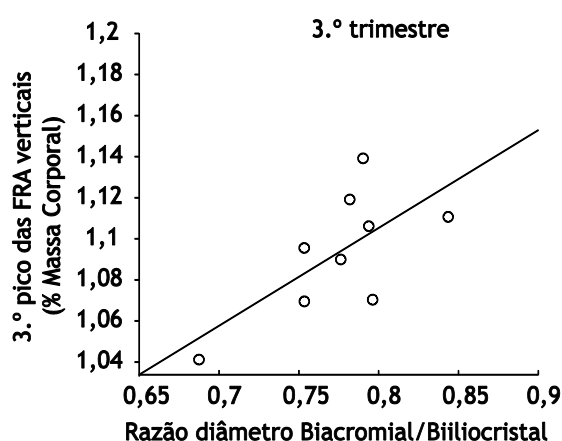


Figura 11 - Gráficos de dispersão e linhas de regressão, do modelo preditivo das forças de reação do apoio (em % massa corporal)

A razão do diâmetro biiliocrystal-biacromial, é um preditor significativo ( $p < 0,05$ ) do terceiro pico das FRA verticais, quando as mulheres estão no terceiro trimestre de gravidez, explicando 38,4% da sua variabilidade.

#### 4.4. Discussão

O primeiro objetivo deste estudo foi avaliar e quantificar as alterações antropométricas e de composição corporal das mulheres durante a gravidez e no período pós-parto. Apesar do tamanho da amostra ser reduzido, os resultados deste estudo longitudinal, no que se refere às variáveis da composição corporal, estão de acordo com outros estudos longitudinais realizados durante a gravidez (Berggren *et al.*, 2015; Widen *et al.*, 2015). Em geral, as variáveis de composição corporal apresentaram um aumento durante a gravidez e uma redução do final da gravidez para o pós-parto. No entanto, a maioria destas variáveis não diferiram entre o 1.º trimestre e o pós-parto, com exceção para o peso corporal, uma vez que o peso no pós-parto é superior ao peso no 1.º trimestre ( $p = 0,012$ ).

Durante a gravidez, várias modificações fisiológicas ocorrem no corpo da mulher grávida para garantir as necessidades de energia da mãe e para apoiar o crescimento e o desenvolvimento do feto (Silva & Belloto, 2015; Berggren *et al.*, 2015; Andres *et al.*, 2015). É de considerar que a composição corporal materna tem sido amplamente estudada, mas existe uma ausência da sua relação com os parâmetros cinéticos da marcha durante a gravidez. Neste estudo, tanto o ganho de peso como o índice de massa corporal foram afetados pela gravidez, com aumentos significativos durante a gravidez (Widen *et al.*, 2015) e com reduções significativas no período pós-parto, tal como verificado em estudos recentes (Gunderson *et al.*, 2015).



Verificou-se também que a variação do ganho de massa corporal foi ao encontro com o recomendado na literatura de referência (Institute of Medicine, 2009; Silva & Belloto, 2015; Widen *et al.*, 2015). Os ganhos de gordura maternos estão associados a implicações importantes para a saúde materna e das crianças, com uma maior retenção de gordura na mãe após o parto (Widen *et al.*, 2015). Além disso, o ganho de massa corporal materna também pode interferir com importantes parâmetros da cinética da marcha como observado em estudos anteriores. A influência da morfologia da carga interna de mulheres durante a gravidez e no pós-parto não foi estudado anteriormente.

Num estudo recente Berggren e colaboradores (2015) determinaram o perfil metabólico de vinte e uma mulheres saudáveis: onze avaliadas desde a preconcepção até um ano pós-parto e dez mulheres não grávidas, avaliadas no início do estudo e um ano depois. A massa corporal, a massa livre de gordura (kg), a massa gorda (kg) e a porcentagem de massa gorda foram avaliadas por hidro-densitometria. Foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ( $p < 0,05$ ) no peso e na massa livre de gordura na preconcepção (respectivamente 59,7 (53,5 - 85,6) kg e 42,5 (39,0 - 49,2) kg) e na gravidez (respectivamente 77,2 (62,9 - 94,3) kg e 54,7 (46,7 - 57,5) kg). Em contraste com os resultados do presente estudo, não foram observadas diferenças significativas entre a preconcepção e o pós-parto nestas duas variáveis. Além disso, não foram encontradas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) na gordura corporal e na porcentagem de massa gorda entre a preconcepção (20,7 (13,7 - 37,4) kg e 30,0 (24,1 - 43,8) %) e a gravidez (24,2 (14,9 - 38,7) kg e 30,6 (24,8 - 40,2) %) e, entre as fases de gravidez e pós-parto (18,4 (13,8 - 41,3) kg e 29,3 (25,2 - 46,2) %). Os resultados no pós-parto foram similares aos encontrados no nosso estudo, para a massa livre de gordura (44,3 (38,8 - 49,6) kg), para a massa gorda (18,4 (13,8 - 41,3) kg) e para a porcentagem de massa gorda (29,3 (25,2 - 46,2) %). É de salientar que embora as metodologias de avaliação da composição corporal entre este estudo e o nosso estudo sejam diferentes, os resultados são semelhantes.

O diâmetro biiliocristal tem um aumento significativo de 1,5 cm entre o primeiro e o terceiro trimestre e, embora haja uma redução do terceiro trimestre para o pós-parto, esta não é significativa, o que pode sugerir que a distância entre as cristas ilíacas permanece após a gravidez, embora apenas nos possamos referir ao período pós-parto analisado. Como esperado, os perímetros abdominal e glúteo sofreram grandes alterações ao longo da gravidez. No pós-parto, estas variáveis retomam valores semelhantes aos encontrados no início da gravidez. O aumento de 1,1 cm registrado no perímetro geminal entre o primeiro e o terceiro trimestre foi semelhante aos resultados encontrados por Perez e colaboradores (2010). Apesar destes autores terem encontrado também alterações no perímetro médio da coxa, no nosso estudo este perímetro não sofreu alterações significativas.



Embora a soma das pregas adiposas subcutâneas tenha mostrado um aumento significativo entre o primeiro e o terceiro trimestre de gestação, causada principalmente pela prega subescapular, tricípital e bicípital, apenas a prega tricípital apresentou um aumento significativo de quase quatro milímetros da gravidez para o período pós-parto. Apesar de não terem sido observadas alterações significativas na percentagem de massa gorda, a acumulação de massa gorda parece acontecer principalmente na região superior do tronco e membros superiores, mantendo ou aumentando a gordura subcutânea no período pós-parto. No entanto, relativamente à quantidade de massa gorda absoluta, foram verificados aumentos significativos do primeiro para o segundo trimestre e do segundo para o terceiro trimestre. Após o parto, a massa de gordura absoluta diminuiu, apresentando uma recuperação para níveis semelhantes aos encontrados no início da gravidez. Da mesma forma, verificam-se aumentos na massa livre de gordura durante a gravidez, os quais estão relacionados com o aumento dos tecidos e fluidos que acontecem na gravidez e ainda pelo aumento do peso do feto, diminuindo novamente no pós-parto.

A avaliação da composição corporal nos membros inferiores pode ser observada pelas áreas total, musculares e de gordura da coxa e da perna. Perez e colaboradores (2010) encontraram aumentos na área de gordura da coxa e na área de gordura da perna, entre o segundo e o terceiro trimestre. Neste estudo, apenas a área total da coxa apresentou alterações significativas, aumentando  $14,5 \text{ cm}^2$  e  $16,4 \text{ cm}^2$ , respetivamente, do primeiro para o segundo trimestre e do segundo para o terceiro trimestre de gestação. No segmento da perna, verificaram-se aumentos significativos durante a gravidez, tanto para áreas de gordura e musculares, mas apenas a última variável diminuiu no período pós-parto.

A razão cintura-anca (perímetro abdominal/perímetro anca) mostra a distribuição de volume entre a parte inferior do tronco e a região pélvica. Durante a gravidez, altera de modo que no final da gravidez a distribuição do volume do abdómen (principalmente anterior) e o volume pélvico (principalmente posterior) é o mesmo. A razão diâmetro iliocrystal-biacromial não mostra alterações significativas, o que significa que as mulheres grávidas mantêm uma forma retangular do tronco (Widen *et al.*, 2015).

No terceiro trimestre, o modelo de regressão para a previsão das forças de reação do apoio relativo das grávidas, mostra que o aumento da razão entre o diâmetro iliocrystal e acromial provoca um aumento da magnitude do terceiro pico de força vertical (Figura 11). Após a aplicação da técnica de regressão linear para a previsão dos momentos e potências articulares das mulheres durante a gravidez e no pós-parto, doze modelos foram desenvolvidos utilizando as variáveis antropométricas como variáveis preditoras. Quatro desses modelos incluem variáveis associadas à quantidade de gordura; quatro modelos incluem variáveis relativas ao peso total do corpo; três modelos incluem a massa livre de gordura como uma variável de



preditora e; um modelo que inclui a forma do tronco como variável preditora. Os resumos da interação entre as variáveis antropométricas e as variáveis da cinética das articulações do membro inferior, nas quatro fases estudadas, estão representados nas figuras 9 e 10.

No primeiro trimestre, um maior ganho de massa corporal leva a um aumento da produção de energia mecânica dos extensores do joelho durante a fase de apoio intermédio. Isto pode ser interpretado como uma resposta normal do músculo ao aumento da massa corporal da mulher, com o objetivo de cumprir a função de suporte do corpo. No entanto, em situações em que a mulher está de pé ou em marcha por períodos temporais longos, a possibilidade de queixas de fadiga, desconforto e/ou dores nos membros inferiores é maior. Estes resultados podem mostrar ainda a possibilidade de controlo de possíveis sobrecargas mecânicas do sistema musculoesquelético, através de um aumento controlado da massa corporal. Salienta-se, no entanto, que tais informações não se podem sobrepor ao aumento de peso associado com o desenvolvimento adequado e saudável do feto.

No segundo trimestre, verificamos que uma maior razão do perímetro abdominal-glúteo e uma maior percentagem de massa gorda levam, respetivamente, a uma maior participação dos extensores e rotadores externos da articulação coxofemoral, durante a fase de resposta à carga. Evidenciando ainda que a transferência de peso entre os membros inferiores e a estabilização do corpo pode ter um melhor controlo se a mulher tiver uma menor quantidade relativa de gordura. Também nesta fase da gravidez, a maior área de gordura da coxa leva a uma diminuição da capacidade de realizar a contração excêntrica dos flexores da coxa, durante o final da fase de apoio, revelando menor controlo no avanço e descida do corpo para o contacto com o solo.

No terceiro trimestre, um maior índice de massa corporal e maiores áreas de gordura da perna e da coxa, contribuem para um aumento da participação dos rotadores externos da coxofemoral durante a fase de resposta à carga. Além disso, um maior ganho de massa corporal, até este trimestre, provoca uma maior contração excêntrica dos rotadores externos da coxofemoral, associando o aumento destas variáveis a uma maior necessidade de controlar a desaceleração da bacia durante o avanço do corpo, nesta fase do ciclo de marcha. Por outro lado, uma massa livre de gordura mais elevada leva a uma menor necessidade de estabilização do tronco, a qual está associada a uma menor contração excêntrica dos flexores da coxa durante a fase final de apoio e uma menor participação dos flexores da coxa durante a fase de pré-balanço.

Uma maior massa livre de gordura e uma maior perda de massa corporal, no período pós-parto, leva respetivamente, a uma menor absorção de energia mecânica dos flexores da coxofemoral durante a fase de apoio terminal e a uma menor participação dos mesmos



músculos durante a fase de pré-balanço. Facto que mostra a existência de um efeito oposto ao que foi encontrado durante a gravidez e, que a realização do ciclo de marcha, é mecanicamente mais eficiente com maiores quantidades de massa livre de gordura.

Considerando as limitações à utilização de técnicas de regressão linear simples, deve entender-se que a variabilidade na explicação dos modelos tem níveis relativamente elevados em cinco deles, cujos valores estão muito próximos ou acima de 50%. Os níveis mais altos de explicação na variabilidade dos modelos ocorreram no primeiro trimestre e no período pós-parto, durante as fases do ciclo da marcha em que o corpo se apoia apenas num membro inferior. A razão para esta ocorrência no período inicial da gravidez e no pós-parto pode mostrar que o sistema neuromuscular da mulher não está preparado para as alterações morfológicas que acontecem no seu corpo. Esta informação é relevante não só para as mulheres grávidas, mas também para os profissionais de exercício e saúde (Silva & Bellotto, 2015), especialmente porque variáveis como a massa livre de gordura e a perda ou ganho de massa corporal pode ser relativamente controlada e associada com a atividade física.

## 4.5. Considerações finais

Os resultados deste estudo mostraram alterações significativas durante a gravidez, em relação às variáveis associadas com a composição corporal global. A quantidade absoluta de gordura aumentou significativamente no fim da gravidez, especialmente pela contribuição do tecido adiposo subcutâneo acumulado nos membros superiores e na parte superior do tronco. Em relação aos valores relativos de gordura, não se registraram alterações durante a gravidez e no período pós-parto.

A forma do tronco numa perspetiva frontal, a massa livre de gordura e o ganho/perda de massa corporal apareceram como principais preditores da cinética articular das mulheres durante a gravidez e no pós-parto. A maioria das variáveis relacionadas com a quantidade de gordura são preditoras da participação muscular envolvida em ações motoras do plano transversal. A maioria dos modelos desenvolvidos permitem prever a participação muscular em ações motoras da articulação coxofemoral nos planos sagital e transversal, salientando que esta articulação é a que está sob maior influência das variáveis antropométricas.

O ganho/perda de massa corporal foi a variável com maior poder explicativo da energia mecânica das articulações dos membros inferiores, mostrando que estas variáveis têm um papel essencial na dinâmica das contrações musculares, especialmente para o primeiro e terceiro trimestre da gravidez.



Embora, devido à necessidade de garantir a máxima potência estatística considerando o tamanho da amostra, os modelos de regressão tenham apenas uma variável preditora, os índices de explicação dos modelos (R-quadrado ajustado) foram bastante elevados, indicando que a composição corporal e as alterações na morfologia das mulheres durante a gravidez determinam, em grande parte, a dinâmica das articulações durante esta fase particular da vida.

Monitorizar a composição corporal materna durante a gravidez e os parâmetros cinéticos da marcha é um processo complexo, no entanto, este processo poderá trazer grande importância especialmente no terceiro trimestre, se incluído nos cuidados de saúde durante a gravidez.

Recomendamos o aumento da amostra em futuros estudos, de modo a permitir o desenvolvimento de modelos de regressão com mais variáveis preditoras e aprofundar os parâmetros de composição corporal e incluir também indicadores de atividade física antes e durante da gravidez.

## 4.6. Referências bibliográficas

- Aguiar, L., Santos-Rocha, R., Andrade, C., Branco, M., Vieira, F., Veloso, A.P. (2015). Comparison between overweight due to pregnancy and due to added weight to simulate body mass distribution in pregnancy. *Gait & Posture*, 42(4), 511-517. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.07.065
- Andres, A., Hull, H. R., Shankar, K., Casey, P. H., Cleves, M. A., & Badger, T. M. (2015). Longitudinal body composition of children born to mothers with normal weight, overweight, and obesity. *Obesity*, 23(6), 1252-1258. doi:10.1002/oby.21078
- Berggren, E., Presley, L., Amini, S., Hauguel-de Mouzon, S., & Catalano, P. (2015). Are the metabolic changes of pregnancy reversible in the first year postpartum? *Diabetologia*, 58(7), 1561-1568. doi:10.1007/s00125-015-3604-x
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A.P. (2013). Kinematic analysis of gait in the second and third trimesters of pregnancy. *Journal of Pregnancy*, 2013, 718095. doi:10.1155/2013/718095
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Vieira, F., Aguiar, L., & Veloso, A.P. (2015). Kinetic Analysis of Gait in the Second and Third Trimesters of Pregnancy. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 16(2), 20. doi:10.1142/S021951941650055X
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Vieira, F., Aguiar, L., & Veloso, A.P. (2015). Three-Dimensional Kinetic Adaptations of Gait throughout Pregnancy and Postpartum. *Scientifica*, 2015(2015), 14. doi:10.1155/2015/580374
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A.P. (2016). Influence of body composition in gait kinetics throughout pregnancy and postpartum. *Scientifica (Hindwai)* Volume 2016 (2016), Article ID 3921536, 12 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3921536>



- Durnin, J. V., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*, 32(1), 77-97
- Frisancho, A. R. (2011). *Anthropometric Standards: An Interative Nutritional Reference of Body Size and Body Composition for Children and Adults* (4th ed.). Michigan: The University of Michigan Press.
- G Silva, M.-R., & Luisa Bellotto, M. (2015). Nutritional Requirements for Maternal and Newborn Health. *Current Women's Health Reviews*, 11(1), 41-50.
- Ganley, K. J., & Powers, C. M. (2004). Determination of lower extremity anthropometric parameters using dual energy X-ray absorptiometry: the influence on net joint moments during gait. *Clinical Biomechanics*, 19(1), 50-56. doi:10.1016/j.clinbiomech.2003.08.002
- Guedes, D. P., & Guedes, J. E. R. P. (2006). *Manual Prático para avaliação em Educação Física*. SP-BRASIL: Editora Manole.
- Gunderson, E. P., Hurston, S. R., Dewey, K. G., Faith, M. S., Charvat-Aguilar, N., Khoury, V. C., Nguyen, V. T., Quesenberry, C. P., Jr. (2015). The study of women, infant feeding and type 2 diabetes after GDM pregnancy and growth of their offspring (SWIFT Offspring study): prospective design, methodology and baseline characteristics. *BMC Pregnancy Childbirth*, 15, 150. doi:10.1186/s12884-015-0587-z
- Hamill, J., Selbie, W. S., & Kepple, T. M. (2014). Three-Dimensional Kinematics. In Robertson, G. E. Caldwell, J. Hamill, G. Kamen, & S. N. Whittlesey (Eds.), *Research Methods in Biomechanics* (Second ed., pp. 35-59). Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Institute of Medicine and National Research Council of the National Academies. (2009). *Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines*: The National Academies Press.
- Jensen, R. K., Doucet, S., & Treitz, T. (1996). Changes in segment mass and mass distribution during pregnancy. *Journal of Biomechanics*, 29(2), 251-256. doi:10.1016/0021-9290(95)00042-9
- Kopp-Hoolihan, L. E., Van Loan, M. D., Wong, W. W., & King, J. C. (1999). Fat mass deposition during pregnancy using a four-component model. *Journal of Applied Physiology*, 87(1), 196-202.
- Larciprete, G., Valensise, H., Vasapollo, B., Altomare, F., Sorge, R., Casalino, B., . . . Arduini, A. (2003). Body composition during normal pregnancy: reference ranges. *Acta Diabetologica*, 40, S225-S232. doi:10.1007/s00592-003-0072-4
- Leddy, M. A., Power, M. L., & Schulkin, J. (2008). The impact of maternal obesity on maternal and fetal health. *Rev Obstet Gynecol*, 1(4), 170-178.
- Lopez, L. B., Calvo, E. B., Poy, M. S., Balmaceda, Y. D., & Camera, K. (2011). Changes in skinfolds and mid-upper arm circumference during pregnancy in Argentine women. *Maternal and Child Nutrition*, 7(3), 253-262. doi:10.1111/j.1740-8709.2009.00237.x
- Perez, A., Murillo, C., Hernandez, R., & Herrera, H. A. (2010). (Circumferences to evaluate changes in body mass and amount of total fat of women in second and third trimester of pregnancy). *Nutr Hosp*, 25(4), 662-668.
- Piperata, B.A., Dufour, D.L., Reina, J.C., & Spurr, G. B. (2002). Anthropometric characteristics of pregnant women in Cali, Colombia and relationship to birth weight. *American Journal of Human Biology*, 14(1), 29-38.
- Rao, G., Amarantini, D., Berton, E., & Favier, D. (2006). Influence of body segments' parameters estimation models on inverse dynamics solutions during gait. *Journal of Biomechanics*, 39(8), 1531-1536. Doi:10.1016/j.jbiomech.2005.04.014



- Silva, M.-R. G., & Bellotto, M. L. (In press). Nutrition for Maternal and Newborn Health. In R. Santos-Rocha (Ed.), *Active pregnancy - benefits and recommendations of physical activity and a healthy lifestyle throughout pregnancy and postpartum: Current Women's Health Reviews*.
- Silva, M. P. T., & Ambrósio, J. A. C. (2004). Sensitivity of the results produced by the inverse dynamic analysis of a human stride to perturbed input data. *Gait & Posture*, 19(1), 35-49. doi:10.1016/S0966-6362(03)00013-4.
- Soltani, H., & Fraser, R.B. (2000). A longitudinal study of maternal anthropometric changes in normal weight, overweight and obese women during pregnancy and postpartum. *British Journal of Nutrition*, 84(1), 95-101.
- Stevens, J. (2009). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (5th ed.). New York: Routledge.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & de Ridder, H. (2011). *International standards for anthropometric assessment* Lower Hutt, New Zealand: ISAK.
- Straughen, J.K., Trudeau, S., & Misra, V.K. (2013). Changes in adipose tissue distribution during pregnancy in overweight and obese compared with normal weight women. *Nutrition & Diabetes*, 3, e84. doi:10.1038/nutd.2013.25
- Tenenbaum-Gavish, K., & Hod, M. (2013). Impact of maternal obesity on fetal health. *Fetal Diagn Ther*, 34(1), 1-7. doi:10.1159/000350170
- Thame, M., Trotman, H., Osmond, C., Fletcher, H., & Antoine, M. (2007). Body composition in pregnancies of adolescents and mature women and the relationship to birth anthropometry. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(1), 47-53. doi:10.1038/sj.ejcn.1602484
- Widen, E., Factor-Litvak, P., Gallagher, D., Paxton, A., Pierson, R., Jr., Heymsfield, S., & Lederman, S. (2015). The Pattern of Gestational Weight Gain is Associated with Changes in Maternal Body Composition and Neonatal Size. *Maternal and Child Health Journal*, 1-9. doi:10.1007/s10995-015-1747-5



## 5 - Adaptações fisiológicas ao exercício na gravidez e pós-parto

João Brito & Rafael Oliveira

### 5.1. Introdução

A gravidez (gestação) é vista como um fenómeno fisiológico, embora tivesse existido um processo histórico baseado nos sinais e sintomas da gestação que pudesse indiciar alguma doença. Hoje em dia considera-se o período gestacional, uma condição fisiológica normal (Ferreira & Nakano, 2001).

As adaptações sofridas pela gestante destinam-se a fornecer necessidades de homeostasia e crescimento fetal, sem um comprometimento do bem-estar materno. Sendo assim, todas as transformações que ocorrem na grávida são fisiológicas e não patológicas, produzindo na gestante a capacidade de nutrição e proteção aumentadas para o bebé, aumentando a eficácia das funções corporais (Barron & Lindheimer, 1996; Hacker & Moore, 1994; Lewis *et al.*, 2008).

Durante a gestação, o corpo da grávida passa por uma série de adaptações que envolvem vários aparelhos e sistemas, tais como, respiratório, cardíaco, hormonal, ósseo e muscular. Essas alterações são de nível fisiológico e também mecânico. Desse modo, torna-se importante compreender tais alterações para que os profissionais de saúde e do desporto possam intervir, proporcionando uma melhoria, bem-estar e qualidade de vida às gestantes (Almeida *et al.*, 2005).

A preocupação com o bem-estar do feto durante o exercício na gravidez refere-se, em particular, ao fluxo sanguíneo uteroplacentário necessário e adequado para suprir as necessidades de oxigénio, bem como o fornecimento de glicose e outros substratos adequados para o crescimento do feto e para evitar a hipertermia fetal, especialmente no primeiro trimestre. Os estudos disponíveis até o momento reportam que a realização de exercício, de intensidade submáxima, durante a gravidez é seguro para as mães e para os fetos em desenvolvimento. Na verdade, Clapp (2002) argumenta que a gravidez e exercício físico



regular complementam-se porque o exercício aumenta a quantidade de lípidos disponíveis para a obtenção de energia, o que leva a um aumento da disponibilidade de glicose e oxigênio ao feto. Tanto o exercício regular como a gravidez aumentam a necessidade de substratos energéticos para suportar as necessidades maternas e fetais, sendo importante uma ingestão adequada de alimentos para suportar o aumento de peso.

Os estudos não têm referido efeitos no peso do feto, provocados pela prática de exercício físico, caso a grávida tenha o aporte energético adequado (Artal & O'Toole, 2003). Os resultados de uma meta análise (Lokey *et al.*, 1991) referem que as grávidas que realizam exercício físico não diferem das que não realizam, concretamente em relação ao ganho de peso materno, ao peso do recém-nascido, à duração da gestação e duração do trabalho de parto.

## **5.2. Alterações fisiológicas e adaptações ao exercício durante a gravidez**

### **5.2.1. Alterações hormonais**

Durante o desenvolvimento da gravidez verificam-se diversas alterações fisiológicas e endócrinas que conduzem à criação de um ambiente ótimo para o feto (Artal & Wiswell, 1987; Lewis *et al.*, 2008).

Uma das alterações fisiológicas mais influenciadoras na gravidez é a alteração hormonal, onde as concentrações de estrogênio, progesterona, gonadotrofina coriônica e somatomatotropina coriônica são as mais envolvidas nesse processo (Lewis *et al.*, 2008). Este aumento de produção conduz a uma mudança orgânica e sensitiva muito grande. Em muitos casos, após a euforia da descoberta da gravidez, surge o aparecimento do cansaço, aumenta a percentagem de massa gorda corporal, aumenta a zona abdominal, os pés e mãos incham frequentemente, os seios aumentam e o corpo adquire outras formas, reduzindo, por vezes, a autoestima da mulher (Bagnara, 2010).

Durante a gravidez, existe um aumento da taxa metabólica que resulta do aumento da produção hormonal, uma vez que é responsável pela regulação do crescimento e funcionamento metabólico das células, reprodução e manutenção da gravidez (Holstein, 1988; Lewis *et al.*, 2008). O metabolismo basal aumenta de forma a suportar o desenvolvimento do feto bem como o aumento de peso corporal da gestante. O aumento das necessidades



energéticas da gestante é de cerca de 300 kcal/dia, particularmente no segundo e terceiro trimestre.

Tal como referido anteriormente, as principais hormonas que atuam no corpo da mulher grávida são: a progesterona que tem efeitos na dimensão e na função dos seios, de forma a permitir a produção de leite, aumenta a sensação de fadiga (e da necessidade de dormir), aumenta a dimensão do útero, para dar suporte ao óvulo fertilizado, dá-se também um ligeiro aumento da temperatura corporal basal e da frequência respiratória; a relaxina, outra hormona que inibe a atividade uterina e aumenta a elasticidade do tecido conjuntivo do sistema esquelético; a hormona estrogénio também provoca alterações na dimensão e na função dos seios, para permitir a produção de leite (preparação para lactação), permite o desenvolvimento da gravidez, aumenta a dimensão e a espessura do útero. A bexiga é afetada pela hormona progesterona, que altera o tónus muscular, reduzindo a ação contrátil e o controlo do esfíncter. O aumento do peso do feto conduz a um aumento da pressão do útero sobre a bexiga e pode reduzir a capacidade de retenção da urina.

Devido à influência das alterações hormonais verifica-se uma prevalência do sistema nervoso parassimpático sobre o simpático, prevalência que pode conduzir a uma instabilidade do humor durante a gravidez (Gunther, 1976; Lewis *et al.*, 2008).

Também Artal e colaboradores (1987) referem que os processos emocionais e cognitivos podem ser alterados durante gravidez dando origem a insónias, alterações de humor e a ansiedade. Sintomas como náuseas, enjoos matinais ou vômitos estão relacionados com as alterações da produção hormonal.

Na grávida a resposta ao exercício apresenta uma maior libertação de catecolaminas (Capeless & Clapp, 1991) mas a resposta do sistema vascular encontra-se diminuída. Esta resposta permite manter uma baixa resistência vascular. A maior complacência e dilatação do sistema vascular são verificadas nos vasos que irrigam a pele, os rins e os tecidos do sistema reprodutor. O aumento do fluxo sanguíneo aos tecidos reprodutivos assegura o transporte de oxigénio e nutrientes à placenta e ao feto. O aumento do fluxo sanguíneo nos rins permite uma maior metabolização de metabolitos nefastos para o desenvolvimento do feto. Tal facto resulta num aumento do volume da urina, estimulando a frequência de micção.

A partir do primeiro trimestre e em consonância com o aumento do volume sanguíneo sistémico, o fluxo sanguíneo renal e a filtração glomerular podem aumentar até 50% durante a gravidez. O aumento da taxa de filtração glomerular, juntamente com a redução da reabsorção tubular pode resultar na excreção urinária de aminoácidos, vitaminas solúveis em



água, de cálcio e, eventualmente, glicose durante a gravidez normal (Weissgerber & Wolfe, 2006; Cunningham *et al.*, 2005).

A literatura também refere que, com frequência, o sistema gastrointestinal apresenta alterações durante a gestação verificando-se uma diminuição da sua atividade (Holstein, 1988; Lewis *et al.*, 2008). O tempo de trânsito gastrintestinal é mais lento e pode resultar em obstipação.

### 5.2.2. Alterações cardiovasculares

O período gestacional é acompanhado por significativas adaptações fisiológicas na utilização de substratos energéticos, no controlo cardiovascular e na regulação ácido-base do organismo. Essas variáveis têm efeitos importantes na resposta ao exercício. Apesar da sobrecarga fisiológica e do desconforto da gravidez é frequente encontrar gestantes que praticam exercício nesse período (Heenan *et al.*, 2001; Weissgerber & Wolfe, 2006). As adaptações cardiovasculares que ocorrem com o desenvolvimento da gravidez combinadas com os efeitos da prática de exercício têm um efeito de adição.

Das inúmeras alterações que ocorrem na gravidez, as alterações funcionais têm implicações na capacidade de realizar exercício físico, nomeadamente, no que respeita à diminuição do retorno venoso e da reserva cardiovascular. A diminuição da capacidade cardiovascular máxima durante a gravidez pode estar relacionada com o facto do consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) apresentar valores inferiores em mulheres grávidas do que em não grávidas. Apesar da tendência para a diminuição dos valores do  $VO_{2max}$  com o avanço da gestação, alguns autores relatam terem encontrado melhoria da capacidade aeróbia (Wolfe *et al.*, 1994; Weissgerber & Wolfe, 2006; Lewis *et al.*, 2008), entre as 17 semanas e o terceiro trimestre em grávidas sujeitas a um programa de treino, mas Wolfe e colaboradores (1999) afirmam não terem encontrado diferenças significativas em grávidas sedentárias. O estudo de Pivarnik e colaboradores (1993) suporta a hipótese de que a capacidade aeróbia durante a gravidez pode aumentar, em praticantes, por forma a atrasar o aumento dos níveis de lactatémia, durante o esforço.

Segundo Powers e Howley (2000), durante a prática de exercício físico as principais adaptações cardiovasculares e metabólicas da gravidez em comparação com a não gravidez são as seguintes: o volume sanguíneo aumenta entre 40 a 50%; a captação de oxigénio é discretamente maior em repouso e durante o exercício submáximo; o consumo de oxigénio no exercício submáximo é maior para a mesma percentagem de intensidade de esforço bem



como a frequência cardíaca (FC); o débito cardíaco é maior em repouso e durante o exercício submáximo nos dois primeiros trimestres.

O aumento da volêmia durante a gravidez, em quase cerca de 50%, até ao termo, com um aumento percentual mais elevado do plasma comparativamente ao hematócrito, resulta na redução percentual dos níveis fisiológicos de hemoglobina e do hematócrito. A resistência vascular sistémica diminui durante a gravidez, de forma a acomodar o aumento da volêmia, resultando numa ligeira diminuição da pressão arterial (PA), especialmente durante o segundo trimestre. Em gestantes clinicamente saudáveis, a PA diminui até meio da gravidez e partir daí aumenta gradualmente até ao dia do parto, apresentando valores idênticos aos do início da gravidez (Clapp, 1985; Hormida *et al.*, 2000).

O aumento da volêmia materna, durante a gestação permite garantir o fornecimento adequado de nutrientes e de oxigénio para o feto. Resulta do incremento do débito cardíaco, explicado pela relação direta volume minuto e frequência cardíaca (Rössner, 1999; Weissgerber & Wolfe, 2006; Lewis *et al.*, 2008).

Embora a atividade cardiovascular durante a gestação aumente quando comparada ao período não gestacional, no entanto, com a prática regular de exercício físico esse aumento cardiovascular não é tão significativo, refletindo-se em (Helmrich *et al.*, 1994; Lewis *et al.*, 2008):

- frequências cardíacas mais baixas;
- maior volume circulatório de sangue;
- maior capacidade de oxigenação;
- menor PA;
- na prevenção de trombose, varizes e;
- na redução do risco de diabetes gestacional.

Artal e O'Toole (2003) também referiram algumas das principais alterações cardiovasculares decorrentes da gravidez: aumento da volêmia; aumento da frequência cardíaca (20% por trimestre, no segundo e terceiro trimestre); aumento do volume sistólico (10% até fim do primeiro trimestre); diminuição da resistência vascular periférica; aumento de 30-50% no débito cardíaco; diminuição da PA média entre 5 a 10% até meio do segundo trimestre e a partir daí aumento gradual.

A FC de repouso ( $FC_{rep}$ ) aumenta no primeiro trimestre da gravidez e a partir daí apresenta um aumento moderado até ao fim desta (Wolfe & Davies, 2003). Diversos autores encontraram um aumento abrupto da FC nas primeiras quatro semanas de gestação, seguido



por um aumento gradual, alcançando uma estabilização de, aproximadamente, 15 batimentos por minuto (bpm) acima dos valores da  $FC_{rep}$  no estado não-gravídico (Gorski, 1985; Clapp *et al.*, 1992; Wolfe *et al.*, 1989). Esse aumento pode ser devido a adaptações vasculares e hemodinâmicas decorrentes da gestação (Clapp *et al.*, 1998; O'Toole, 2003). Uma forma de minimizar estas alterações é através da prática de atividade física.

É frequente que durante as primeiras semanas de gravidez, a FC durante o exercício se apresente mais elevada para a mesma intensidade relativa de esforço, devido ao facto de o sistema vascular apresentar já uma maior dilatação e complacência que não é ainda acompanhada pelo aumento da volémia. Com a evolução da gravidez o débito cardíaco aumenta gradualmente e a FC durante o exercício tem tendência a diminuir. A meio do período de gestação a FC em esforço aproxima-se dos valores habituais antes da gravidez. Com o aproximar do final da gestação (últimas 10 semanas) e devido ao aumento da volémia e do volume sistólico, as grávidas treinadas apresentam maior dificuldade em elevar a FC para valores mais elevados durante o esforço (Lewis *et al.*, 2008).

As alterações anatómicas no trato respiratório incluem um aumento de aproximadamente 4 cm no diafragma e um alargamento do ângulo subcostal de cerca de 2 cm, o que resulta numa ligeira diminuição do volume residual e capacidade pulmonar total de 200 ml, mas sem alteração na capacidade vital. A capacidade de reserva funcional e o volume de reserva expiratório também são mais baixos em cerca de 20% a 30%. O volume corrente, o volume minuto e o consumo de oxigénio aumentam durante toda a gestação.

A resistência das vias e a resistência pulmonar diminuem, resultando em maior disponibilidade de oxigénio em comparação com o aumento das necessidades durante a gravidez. Pensa-se que o aumento do volume corrente pode aumentar a pressão parcial de oxigénio e baixar a pressão parcial de dióxido de carbono, resultando numa alcalose respiratória parcialmente compensada através do aumento da excreção de bicarbonato pelo rim. Estas alterações podem resultar numa perceção por parte das gestantes do aumento da necessidade de respirar. No entanto, a frequência respiratória permanece aproximadamente a mesma que antes da gravidez (Weissgerber & Wolfe, 2006; Wolfe, 2005).

Como principais alterações respiratórias na gravidez destacam-se: aumento da ventilação até 50% em repouso; aumento do volume corrente; aumento de 10 a 20% no consumo de oxigénio; aumento do esforço dos músculos respiratórios (pressão do útero no diafragma); aumento de 30-50% no débito cardíaco; diminuição do oxigénio disponível para o esforço físico; diminuição da capacidade máxima de exercício (Artal & O'Toole, 2003; Weissgerber & Wolfe, 2006). Estas alterações são induzidas pelo aumento dos níveis séricos da hormona progesterona. O aumento da sensibilidade do centro respiratório do córtex cerebral ao dióxido carbono ( $CO_2$ )



conduz ao aumento da ventilação que provoca um aumento do gradiente de oxigênio e uma diminuição do CO<sub>2</sub>. Esta alteração na pressão de gradiente dos gases melhora a eficiência das trocas gasosas (fixação de O<sub>2</sub> e eliminação de CO<sub>2</sub>).

Artal e Wiswell (1987) referem que o VO<sub>2</sub> em repouso aumenta com o período gestacional até um valor máximo próximo ao parto. Os valores apresentados são em média 16 a 32% mais elevados do que em mulheres não grávidas.

O débito cardíaco aumenta entre 40 a 50% e o peso corporal aumenta cerca de 13%. Da mesma forma, existe um aumento do volume sanguíneo entre os 40 a 50%. Geralmente, estas alterações aparecem nas primeiras 8 semanas. Após as 32 semanas de gestação, a FC<sub>rep</sub> já aumentou em cerca de 10 a 20 bpm (Lewis *et al.*, 2008).

Apesar da maioria das grávidas relatar uma sensação de dificuldade na realização de inspirações profundas, o aumento da caixa torácica e da sua capacidade de expansão provoca um incremento na função pulmonar (Artal *et al.*, 1995; DeSwiet, 1991; Lotgering *et al.*, 1991). O exercício melhora a capacidade cardiorrespiratória durante a gravidez (Katz, 2003), embora estas adaptações não se mantenham a longo termo. Capeless e Clapp (1991) afirmam que as alterações cardiorrespiratórias podem beneficiar mulheres atletas após 6 a 12 meses do parto.

Com o aumento do útero aumenta a pressão do mesmo sobre o diafragma e a função pulmonar é alterada. O diafragma vê reduzida a sua expansão durante a inspiração, conduzindo, por vezes, as gestantes à sensação de que não conseguem inalar profundamente. Nesse sentido, a produção hormonal compensa e permite que a caixa torácica aumente, providenciando um adequado espaço para os pulmões. Tal facto cria uma tendência para a hiperventilação.

As alterações pulmonares verificadas durante a gravidez (Knuttegen & Emerson, 1974; Lewis *et al.*, 2008) são:

- diminuição da capacidade funcional residual;
- aumento na capacidade inspiratória; e
- aumento da capacidade vital.

Embora o exercício não tenha um efeito direto nas adaptações ao nível do pulmão, ao provocar um fortalecimento dos músculos que participam na respiração, conduz a uma pequena melhoria na ventilação minuto.



Tal como referido anteriormente, as várias alterações fisiológicas e hormonais que ocorrem na mulher durante a gravidez afetam a resposta no exercício aeróbio (Pivarnik, 1996; Weissgerber & Wolfe, 2006). No entanto, sabe-se que o exercício aeróbio tem um efeito agudo benéfico no metabolismo da glicose (Perseghin *et al.*, 1996; Lewis *et al.*, 2008). Este pode durar até 48h ou 72h pós exercício e pode ser superior ao efeito farmacológico (Perseghin *et al.*, 1996; Gillies *et al.*, 2007). Algumas das razões para estes factos devem-se à diminuição das reservas de glicogénio muscular que promovem o aumento do número de transportadores de glicose tipo 4 (GLUT4) (Ross *et al.*, 2003). O facto dos efeitos agudos terminarem algumas horas após o término do exercício, remete para que este seja realizado regularmente (ACSM, 2014). No entanto, para Ross e colaboradores (2003), o efeito crónico do exercício sobre o metabolismo da glicose não parece ser tão claro.

Durante a gravidez, verifica-se uma alteração no metabolismo dos hidratos de carbono caracterizado por uma hipoglicemia em jejum e por uma hiperglicemia pós-prandial. Os níveis plasmáticos de insulina são aumentados e observa-se um estado de resistência periférica à insulina no final da gravidez que alguns autores afirmam constituir uma resposta às necessidades de glucose para o crescimento fetal (Cunningham *et al.*, 2005). As alterações metabólicas favorecem um acréscimo de gordura no início da gravidez e uma maior utilização da lipólise na fase final desta.

Durante a gravidez, a concentração plasmática de colesterol e triglicéridos tende a aumentar a meio do 3.º trimestre, 1,5 a 3 vezes acima dos valores de pré-gravidez (Potter *et al.*, 1979; O'Toole, 2003). Os valores médios de lipídeos tendem a ser inferiores (-23,6 mg/dl) em mulheres grávidas mais ativas (mais de 2 horas/semana) em comparação com mulheres sedentárias (Butler *et al.*, 2004).

O estudo de Laskey e colaboradores (1998) verificou que a gravidez está associada a uma diminuição na densidade mineral óssea (DMO), nomeadamente na coluna vertebral e no fémur. Também demonstrou uma alteração da DMO no pós-parto (3 meses) maior e mais rápida do que a sua perda em mulheres na menopausa. O estudo de Hopkinson e colaboradores (2000) também está em concordância com a diminuição da DMO na gravidez, concluindo que as mulheres podem recuperar a sua DMO até 2 anos.

Wolfe (1994) referiu as seguintes adaptações metabólicas cardiorrespiratórias mais importantes durante a gravidez:

- o volume sanguíneo aumenta em 40 a 50%, a hemodiluição é responsável por uma concentração reduzida de hemoglobina;
- o aumento no volume sanguíneo acarreta a dilatação do ventrículo esquerdo;



- ligeiro aumento na captação de oxigénio em repouso e durante o exercício submáximo com o peso devidamente apoiado, como ocorre ao pedalar uma bicicleta estacionária;
- aumento da frequência cardíaca durante o exercício submáximo;
- nenhuma modificação no  $VO_{2máx}$  (L/min);
- aumento da resposta ventilatória em repouso e com o exercício submáximo;
- resposta hipoglicémica exacerbada durante o exercício, em especial no final da gravidez.

### 5.2.3. Alterações no sistema locomotor

No sistema músculo-esquelético, o aumento dos níveis hormonais resulta num relaxamento das articulações, permitindo mais mobilidade das mesmas. Como o útero aumenta de dimensão, o centro de gravidade altera-se deslocando-se para a frente e para cima, resultando no aumento da curvatura anatómica da coluna lombar e da cervical. O retorno venoso no final da gravidez diminui com o aumento da dimensão do útero, o que frequentemente resulta em edemas nas extremidades dos membros inferiores (Wolfe, 2005; Cunningham *et al.*, 2005).

Os autores, Katz (1999) e Holstein (1988), referem como principais alterações que ocorrem no sistema locomotor da mulher durante a gravidez, as seguintes:

- abdómen protuso devido ao aumento do útero, com lordose exagerada;
- o aumento dos seios;
- alteração da cintura pélvica, devido a um relaxamento da cartilagem, que une os ossos púbicos e forma a sínfise púbica, para ocorrer um alargamento da cavidade pélvica;
- aumento na frouxidão ligamentar na região sacroilíaca, sínfise púbica e na articulação coxofemoral ligamentos, devido às hormonas relaxina e progesterona;
- fortalecimento dos músculos do pavimento pélvico que dão suporte aos órgãos - útero, vagina, uretra e bexiga;
- o útero aumenta e passa de um órgão pélvico para um órgão abdominal. A capacidade total no final da gravidez é de 500 a 1000 vezes maior;
- a vagina, apresenta as suas paredes mais espessas, aumenta a viscosidade e circulação.



### 5.3. Resposta ao exercício da frequência cardíaca do feto

Em muitos dos primeiros estudos que analisaram a FC do feto quando a grávida realizava exercício não encontraram alterações significativas. No entanto, estudos mais recentes que utilizaram intensidades e duração mais elevadas, reportaram elevações da FC do feto durante e imediatamente após o término do exercício. Tal facto indica que provavelmente o feto experienciou algum impacto do exercício realizado pela mãe, o que provocou a elevação reflexa da sua FC. Nos estudos relatados por Clapp (2002) foi considerada como “normal” a resposta do aumento da FC do feto durante o exercício e o seu retorno gradual aos valores pré-exercício, após o término do esforço. O autor relata que as diferentes variáveis do exercício podem influenciar a resposta do feto, nomeadamente, a intensidade, a duração, o tipo de exercício e a temperatura ambiente. Clapp (2002) afirma que o fator que, provavelmente, mais influencia o aumento da FC do feto é a diminuição do fluxo sanguíneo ao nível do útero, em particular quando a intensidade e a duração do exercício é mais elevada e são solicitadas grandes massas musculares. Nesta situação a redistribuição sanguínea periférica é maior, reduzindo o fluxo ao nível dos órgãos internos. A resposta da FC do feto aumenta com o aumento da maturação do sistema nervoso do feto.

Em situações de exercício em que a FC do feto foi superior a 25 a 35 bpm, acima dos valores de repouso, não foi encontrado mecónio no líquido amniótico, facto que indica que o feto não esteve em sofrimento, nomeadamente por défice de oxigénio ou hipertermia.

Num estudo de Hatoum e colaboradores (1997), a atividade e a respiração fetal não apresentaram alterações nos 20 minutos antes e pós esforço, verificada através de ultrassons. Não tendo o exercício físico materno provocado alterações características de insuficiente aporte de oxigénio, os autores concluíram que o aumento da FC fetal foi uma resposta normal ao exercício.

### 5.4. Resposta a diferentes modos de exercício

Através do estudo de Prevedel e colaboradores (2003), verifica-se que a prática de exercício em meio aquático otimiza a adaptação circulatória materna, favorecendo o aumento significativo do volume sistólico e do débito cardíaco. Esses aumentos podem estar associados à manutenção do  $VO_{2max}$  e ao incremento da pré-carga, decorrente do retorno venoso elevado em resposta à pressão hidrostática da água (Wolfe *et al.*, 1999; O'Toole, 2003).



A **hidroginástica** tem sido referida como uma atividade adequada pois é de baixo impacto articular, aumenta o retorno venoso devido à pressão hidrostática (Katz, 2003) e apresenta valores de FC e PA reduzidos (Finkelstein *et al.*, 2004). Segundo Finkelstein e colaboradores (2004), há uma maior diminuição da FC e da PA em imersão aquática comparada ao ambiente terrestre e, de acordo com a profundidade de imersão, o peso hidrostático é diminuído, influenciando na redução da carga mecânica imposta nas articulações, resultando em menor impacto. Isso evidencia os maiores benefícios dos exercícios em meio líquido para as gestantes adequando a prática do exercício físico nesse ambiente.

O estudo de Finkelstein e colaboradores (2006), sobre o comportamento da FC e da PA ao longo da gestação em meio líquido concluiu que a FC (em repouso, em exercício e pós exercício) e a PA (sistólica e diastólica) apresentam um comportamento constante durante toda a gravidez, evidenciando o efeito crônico do exercício em meio líquido para gestantes. O exercício em meio aquático apresenta dois efeitos positivos (McMurray *et al.*, 1990; McMurray *et al.*, 1993): a redistribuição do fluxo extravascular para o espaço intravascular, promovendo a hipervolemia central sem alteração da composição plasmática. Referem os autores que a imersão em água à temperatura de 30° C aumentou o débito cardíaco em cerca de 50%, principalmente através do aumento do volume sistólico. A imersão a temperaturas termoneutras (34,5° C) não apresenta o mesmo efeito (Park *et al.*, 1999). A imersão apresenta vantagens termorreguladoras na dissipação do calor corporal, prevenindo assim a hipertermia da grávida durante a prática de exercício (Artal & O'Toole, 2003; McMurray *et al.*, 1990; McMurray *et al.*, 1993).

Entre os exercícios em ambiente terrestre, a **caminhada** tem sido indicada como uma atividade adequada, pois auxilia de forma significativa no controlo de peso e na manutenção da condição física, por ser um exercício aeróbio. Tem como benefícios a redução do risco de diabetes gestacional, a melhoria da utilização do substrato glicogénio, aumento da sensibilidade à insulina, redução da frequência cardíaca de repouso, da pressão arterial e do índice de massa corporal, sendo por estas razões, uma das atividades mais indicadas para gestantes (Menezes *et al.*, 2008).

Segundo Guedes (2007), o **treino da força** produz diferentes respostas cardiovasculares, respiratórias, metabólicas e psicológicas ao organismo da mulher. Também apresenta alterações na composição corporal, através do aumento da massa magra e diminuição da massa gorda, diminuição do peso corporal, aumento da força e manutenção da massa óssea. A musculação traz benefícios como a melhoria da aptidão aeróbia e muscular, facilidade da recuperação pós-parto, diminuição de lombalgias e menor ganho de massa corporal na gestante.



As recomendações genéricas da prescrição de exercício referem uma intensidade de 60-90% da frequência cardíaca máxima ou 50-85% do consumo máximo de oxigénio para gestantes que já praticavam exercícios físicos. Para as que não praticavam, a intensidade deve ser de 60-70% da frequência cardíaca máxima, o que reflete uma frequência cardíaca até cerca de 140 batimentos por minuto ou 50-60% do consumo máximo de oxigénio (Artal & O'toole, 2003).

Outras recomendações:

- a hipertermia materna durante o exercício deve ser evitada, assim como a desidratação, que tem efeitos negativos sobre a volémia e sobre a circulação útero-placentária (Araujo, 1997);
- durante os primeiros 45 a 60 dias da gestação a temperatura interna materna não deve ser superior a 39° C durante o exercício físico (Artal & O'Toole, 2003; McMurray & Katz, 1990);
- a hidratação deve corresponder a qualquer défice de peso corporal;
- a frequência cardíaca não deve ser utilizada como único método de prescrição e controlo do exercício físico, já que em repouso e em esforço submáximo encontra-se mais elevada na grávida (McMurray *et al.*, 1993).

## 5.5. Termorregulação durante a gravidez

Em relação à termorregulação na gravidez, verifica-se um aumento da termogénese ou risco de hipertermia; maior solitação dos mecanismos de termólise (acentua-se o risco de desidratação); hipertermia (mais 1,5° C) nos primeiros 45 a 60 dias de gestação, podendo provocar malformações fetais, contudo este efeito não foi observado em resposta à hipertermia associada ao exercício (Artal & O'Toole, 2003).

A taxa metabólica basal e, consequentemente, a produção endógena de calor, aumenta durante a gravidez para valores superiores aos verificados no período pré-gravidez. Para além desta produção interna inerente à gravidez, existe a produção de calor ligada ao exercício físico, que se relaciona com a intensidade do mesmo (Artal & O'Toole, 2003). A grande questão que se coloca prende-se com o eventual efeito teratogénico do aumento de calor sobre o feto. O aparelho cardiovascular fica naturalmente sobrecarregado pelas exigências metabólicas do exercício e a dissipação do calor é uma tarefa importante a executar. Com a gravidez, o débito cardíaco aumenta 30 a 50% em relação ao período pré-gravidez, assim como o volume plasmático aumenta 35 a 45% (Araujo, 1997). Contudo, parte deste aumento é desviado para ocupar o espaço criado pela maior capacitância venosa, pelo que a pressão arterial sistólica se manterá ou poderá mesmo diminuir (Araujo, 1997). Este aumento da



capacitância contribui para a vasodilatação cutânea, facilitando a perda de calor e prevenindo a hipertermia associada ao exercício físico (Araujo, 1997). Em repouso, os níveis mais elevados de progesterona podem aumentar o fluxo sanguíneo cutâneo, causando maior perda calorífica, o que é compensado pelo aumento da taxa metabólica (Barwood, 2008), sendo deste modo prevenida a hipotermia. Também a diminuição simultânea da relação volume/massa corporal e o aumento da gordura subcutânea da mulher grávida ajudam a minimizar a perda calorífica para o meio ambiente (McMurray *et al.*, 1990), mas tal tornar-se-á nefasto durante o exercício físico efetuado em ambiente quente. Com a prática de exercício de intensidade moderada e realizado em ambiente ameno, a temperatura materna sobe cerca de 1,5° C nos primeiros 30 minutos para depois permanecer constante (Soultanakis *et al.*, 1996). Se exercício for realizado em ambiente quente e húmido e se, simultaneamente, ocorrer a hipo-desidratação através do suor, o processo de dissipação do calor fica comprometido.

Não tem havido referência de que a hipertermia associada ao exercício físico da grávida esteja relacionada com malformações na raça humana (Artal & O'Toole, 2003). Por razões éticas, não existem estudos que exponham as grávidas à hipertermia num contexto de exercício físico, pelo que apenas se tem considerado a possibilidade de ocorrência de efeitos teratogénicos associados à hipertermia (McMurray & Katz, 1990; McMurray *et al.*, 1993).

### 5.5.1. Produção de calor materno

A produção metabólica de calor de origem muscular vai diminuindo, pois no estudo de Clapp e colaboradores (1998) verificou-se uma diminuição espontânea de atividade física com a evolução da gravidez. Aqueles autores contestaram que as mulheres que antes da gravidez praticavam corrida à intensidade de 74% do  $VO_{2máx}$ , passaram a correr a 57 e a 47% do  $VO_{2máx}$ , respetivamente à 20.ª e 32.ª semana de gravidez. Por outro lado, muitos estudos envolvendo grávidas que praticavam atividade física com um ritmo próprio, determinado de modo espontâneo, ou com prescrições que envolvem intensidades constantes e moderadas, verificaram que a temperatura interna não sobe mais do que 1,5° C acima do valor de repouso. Logo, permaneciam dentro dos valores de segurança (Jones *et al.*, 1985; McMurray *et al.*, 1993). O estudo de Jones e colaboradores (1985) constatou que quatro mulheres grávidas, quando realizaram durante 30 minutos exercício em tapete rolante, com a sua passada auto-selecionada, tiveram aumento da temperatura rectal associada ao exercício, mas sem ultrapassar o valor de 39° C. No estudo realizado em ambiente com temperatura controlada, a temperatura interna das grávidas não ultrapassou o valor de 39° C no exercício aeróbio de intensidade moderada, assim como não se verificou armazenamento de calor em resultado do exercício realizado durante a gravidez avançada. Os autores concluíram que o



equilíbrio térmico pode ser mantido na gravidez avançada quando as prescrições do exercício são adequadamente modificadas e adaptadas às grávidas. Os estudos de McMurray e colaboradores (1993), de McMurray e Katz (1990) e McMurray e colaboradores (1990) revelaram maior condutibilidade dos tecidos periféricos durante a gravidez, com o aumento da transferência e perda de calor durante a gravidez, constituindo uma vantagem adicional no exercício realizado em ambiente quente. Esta vantagem no ambiente quente transforma-se em prejuízo no exercício realizado em ambiente frio, o que seria compensado pelo aumento da produção de calor na grávida.

Clapp e colaboradores (1998) e Clapp (2002) referem que a resposta da temperatura rectal ao exercício na fase avançada da gravidez diminuí, inclusivamente, durante o exercício autorregulado, o que seria devido à redução da intensidade do esforço realizado e não a uma eventual melhoria da eficácia termorreguladora. Estes resultados são interessantes para a mulher que pratica exercício de modo independente, mas não ajudam a esclarecer a eventual segurança durante a prática do desporto competitivo, mais frequentemente e mais intenso. Contudo, tal não será certamente problema neste tipo de população, já que de modo espontâneo a atleta cessa a atividade competitiva temporariamente, por razões pessoais e anatómicas (aumento do peso, da dismorfia abdominal, alteração do equilíbrio, etc.). O problema residirá com mais preocupação na mulher trabalhadora braçal exposta ao ambiente quente, onde existe a necessidade de continuar a trabalhar até às «vésperas» do parto por razões de sobrevivência ou de falta de apoio social.

### 5.5.2. Taxa de sudação

A taxa de sudação não é afetada pela gravidez, por outro lado, o aumento do volume plasmático induzido pela gravidez traduz-se em vantagem termorreguladora para a grávida durante o esforço físico, pois não só mantém o fluxo sanguíneo para o feto, como aumenta o transporte de calor do interior do organismo para a pele (Jones *et al.*, 1985).

### 5.5.3. Hipertermia e efeito teratogénico

A hipertermia materna é atualmente aceite como potencial causa de efeitos teratogénicos na fase inicial da gestação e de atraso de crescimento intrauterino do feto nas fases mais avançadas da gravidez (McMurray & Katz, 1990; McMurray *et al.*, 1993). Contudo, não existe informação suficiente de que as grávidas façam exercício físico até determinada intensidade de esforço, suficiente para criar um ambiente hipertérmico. Porém, importa não esquecer que a fase inicial da gravidez pode ser desconhecida da mulher (Artal & O'Toole, 2003), pelo



que o potencial de agressão térmica do embrião pode ocorrer em atletas de alta competição ou em trabalhadoras braçais, especialmente se forem expostas a um ambiente quente.

A temperatura fetal é de 1° C ou 0,5° C (McMurray *et al.*, 1993) superior à temperatura materna, devido ao metabolismo aumentado do feto e da placenta decorrentes do crescimento/desenvolvimento, o que confere alguma proteção ao feto, pois o gradiente de temperatura faz-se no sentido do feto para a mãe (McMurray *et al.*, 1993). No estudo de Lotgering, Gilbert e Longo (1983), realizado com ovelhas, a temperatura materna aumentou, em relação ao valor basal de 0,8° C e 1,5° C após, respetivamente, 10 e 40 minutos de exercício (70%  $VO_{2max}$ ), ao passo que a temperatura fetal subiu mais lentamente, ao ponto de haver inversão do gradiente térmico, ou seja, a temperatura materna passou a ser superior à do feto, provocando aquecimento de feto com calor proveniente da mãe. Após o término do exercício, a temperatura fetal permaneceu elevada durante bastante tempo, enquanto a materna voltou mais rapidamente aos valores de base (Lotgering *et al.*, 1983). Tal significa que o feto não só recebeu calor da mãe, como esteve em hipertermia durante mais tempo. Os eventuais efeitos teratogénicos da exposição aguda à hipertermia não foram referidos.

Os estudos realizados em animais revelam que o aumento da temperatura interna materna superior a 1,5° C durante a embriogénese tem sido a causa de malformações fetais (McMurray *et al.*, 1993). A exposição crónica ao calor (37-39° C) durante os últimos 30 dias de gravidez da ovelha aumentou em 20% o atraso de crescimento intra-uterino, causando fígados e cérebros de tamanhos desproporcionados (Dreiling *et al.*, 1991). No estudo realizado com ratos que efetuaram natação durante 30 minutos em água a 40,5° C de temperatura, verificou-se que 69% dos fetos retirados por cesariana ao 18.º dia de gestação apresentavam anomalias externas (Sasaki, Yamaguchi, Nabeshima, Shigemitsu, Mesaki & Kubo, 1995). Os fetos das fêmeas que permaneceram imóveis na água a 40,5° C de temperatura, assim como o do grupo de controlo, não apresentaram anomalias.

A diminuição do fluxo sanguíneo poderá ser uma causa do desenvolvimento inadequado do feto. Estudos com animais têm relatado diminuição do fluxo sanguíneo uterino durante o exercício materno, mas a hemoconcentração, resultante da diminuição do volume plasmático, não sofre alteração da massa de glóbulos vermelhos. Desta forma, a concentração de oxigénio mantém-se relativamente constante (Lotgering *et al.*, 1983). Num estudo prospetivo efetuado ao longo de dois anos, para avaliar o efeito da exposição a fontes de calor externo (jacuzzi e colunas de banho) no risco de abortamento (até às 20 semanas de gestação) em mulheres grávidas (Li *et al.*, 2003), verificaram-se 15,9% de abortos, dos quais 95% antes das 15 semanas de gestação. Os resultados do estudo revelam que na população estudada houve maior risco de abortamento nas grávidas que se expuseram a fontes de calor externo, sendo o risco mais elevado quanto mais elevada a temperatura e tempo de exposição e maior nas



semanas iniciais da gravidez, altura em que os embriões e fetos são mais vulneráveis ao calor. Verificaram também que a febre até aos 37,5° C (referida pelas grávidas) não esteve associada a abortamentos.

## 5.6. Alterações fisiológicas do pós-parto

De acordo com a *Division of Public Health Nutrition and Education* (DPHNE, 2003), com a gravidez acontecem vários desconfortos físicos, como por exemplo, sentir dores em forma de contrações uterinas, uma vez que o útero tende a regressar ao seu tamanho normal e dores provocadas por episiotomia. No caso de uma cesariana, ocorre desconforto na zona da incisão. Muitas mulheres também desenvolvem hemorroidas ou prisão de ventre, durante o parto. Também é frequente aparecerem dores de cabeça, nos ombros e na região lombar. Além destas, ocorrem descargas vaginais de sangue, no período de 2 a 6 semanas pós-parto. Outros fenómenos que surgem são um aumento/inchaço dos seios, aparecimento de estrias e veias varicosas.

Neste período, existem alguns problemas que poderão surgir, tais como, mastite (infecção mamária), hemorragia interna uterina, endometrite tardia (infecção do endométrio), tiroidite e incontinência (Stover & Marjenon, 1995).

Durante a gravidez é produzida pelo corpo lúteo do ovário a hormona proteica endógena, a relaxina (Cunningham *et al.* 1996). Esta tem a capacidade de suavizar o tecido conjuntivo do aparelho reprodutor, facilitando o nascimento do bebé (Sherwood, 2004). No entanto, esta hormona dissipa-se após o parto, mas o tempo de recuperação dos seus efeitos varia entre as 6 a 12 semanas, permitindo a suscetibilidade a lesões articulares, ligamentares e musculares durante esse tempo (Bois, 2001).

Segundo o estudo de South-Paul e colaboradores (1992), no pós-parto, a capacidade aeróbia diminui e só se tem verificado recuperação após as primeiras 8 semanas.

### 5.6.1. Alterações cardiovasculares do pós-parto

Hart e colaboradores (1986) verificaram que o volume plasmático sanguíneo é afetado devido à amamentação. Também referiram que o diâmetro aórtico de uma mulher que tenha tido mais que um filho é maior do que uma mulher que tenha tido apenas um filho ou nenhum.



Outro estudo verificou que volume diastólico final e o débito direto não voltaram aos seus valores prévios à gravidez, após 12 semanas (Capeless & Clapp, 1991).

O estudo de Lotgering e colaboradores (1998) verificou que a ventilação por minuto foi mais elevada na gravidez do que no pós-parto.

Relativamente o dispêndio energético (kcal/min) pré, pós-parto e durante a gravidez, não foram verificadas diferenças significativas no exercício de caminhada na passadeira (van Raaij *et al.*, 1990).

Gunther (1976) demonstrou que o metabolismo materno também sofre modificações devido ao aumento dos produtos de anabolismo e catabolismo, a partir das suas próprias células cujo número cresceu; ao aumento do metabolismo de base, em consequência da intensificação da função da tireoide; pelo metabolismo da criança por via da placenta, contendo substâncias em parte exógenas.

No pós-parto, a grávida que pratica exercício deve realizar um reforço da ingestão calórica e da hidratação de forma a suprir as necessidades energéticas da produção de leite para o bebê.

Durante a lactação a puérpera deve evitar a realização de exercício de intensidades acima do limiar anaeróbico de forma a prevenir o aumento dos níveis de lactatemia que pode alterar o sabor do leite materno.

## 5.7. Referências bibliográficas

- ACSM (2014). *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription* (9th ed). Philadelphia: Lippincott Williams e Wilkins.
- Almeida, L., Constâncio J., Santos C., Silva T., & Raposo M. (2005). Análise comparativa das PE e PI máximas entre mulheres grávidas e não grávidas e entre grávidas de diferentes períodos gestacionais. *Revista Saúde*, Jequié, Bahia, 1(1), 9-17.
- Araujo, D. (1997). Expecting questions about exercise and pregnancy. *The Physician and Sportsmed*, 25(4), 85-90.
- Artal R. & O'Toole M. (2003). Guidelines of the American College of Obstetricians and Gynecologists for exercise during pregnancy and the postpartum period. *Br J Sports Med*, 37(1), 6-12.
- Artal, R. & Wiswell, R. (1987). *Exercício na gravidez*. Ed. Manole Ltda SP.
- Bagnara, I.C. (2010). Prescrição de exercícios físicos para gestantes: cuidados e recomendações. *Revista Digital*, 15(149). Buenos Aires.



- Barron W.M. & Lindheimer M.D. (1996). *Complicações Médicas na Gravidez*. 2ª edição. Artes Médicas, Porto Alegre.
- Barwood, M.J. (2008). Psychological skills training improves exercise performance in the heat. *Med Sci Sport Exer*, 40(2), 387-396.
- Bois, W. (2002). *A postpartum progressive resistance exercise program*. The Faculty of Department of Human Performance, San Jose State University.
- Butler, R.P., Bedding, T.R., Kjeldsen, H., McCarthy, C., O'Toole, S.J., Tinney, C.G., Marcy, G.W., & Wright, J.T. (2004). Ultra-High-Precision Velocity Measurements of Oscillations in  $\alpha$  Centauri A. *ApJ Letters*, 600, L75.
- Capeless, E. & Clapp, J. (1991). When do cardiovascular parameters return to their preconception values?. *Am J Obstet Gynecol*, 165, 883-886.
- Clapp, J.F. III, Rockey, R., Treadwai, J.L., Carpenter, M.W., Artal, R.M., & Warness, C. (1992). Exercise in pregnancy. *Med Sci Sports Exerc*, 24(6), 294-300.
- Clapp, J.F. III. (1985). Maternal heat rate in pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*, 152, 659-60.
- Clapp, J.F. III. (2002). *Exercising through your pregnancy*. Omaha, NE: Addicus Books.
- Clapp, J.F. III & Little, K.D. (1995). Effect of recreational exercise on pregnancy weight gain and subcutaneous fat deposition. *Med Sci Sport Exerc*, 27(2), 170-7.
- Clapp, J. F. III, Simonian, S., Lopez, B., Appleby-Wineberg, S., & Harcar-Sevcik, R. (1998). The one-year morphometric and neurodevelopmental outcome of the offspring of women who continued to exercise regularly throughout pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*, 178, 594-599.
- Cunningham, G., Leveno, K.J., Bloom, S.L., Hauth, J.C., Gilstrap, L.C., & Wenstrom, K.D. (2005). *Maternal physiology*. In: eds. Williams Obstetrics. 22nd ed. New York: McGraw-Hill; 121-150.
- Cunningham, F., MacDonald, P., Gant, N., Leveno, K., & Gilstrap, L. (1996). *Williams Obstetricia*. 4ª edição. Masson, S. A. Barcelona, 205.
- Division of Public Health Nutrition and Education, DPHNE (2003). *Postpartum Nutrition Module*. Texas Department of Health, Bureau of Nutrition Services. Texas, USA.
- Dreiling, C.E., Carman F.S., III, & Brown D.E. (1991). Maternal endocrine and fetal metabolic responses to heat stress. *J Dairy Sci*, 74(1), 312-327.
- Ferreira, C. & Nakano, A. (2001). Reflexões sobre as bases conceituais que fundamentam a construção do conhecimento acerca da lombalgia na gestação. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, São Paulo, 9(3), 95-100. doi: 10.1590/S0104-11692001000300015.
- Finkelstein, I., Alberton C., Figueiredo, P., Garcia, D., Tartaruga, L., & Kruehl, L. (2004). Comportamento da frequência cardíaca, pressão arterial e peso hidrostático em diferentes profundidades de imersão. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, Porto Alegre, 26(9), 685-690. doi: 10.1590/S0100-72032004000900002.
- Finkelstein, I., Bgeginski, R., Tartaruga, M., Alberton, C., & Kruehl, L. (2006). Comportamento da frequência cardíaca e da pressão arterial ao longo da gestação com treinamento em meio líquido. *Revista brasileira de medicina e esporte*, Porto Alegre, 12(5), 376-380. doi: 10.1590/S1517-86922006000600015.
- Gillies, C.L., Abrams, K.R., Lambert, P.C., Cooper, N.J., Sutton, A.J., Hsu, R.T., & Khunti, K. (2007). Pharmacological and lifestyle interventions to prevent or delay type 2 diabetes in people with impaired glucose tolerance: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 10; 334(7588), 299.



- Gorski, J. (1985). Exercise during pregnancy: maternal and fetal responses. A brief review. *Med Sci Sports Exerc*, 17(4), 407-6.
- Guedes, D. (2007). *Musculação: estética e saúde feminina*. 3.<sup>a</sup> ed. ver. e ampl. São Paulo: Phorte Editora.
- Gunther, H., Kohlauch, W., & Leube, H.T. (1976). *Ginástica médica em ginecologia e obstetria*. Trad. Zilda Barbosa Anthony. Ed. Manole Ltda. S.P.
- Hacker, N. & Moore, J.G. (1994). *Fundamentos de ginecologia e obstetria*. 2<sup>a</sup> Edição. Artes Médicas: Porto Alegre.
- Hart, M., Morton, M., Housenpud, M., Metcalfe, J. (1986). Aortic function during normal human pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*, 154, 887-891.
- Hatoum, N., Clapp, J.J., Neuman, M.R., Dajani, N., & Amini, S.B. (1997). Effects of maternal exercise on fetal activity in late gestation. *J Matern-Fetal Med*. 6,134-139.
- Heenan, A.P., Wolfe, L.A., & Davies, G.A. (2001). Maximal exercise testing in late gestation: maternal responses. *Obstet Gynecol*, 97, 127-134.
- Helmrich, S.P., Ragland, D.R., & Paffenbarger, S.R. (1994). Prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus with physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, 25, 824-830.
- Holstein, B. (1988). *Shaping up for a healthy pregnancy: Instructor guide*. Life Enhancement publications. Champaign, Illinois.
- Hopkinson, J., Butte, N., Ellis, K., & Smith, O. (2000). Lactation Delays Postpartum Bone Mineral Accretion and Temporarily Alters Its Regional Distribution in Women. *J Nutr*, 130, 777-783.
- Hormida, R., Ayala, D., Mojon, A., Fernandez, J., Alonso, I., Silva, I., *et al.* (1985). Blood pressure patterns in normal pregnancy, gestational hypertension and preeclampsia. *Hypertension*, 2000, 36, 148-58.
- Jones, R.L., Botti, J.J., Andersen, W.M., & Bennett, N.L. (1985). Thermoregulation during aerobic exercise in pregnancy. *Obstet Gynecol*, 65, 340-345.
- Katz, J. (1999). *Exercícios aquáticos na gravidez*. Trad. Rodrigo Donato de Araújo. Ed. Manole. S. P.
- Katz, V. (2003). Exercise in the water during pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*, 46(2), 432-41.
- Knuttgen H.G. & Emerson K.J. (1974) Physiological response to pregnancy at rest and during exercise. *J Appl Physiol*, 36(5), 549-53.
- Laskey, M., Prentice, A., Hanratty, L., Landing, M., Dibba, B., Beaven, S., *et al.* (1998). Bone changes after 3mo of lactation: influence of calcium intake, breast-milk output and vitamin D-receptor genotype. *Am J Clin Nutr*, 67, 685-692.
- Lewis, B., Avery, M., Jennings, E., Sherwood, N., Martinson, B., & Crain, A.L. (2008). The Effect of Exercise During Pregnancy on Maternal Outcomes: Practical Implications for Practice. *Am J Lifestyle Med*. 2(5), 441-455.
- Li, D.-K., Janevic, T., Odouli, R., & Liu, L. (2003). Hot tube use during pregnancy and the risk of miscarriage. *Am J epidem*, 158(10), 931-937.
- Lokey, E.A., Tran, Z.V., Wells, C.L., Myers, B.C., & Tran, A.C. (1991). Effects of physical exercise on pregnancy outcomes: a meta-analytic review. *Med Sci Sport Exerc*, 23(11), 1234-1239.
- Lotgering, F.K., Gilbert, R.D., & Longo, L.D. (1983). Exercise responses in pregnancy sheep: oxygen consumption, uterine blood flow and blood volume. *J Appl Physiol*, 55(3), 834-841.



- Lotgering, F., Spinnewijn, P., Boomsma, F., & Wallenburg, H. (1998). Respiratory and Metabolic Responses to Endurance Cycle Exercise in Pregnant and Postpartum Women. *Int J Sport Med*, 19, 193-198.
- McMurray, R.G., Berry, M.J., Katz, V.L., Graetzer, D.G., & Cefalo, R.C. (1990). The thermoregulation of pregnant women during aerobic exercise in the water: a longitudinal approach. *Eur J Appl Physiol*, 61, 119-123.
- McMurray, R.G. & Katz, V.L. (1990). Thermoregulation in pregnancy. Implications for exercise. *Sport Med*, 10, 146-158.
- McMurray, R.G., Mottola, M.F., Wolfe, L.A., Artal, R., Millar, L., & Pivarnik, J.M. (1993). Recent advances in understanding maternal and fetal responses to exercise. *Med Sci Sport Exerc*, 25(12), 1305-1321.
- Menezes, M. et al. (2008). *Benefícios fisiológicos da prática da caminhada com mulheres no período gestacional do município de Arapiraca-Alagoas*. Livro de Atas do VI Congresso Científico Norte-Nordeste - CONAFF, Alagoas, 3(2), 31- 37.
- O'Toole, M.L. (2003). Physiologic aspects of exercise in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*, 46, 379-389.
- Park, K.S., Choi, J.K., & Park, Y.S. (1999). Cardiovascular regulation during water immersion. *Appl Human Sci*, 6, 233-241.
- Perseghin, G., Price, T.B., Petersen, K.F., Roden, M., Cline, G.W., Gerow, K., Rothman, D.L., & Shulman, G.I. (1996). Increased glucose transport-phosphorylation and muscle glycogen synthesis after exercise training in insulin-resistant subjects. *N Engl J Med*, 335, 1357.
- Pivarnik, J. (1996). Cardiovascular responses to aerobic exercise during pregnancy and postpartum. *Seminars in Perinatology*, 20(4), 242-249.
- Potter, E.L., Cooley, C.O., & Richardson L.F. (1979). Effect of narasin upon the performance of feedlot cattle. *J Anim Sci*, 49(1), 397.
- Powers, S.K. & Howley, E.T. (2000). *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. 3ª ed. Barueri: Manole.
- Prevedel, T.T.S., Calderon, I.M.P., De Conti, M.H., Consonni, E.B., & Rudge, M.V.C. (2003). *Repercussões Maternas e Perinatais da Hidroterapia na Gravidez*. RBGO. 25(1).
- Ross, J., Jiang, H., Kanost, M.R., & Wang, Y. (2003). Serine proteases and their homologs in the *Drosophila melanogaster* genome: an initial analysis of sequence conservation and phylogenetic relationships. *Gene* 304 (1-2), 117-131.
- Rössner, S. (1999). Physical activity and prevention and treatment of weight gain associated with pregnancy: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc*. 31, 560-563.
- Sasaki, J., Yamaguchi, A., Nabeshima, Y., Shigemitsu, S., Mesaki, N., & Kubo, T. (1995). Exercise at high temperature causes maternal hyperthermia and fetal anomalies in rats. *Teratology*, 51(4), 223-236.
- Sherwood, O. (2004). Relaxin's physiological roles and other diverse actions. *Endocrine Reviews*, 25, 205-234.
- Soultanakis, H., Artal, R., & Wiswell, R. (1996). Prolonged exercise in pregnancy: glucose homeostasis, ventilatory and cardiovascular responses. *Seminars in Perinatology*, 20(4), 315-327.
- South-Paul, J., Rajagopal, K., & Tenholder, M. (1992). Exercise responses prior to pregnancy and in the postpartum state. *Med Sci Sport Exerc*, 24, 410-414.
- Stover, A., & Marjenon, J. (1995). Postpartum Care. *American Family Physician*, 52, 1465-1472.



- van Raaij, J.M., Schonk, C., Vermaat-Miedema, S., Peek, M., & Hautvast, J. (1990). Energy cost of walking at fixed pace and self-paced before, during and after pregnancy. *Am J Clin Nutr*, 51, 158-161.
- Weissgerber, T.L., & Wolfe, L.A. (2006). Physiological adaptation in early human pregnancy: adaptation to balance maternal-fetal demands. *Appl Physiol Nutr Metab*, 31, 1-11.
- Wolfe, L.A. (2005). *Pregnancy*. In: Skinner JS, ed. Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases: Theoretical Basis and Clinical Application. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 377-391.
- Wolfe, L.A., Brenner, I.M., & Mottola, M.F. (1994). Maternal exercise, fetal well-being and pregnancy outcome. *Exerc Sport Sci Rev*, 22, 145.
- Wolfe, L.A., Ohtake, P.J., Mottola, M.F., & McGrath, M.J. (1989). Physical interactions between pregnancy and aerobic exercise. *Exerc Sport Sci Rev*, 17; ACSM Series: 295-351
- Wolfe, L.A., Preston, R.J., Burggraf, G.W., & Mcgrath, M.J. (1999). Effects of pregnancy and chronic exercise on maternal cardiac structure and function. *Can J Physiol Pharmacol*, 77, 909-917.
- Wolfe, L., & Davies, G., (2003). Canadian guidelines for exercise in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*, 46(2), 488-95.



## 6 - O sono durante a gravidez: neurofisiologia, distúrbios e higiene do sono

Maria-Raquel G. Silva & Teresa Paiva

### 6.1. O impacto do sono na gravidez e no pós-parto

As mulheres ocupam um lugar importante na sociedade trabalhadora sem que para isso reduzam as suas tarefas diárias e responsabilidades com a família, a casa e os amigos. Contudo, o sono é muitas vezes relegado para segundo plano, dando origem a situações de privação do sono, o que pode afetar negativamente a saúde da mulher a curto e a longo prazo. Se isto é preocupante nas mulheres, é ainda mais preocupante nas mulheres grávidas, pois as más noites de sono associadas às exigências quotidianas conduzem, entre outros aspetos, a um estado de cansaço, que poderá exacerbar-se no período pós-parto, onde a mulher tem que cuidar também do seu bebé. Além disso, as necessidades diárias de sono estão aumentadas logo no primeiro trimestre da gravidez, assim como, a sonolência diurna neste período do ciclo de vida da mulher (Hedman *et al.*, 2002; Mindell & Jacobson, 2000; Lee & Gay, 2004; Lee *et al.*, 2000; Le Bon *et al.*, 2001).

### 6.2. Estados do sono

O sono é um estado de inconsciência parcial do qual o indivíduo pode ser despertado, através de um estímulo sensorial ou outro. Consiste numa sequência de fases, descritas em dois estados: o sono paradoxal conhecido também por sono REM (*Rapid Eye-Movements* ou movimentos oculares rápidos) e o sono lento ou sono NREM (*Non-Rapid Eye-Movements*) (Kotronoulas *et al.*, 2009; Paiva & Penzel, 2011).

No sono NREM, as ondas cerebrais são de grande amplitude e de reduzida frequência (teta e alfa), onde se verifica uma ativação parassimpática dominante, diminuição da frequência cardíaca média, da pressão arterial e do débito cardíaco, entre outros (Paiva & Penzel, 2011). Durante a fase de ondas lentas do sono NREM observam-se níveis elevados da hormona de



crescimento (*Growth Hormone* - GH) e a supressão de cortisol (Morselli *et al.*, 2010; Kotronoulas *et al.*, 2009), daí o papel importante desta fase na regulação da glicose corporal. O sono NREM é muito relaxante acompanhado pela diminuição do tono vascular periférico, diminuição da temperatura corporal, da pressão arterial (10-30%), da frequência respiratória, da taxa de metabolismo basal, do consumo de oxigénio cerebral e da sudação. É nesta fase que se inicia o processamento cognitivo, mas não ocorre consolidação da memória (Silva & Paiva, 2015).

O sono REM constitui cerca de 25% do tempo de sono dos jovens adultos e cada episódio dura entre 5 a 30 minutos, a cada 90 minutos. No sono REM, o tono muscular está reduzido, mostrando uma forte inibição das áreas de controlo da espinal medula. Os mecanismos de termorregulação deixam de funcionar e, apesar da temperatura hipotalâmica aumentar, o organismo fica dependente da temperatura exterior. As frequências cardíaca e respiratória são irregulares, assim como, os indicadores da pressão arterial (característica dos sonhos). Não é um sono reparador e está normalmente associado a sonhos vívidos (Guyton & Hall, 2006b). Podem surgir movimentos musculares irregulares, apesar da inibição extrema dos músculos periféricos. O encéfalo está bastante ativo com um padrão de ondas cerebrais idêntico ao do estado de vigília. O metabolismo do cérebro pode estar aumentado em 20%. Verifica-se atonia geral e movimentos paradigmáticos dos olhos (Guyton & Hall, 2006b; Paiva & Penzel, 2011).

### 6.3. Neurofisiologia do sono

O padrão do sono pode variar, de acordo com os diferentes momentos da vida do indivíduo: aumenta durante o crescimento e com a combinação de esforços físicos, aumenta nas mulheres grávidas e muda nas diferentes fases com o avanço da idade (Silva & Paiva, 2015).

A partir do registo de um electroencefalograma (EEG) é possível analisar a atividade cerebral, ao nível do neocórtex. De acordo com Guyton e Hall (2006b), numa pessoa acordada, o EEG do neocórtex caracteriza-se por ondas de pequena amplitude com frequência rápida, ou seja, ritmo beta (15-30 Hz). Numa pessoa em vigília calma, o EEG indica atividade das ondas rápidas que se altera para uma amplitude das ondas maior e uma frequência das ondas mais lenta, ou seja, ritmo alfa (7-11 Hz). No início do sono NREM, as frequências variam entre 4 a 7 Hz. Numa pessoa em sono profundo, as ondas do EEG são mais lentas e amplas, traduzindo-se em ondas com ritmo delta (1-3 Hz). Assim, a atividade das ondas rápidas está associada ao comportamento de vigília e a atividade das ondas lentas corresponde ao comportamento de sono NREM (*Non-Rapid Eye-Movements* ou ausência de movimentos oculares rápidos). As



ondas do EEG tornam-se maiores e mais lentas da fase N1 para N3 do sono (do sono leve para o sono profundo).

### 6.3.1. Fases do sono

Paiva e Penzel (2011) descrevem 5 fases do sono, que passam a ser referidas.

A vigília é uma fase do sono, onde se pode identificar o ritmo alfa persistente, ou o ritmo alfa intercalado com cções musculares ou alterações de posição, ou ainda traçado dessincronizado. Por vezes, a frequência respiratória pode ser irregular e os movimentos oculares podem existir ou não, podendo ser lentos ou rápidos.

A seguir ocorre uma fase de transição para o sono, a fase N1. Nesta fase, as ondas alfa desaparecem e aparecem as ondas teta, ou as duas de forma alternada. Existem movimentos oculares lentos relacionados com a diminuição da prestação do indivíduo.

Na fase N2, as frequências respiratória e cardíaca diminuem relativamente às da fase de vigília e os movimentos oculares lentos já não existem. Observa-se uma amplitude moderada dos ritmos da banda teta.

A fase N3 ou “sono lento profundo” ou “sono das ondas lentas”, tendo anteriormente sido dividida em fases 3 e 4 do sono NREM. Verifica-se uma diminuição nas frequências respiratória e cardíaca e alguma redução no tono muscular.

Na fase R ou sono REM não existe uma atividade rítmica dominante, pelo que verifica-se uma dessincronização no ECG e uma redução substancial e persistente no tonos muscular.

### 6.3.2. Organização do sono

De acordo com Paiva e Penzel (2011), verifica-se uma periodicidade no aparecimento do sono REM, ou seja, este acontece em períodos com intervalos de 90 minutos e no fim da noite, os seus episódios são mais prolongados e menos espaçados. O sono NREM é dominante no início da noite. O sono começa com a fase N1 com uma duração aproximada de 1 a 7 minutos, sendo que o indivíduo é despertável.

A seguir entra na fase N2 constituída por um período breve de 10 a 25 minutos, tornando-se o sono mais profundo, transformando-se na fase N3. O primeiro período desta fase (N3) dura



cerca de 20 a 60 minutos, terminando com um movimento corporal e a progressão realiza-se no sentido ascendente (da fase N3 para a fase N2, podendo ocorrer ou não, um período de vigília transitório antes do primeiro episódio de sono REM. Este sono REM surge após 90 minutos do início e tem uma duração curta de 1 a 5 minutos. O limiar para despertar durante este sono é variável: elevado para o despertar provocado e baixo para o despertar espontâneo, que é frequente. Assim termina o primeiro ciclo de sono, definido como o mais estável e reprodutível de noite para noite.

Posteriormente realizam-se mais 3 ou 4 ciclos com progressão semelhante: o sono torna-se profundo para a fase N3 (período descendente), maior instabilidade com a entrada na fase N2, N1 ou vigília (período ascendente) e novo período de sono REM. Neste sentido, à medida que a noite avança, a duração do sono REM aumenta e diminui a do sono NREM. No fim da noite podem ocorrer períodos de vigília de curta duração, não havendo deles memória na manhã seguinte (Silva & Paiva, 2015).

## **6.4. O sono na adolescente e na jovem adulta grávida**

As adolescentes grávidas encontram-se numa fase de desenvolvimento acentuado, por exemplo, as suas necessidades energéticas e nutricionais estão aumentadas. Por outro lado, o seu padrão de sono também está alterado, de acordo com as suas necessidades de duração do sono, o seu ritmo circadiano e as componentes neurofisiológicas do seu organismo, pelo que são consideradas um grupo de risco para o desenvolvimento de malnutrição e de distúrbios do sono, por exemplo.

No que concerne ao padrão do sono das adolescentes grávidas verifica-se um atraso de fase do sono e os despertares nocturnos aumentam. O atraso de fase é responsável pela dificuldade em iniciar o sono, dificuldade em acordar a horas e estado de alerta matinal diminuído. No entanto constata-se um padrão de sono normal e de alerta diurna nos dias em que é permitido adormecer mais tarde, tais como, nos dias de fim-de-semana e nas férias. Normalmente, as adolescentes apresentam estas dificuldades, quando não lhes é permitido desenvolver o estudo até mais tarde durante a noite. De realçar que a temperatura corporal também sofre um atraso (Silva & Paiva, 2015).

Estes indivíduos têm uma sensibilidade e exposição normais aos estímulos, mas o período circadiano intrínseco é anormalmente longo. Deverá maximizar-se a luz de manhã (avanço de fase), minimizar a exposição à luz à noite (atraso de fase) e adoptar um horário habitual de deitar (Kolb & Whishaw, 2002).



## 6.5. Funções do sono

Existem várias perspectivas de análise das várias funções do sono. A seguir serão apresentadas algumas, onde o sono é analisado como uma função determinante em diversas tarefas, tais como: na manutenção e qualidade da vigília; no desempenho psicomotor; na conservação de energia e na promoção de processos anabólicos; na termorregulação do cérebro e do sono; na promoção do próprio sono; nas interações com o sistema imunológico; no desenvolvimento e maturação do cérebro; nas funções mnésicas; na regulação de processos metabólicos e nos sonhos (Silva & Paiva, 2015). Paiva e Penzel (2011) consideram que estas hipóteses não são “mutuamente exclusivas”, mas antes o resultado de diferentes processos ou funções.

### a) Manutenção da vigília e da qualidade da vigília:

Após a privação do sono, o organismo sente necessidade de dormir, traduzindo-se num aumento da sonolência, determinada pela maior “pressão do sono”. Isto parece dever-se a uma alteração do neurotransmissor noradrenalina, que diminui a atividade dos neurónios do hipotálamo lateral que contêm orexina (ligados à promoção da vigília), e que por isso, levaria à sonolência, de acordo com Grive e colaboradores (2005). Por outro lado, num estudo dos genes associados ao sono e ao estado de vigília, Cirelli e colaboradores (2004) consideraram que no estado de vigília prevalecem os genes ligados a processos de excitação e potenciação sináptica, e no sono prevalecem os genes ligados a processos sinápticos inibitórios e à síntese proteica.

### b) Desempenho psicomotor:

A privação do sono pode conduzir à diminuição do desempenho psicomotor, lapsos de atenção e dificuldades de atenção e de concentração (Paiva & Penzel, 2011; Youngstedt *et al.*, 1997), devido a flutuações na ativação cerebral dos processos cognitivos (Chee *et al.*, 2008; Vyazovskiy *et al.*, 2011). Engle-Friedman e colaboradores (2010) avaliaram o sono e o esforço desenvolvido por adolescentes desportistas do sexo feminino. Concluíram que a quantidade de sono se relacionava com a perceção da dificuldade da tarefa, enquanto o acordar durante a noite se relacionava com evitar as tarefas mais difíceis. Verificaram ainda que aquelas que acordavam mais vezes e que passavam mais tempo acordadas durante a noite selecionavam as tarefas menos difíceis e que, na adolescência, as alterações do padrão de sono podem diminuir a capacidade de resolver os desafios mais difíceis.

### c) Conservação de energia e promoção de processos anabólicos:

De acordo com Paiva e Penzel (2011), durante o sono verifica-se uma diminuição na temperatura corporal e do metabolismo e a promoção dos processos anabólicos. Com o início do sono, principalmente na fase N1 do sono NREM dá-se a segregação da GH que tem diversos



efeitos anabolizantes, nomeadamente a estimulação da síntese proteica e do crescimento, a mineralização óssea, o aumento da massa magra, a promoção da lipólise, a redução da acumulação da glicose hepática e a estimulação do sistema imunitário. Assim, a privação do sono provoca a diminuição ou supressão desta hormona, sendo que, após um período de vigília alargado, ocorrem grandes pulsos da GH no sono de recuperação.

Durante o sono são libertados cerca de 2/3 de GH do total em 24 horas. Spiegel e colaboradores (1995) defendem que uma outra hormona que está aumentada durante o sono é a prolactina, desde a fase inicial com evolução semelhante à quantidade de sono delta. Santos e Teixeira (2014) defendem que o pico de libertação de prolactina, produzida no lobo anterior da hipófise, acontece durante a segunda metade do sono, antes do despertar, e que a sua libertação é inibida quando ocorre uma fragmentação do sono. Realçam ainda que a produção desta hormona diminui com a idade, em conformidade com a redução do sono de ondas lentas. A prolactina é importante para o início e manutenção da lactação e tem efeitos na osmorregulação, no crescimento, na reprodução e na modulação imunológica (Linkovski *et al.*, 1998). Por outro lado, o cortisol e a ACTH (corticotrofina) diminuem no início do sono NREM e aumentam com o sono REM, pelo que Born e Fehm (2000) defendem que no início do sono verifica-se uma inibição do sistema que responde ao *stress* e que interfere na formação da memória, facilitando-a.

d) Mecanismos de termorregulação do cérebro e sono:

Durante o sono NREM desencadeiam-se processos de termorregulação que promovem o arrefecimento corporal e do cérebro. Mas este estado do sono só é induzido, quando se excede um certo valor de temperatura cerebral. Assim, o sono NREM parece funcionar como processo homeostático de controlo da temperatura cerebral, já que o metabolismo basal e a temperatura estão diminuídos (Silva & Paiva, 2015).

e) “Desintoxicação” do cérebro ou a procura de um fator promotor do sono:

Kovalzon e Strekalova (2006) avaliaram o péptido indutor do sono delta (DSIP - *delta sleep inducing peptide*) e defenderam que este deve atuar como fator indutor do sono, devido à existência de moléculas com características idênticas ao DSIP nalguns núcleos hipotalâmicos.

f) Interações entre o sono e o sistema imunológico:

O sistema imunológico e o sono apresentam uma relação bidirecional, já que existem várias doenças com modificações da auto-imunidade e do sono (Paiva & Penzel, 2011), que aumentam o risco de cancro e alteram a progressão da doença inflamatória (Irwin, 2001; Youngsted & Kripke, 2004). O sistema nervoso central comanda a função imunológica, identificando as células-alvo do sistema imune, a partir das vias autonómicas e neuroendócrinas (Paiva & Penzel, 2011). Assim, as hormonas e os neurotransmissores



segregados interagem com o sistema imunológico, e conseqüentemente com a produção de citocinas (Lorton *et al.*, 2006). As citocinas inflamatórias contribuem para a promoção do sono NREM e as endotoxinas aumentam o Fator de Necrose Tumoral (TNF) e a Interleucina-6 (IL-6). Estes, por sua vez, estimulam os mecanismos de defesa, nomeadamente a hematopoiese, o aumento da frequência cardíaca e do metabolismo; ativam o sistema nervoso central pela segregação da CRH (*corticotropin-releasing hormone*), produzindo febre, que aumenta o sono lento e a produção de cortisol.

A Interleucina-1 (IL-1) é um pirogênio endógeno que influencia o sono por 2 vias: directamente ou via as relações de sono e temperatura. A IL-6 apresenta valores reduzidos durante o dia e valores máximos à noite. Redwine e colaboradores (2000) analisaram os estádios do sono e a sua relação com algumas hormonas e verificaram um aumento noturno da IL-6 associado às fases N1 e N2 e ao sono REM e que esses valores não diferiam entre a onda lenta do sono NREM e o período de vigília. Concluíram que a privação do sono pode diminuir os níveis noturnos de IL-6 com conseqüências para o funcionamento do sistema imunológico. Entre os mecanismos subjacentes à relação entre a arquitetura do sono noturno e a secreção de IL-6, a libertação de catecolaminas precisa ser considerada. As catecolaminas estimulam a secreção de IL-6, através do recetor adrenérgico- $\beta$ , e a segregação de epinefrina e norepinefrina induzidas pelo exercício físico correlaciona-se com o aumento da IL-6.

Durante o sono, a atividade neural simpática aumenta durante o sono REM e diminui durante as fases de ondas lentas. E por seu lado, o aumento de noradrenalina durante o sono REM pode contribuir para o aumento de IL-6 durante este estágio do sono (Van Gool *et al.*, 1990; DeRijk *et al.*, 1994).

O Fator de Necrose Tumoral Alfa (TNF- $\alpha$ ) oscila ao longo do dia, sendo que as suas concentrações são mais elevadas, quando há maior propensão para a sonolência. O TNF- $\alpha$  é uma citocina potente que promove a produção de IL-6. É libertada pelos adipócitos e está relacionada com outros marcadores inflamatórios como a contagem de leucócitos. É um ativador potente de macrófagos, por isso é razoável que os macrófagos se acumulem no tecido adiposo no indivíduo obeso (Alvez, 2006). Xu e colaboradores (2003) analisaram as atividades inflamatórias dos macrófagos no tecido adiposo, tendo concluído que a TNF- $\alpha$  pode ativar os pré-adipócitos e aumentar a expressão genética da inflamação.

De acordo com Alvez (2006), uma vez o macrófago ativado, este libertará citocinas como o TNF- $\alpha$ , a IL-1 e a IL-6, que vão ativar os macrófagos e, desta forma, aumentar a promoção e a libertação de linfócitos (Xu *et al.*, 2003). Assim, como o TNF- $\alpha$  estimula a síntese de IL-6 no



adipócito no obeso, exerce efeitos similares sobre a Interleucina-8 (IL-8), também secretada pelos adipócitos.

O sono pode aumentar a libertação e/ou a produção de algumas citocinas, designadamente a IL-2 e a IL-6. E a privação do sono pode diminuir consideravelmente, a produção diurna de IL-6, de IL-1 e de TNF, causando, tal como foi referido anteriormente, sonolência diurna (Youngstedt & Kripke, 2004).

Na fase inicial do sono prevalece a imunidade de tipo 1, visível pela produção de IFN- $\gamma$  (interferon gama) sobre a imunidade de tipo 2 (humoral), visível pela produção de Interleucina-4 (IL-4), cujo efeito é pouco notório. O efeito inverte-se na segunda metade da noite, no sono REM, verificando-se um aumento considerável da IL-6 (Silva & Paiva, 2015).

g) Desenvolvimento e maturação do cérebro:

Nas primeiras fases do ciclo de vida humano, o sono envolve uma grande parte do sono REM, caracterizado por uma atividade neuronal intensa a nível cortical, e por isso, capaz de influenciar o desenvolvimento e a maturação das redes neuronais, de acordo com Corner e colaboradores (1980). Mais tarde, Jouvet (1998) considerou que o sono reforçava a componente genética no cérebro, de forma a reforçar ou eliminar os circuitos neuronais estimulados na vigília.

h) Sono e plasticidade do cérebro: a influência nas funções mnésicas:

A informação adquirida aquando da vigília é alterada, reestruturada e fortalecida no período de sono que se segue, sendo que depois da aprendizagem, observa-se um efeito positivo do sono para a aprendizagem motora e sensorial.

Mednick e colaboradores (2003) consideraram que os benefícios são evidentes para o sono noturno e para as sesta. Stickgold e colaboradores (2001) referem que as fases do sono exercem diferentes efeitos na formação e na consolidação da memória. No sono NREM, onde há uma menor atividade colinérgica verifica-se uma reativação dos circuitos hipocampo-neocorticais constituídos durante a aprendizagem na vigília. No sono REM, onde existe uma maior atividade colinérgica formam-se as novas memórias (Silva & Paiva, 2015).

i) Regulação de diversos processos metabólicos:

Parece que as horas e as características do sono provocam alterações no metabolismo cerebral nos mamíferos (Savage & West, 2007).



## 6.6. Patologias associadas à privação do sono

A seguir serão apresentadas várias patologias associadas à privação do sono, cujo risco está aumentado desde as crianças aos adultos (Silva & Paiva, 2015).

a) Ansiedade e insónia.

b) Cancro da mama.

Os estudos publicados apresentam conclusões contraditórias, já que McElroy e colaboradores (2006) verificaram nos Estados Unidos da América, que o sono para além das 8 horas está associado a um ligeiro e significativo aumento do cancro da mama, talvez devido a um mecanismo ligado à disrupção do sistema imunológico e à produção de cortisol. Por outro lado, Pinheiro e colaboradores (2006) discordam, concluindo que não existe qualquer relação entre a duração do sono e a ocorrência do cancro da mama. Todavia, Verkasalo e colaboradores (2005) e Kakizaki e colaboradores (2008) encontraram, na Europa e na Ásia, respetivamente, um risco aumentado para o sono inferior a 6 horas e uma proteção relativa para o sono prolongado, tal como Wu e colaboradores (2008), que encontraram uma associação positiva significativa entre a duração do sono e os níveis de melatonina para explicar a associação entre a duração do sono observada e o risco de cancro.

c) Depressão.

A privação do sono parece assemelhar-se à restrição alimentar como potencial ajuda à sobrevivência (Silva & Paiva, 2015). A privação aguda do sono pode ter efeitos antidepressivos e a privação temporária do sono é um meio de tratamento eficaz da insónia primária. Por outro lado, passar muito tempo na cama pode provocar letargia diurna e aumentar a fragmentação do sono, resultando num ciclo vicioso de mais tempo na cama e de ainda maior fragmentação do sono (Irwin, 2001).

d) Diabetes.

Speigel e colaboradores (2005) verificaram a existência de um risco aumentado da diabetes tipo 2 e da resistência à insulina. Gangwisch e colaboradores (2007) constataram que os adultos que dormiam menos de 5 horas ou mais de 9 horas, tinham um risco aumentado para sofrerem deste tipo de diabetes. E que as crianças obesas também apresentavam uma maior resistência à insulina associada com a redução do sono noturno (Flint *et al.*, 2007; Knutson *et al.*, 2006; Knutson & Van Cauter, 2008; Spiegel *et al.*, 2005).

e) Doença coronária.



Miller e Cappuccio (2007) defenderam que o risco de doenças cardiovasculares pode estar relacionado com o papel do sono nos processos inflamatórios. Kripke e colaboradores (2002) referiram ainda que a associação entre a duração do sono e a mortalidade tem sido observada não só nas doenças ligadas à apneia do sono, por exemplo, as doenças cardiovasculares e o enfarte do miocárdio, como também às doenças que não estão ligadas à apneia, tal como o cancro.

f) Hipertensão arterial.

Gangswish e colaboradores (2006) verificaram que existe um risco significativo de hipertensão nas mulheres que dormem menos de 5 horas diárias relativamente àquelas que dormem 7 horas, sendo que Cappuccio e colaboradores (2008) defendem que os homens não correm esse risco e Van Den Berg e colaboradores (2007) e Wells e colaboradores (2008) consideram que os idosos também não.

g) Obesidade.

Taheri e colaboradores (2004) encontraram uma relação importante entre a redução das horas de sono, a redução da leptina e o aumento da grelina, traduzindo-se num aumento do peso corporal. Neste sentido parece que o risco entre obesidade e as horas de sono apresenta uma distribuição em U, isto é, é maior para aqueles que dormem menos de 5 ou 6 horas e para aqueles que dormem mais de 9 horas diárias (Padez *et al.*, 2009; Rontoyanni *et al.*, 2007; Spiegel *et al.*, 2004b; Taheri *et al.*, 2004; Taveras *et al.*, 2008; Van Den Berg *et al.*, 2008). Assim, a obesidade relaciona-se com o aumento da produção de orexina e a redução da produção de leptina, associados à redução ou privação crónica do sono (Silva & Paiva, 2015). Heinonen e colaboradores (2008) defenderam que as orexinas A e B estão ligadas à regulação do sono, da vigília e dos processos alimentares, mas também ao tono simpático e à motilidade intestinal.

h) Morte.

Dormir mais do que 8 horas por noite está associado com o aumento da mortalidade (Youngsted & Kripke, 2004). Esta associação entre a duração do sono e a mortalidade pode ser interpretada da mesma forma, quando se considera o estado de saúde com outros fatores ligados a um estilo de vida saudável, tais como, o exercício físico, a ingestão energética e a exposição à luz solar, isto é, níveis muito elevados ou muito reduzidos destes fatores podem ser prejudiciais. Rechtschaffen e Bergmann (2002) num estudo com ratos concluíram que a privação total do sono provoca a morte no mesmo intervalo de tempo provocado pela privação total de comida. Kripke e colaboradores (2002) num estudo com 636.095 mulheres e com 480.841 homens verificaram que os indivíduos, cujo sono tinha a duração de 8 horas (7,5 - 8,5), ou superior a 8,5 horas estavam associados, de forma significativa a níveis de mortalidade mais elevados do que aqueles que dormiam cerca de 7 horas (6,5 - 7,5). Por



outro lado, Amagai e colaboradores (2004) e Ferrie e colaboradores (2007) consideram que as mulheres que dormem menos de 6 horas diárias apresentam maior risco de morte.

i) Substrato dos sonhos.

O sono é a base da produção dos sonhos, que existem no sono REM, N1 e N2. Em N3, a atividade mental é vaga e imprecisa. De acordo com Paiva e Penzel (2011), os sonhos têm diversas funções, de acordo com as suas características, nomeadamente o reflexo de um estado de desejo e de motivação; resolução de problemas ou aprendizagem; regulação do humor; ativação da memória; função neurocognitiva integradora; preservação da especificidade das espécies; inovação/criatividade; entretenimento e como resultado final de um estado funcional específico. Os sonhos desagradáveis ou os pesadelos podem afetar o estado de humor durante o dia, assim como, o desempenho desportivo numa competição e resultar num ciclo vicioso, onde os estados afetivos negativos afetam adversamente o sono seguinte (Köthe & Pietrowsky, 2001).

## 6.7. Distúrbios do sono durante a gravidez

A privação do sono é comum durante a gravidez e mais acentuada no período pós-parto, especialmente devido aos cuidados contínuos que o bebé necessita. Por esta razão, os distúrbios do sono são persistentes nestes dois períodos da vida da mulher, afetando negativamente o seu desempenho nas tarefas diárias, e, se persistirem no tempo, podem afetar até a sua capacidade de produção de leite e, por conseguinte, de amamentar, tal como já foi explicado anteriormente.

Na grávida, o sono insuficiente em quantidade e em qualidade pode resultar de distúrbios do sono, tais como: insónia, síndrome das pernas inquietas e apneia de sono (CDCP, 2011; IMCSMR, 2006). A insónia caracteriza-se pela incapacidade de iniciar ou manter o sono. Também pode assumir a forma de despertar de manhã cedo em que o indivíduo desperta várias horas antes da hora de acordar e é incapaz de continuar a dormir. A dificuldade em iniciar ou manter o sono pode manifestar-se em sonolência diurna excessiva, que caracteristicamente resulta numa deficiência funcional durante todo o dia. A insónia psicofisiológica crónica pode resultar de um *stressor* combinado com o medo de ser incapaz de dormir.

Contudo, há medidas de higiene do sono que devem ser consideradas para as grávidas que sofrem de insónia, que passamos a referir:

- Evitar refeições volumosas antes de dormir;
- Evitar a prática de atividades físicas mais intensas perto da hora de deitar;



- Evitar as sestas durante o dia superiores a 30 minutos;
- Deitar-se quando tiver sono;
- Quando estiver deitada e não conseguir adormecer nos próximos 20 minutos, deve levantar-se, sair do quarto e procurar relaxar;
- O quarto deve ter um ambiente adequado para dormir, isto é, sem calor, frio, ruído e luz;
- Evitar ler, comer ou ver televisão na cama;
- Não utilizar relógio de pulso ou despertador no quarto;
- Adotar um horário regular de deitar e de levantar à semana e ao fim-de-semana.
- Limitar o consumo de café ou bebidas com cafeína nas 3 ou 4 horas antes de deitar.

A síndrome das pernas inquietas é 2 a 3 vezes mais prevalente nas grávidas do que na população em geral (Picchiatti *et al.*, 2014) caracterizada por uma sensação desagradável que leva a um movimento repentino das pernas, muitas vezes associado à dor, o que dificulta o início do sono.

A literatura científica demonstra uma associação entre os distúrbios do sono e consequências negativas da gravidez (Chang *et al.*, 2010; Nodine *et al.*, 2013; Okun *et al.*, 2011), nomeadamente um risco elevado de preeclampsia, parto por cesariana e sintomatologia depressiva (Ramirez *et al.*, 2013; Vahdat *et al.*, 2013; Westrom *et al.*, 2014). O pico de incidência ocorre no terceiro trimestre, sendo que na maioria dos casos os sintomas desaparecem um mês após do parto (Ismailogullari *et al.*, 2010; Picchiatti *et al.*, 2014). Estes sintomas podem ser aliviados pelo movimento das pernas, como caminhar ou chutar. Deve-se provavelmente a anomalias no neurotransmissor dopamina.

Nas mulheres grávidas, a apneia de sono está associada ao excesso de peso e obesidade. A respiração é momentaneamente interrompida e pode ser acompanhada do típico ressonar. As mulheres grávidas podem sentir excessiva sonolência durante o dia, já que o seu sono pode não ter sido reparador. Como a interrupção da respiração regular ou a obstrução das vias aéreas durante o sono podem representar complicações de saúde graves, os sintomas da apneia do sono devem ser avaliados e vigiados durante gravidez (CDCP, 2011).

## 6.8. Higiene do sono

Há diversos comportamentos que devem ser adoptados no dia-a-dia para melhorar não só a qualidade do sono da grávida, assim como, a duração desse sono, e que passam a ser referidos a seguir.



Evitar comportamentos que interfiram com o padrão do sono e promover comportamentos que promovam uma boa qualidade de sono.

O arrefecimento da pele (em condições ambientais quentes) pode ser conseguido, através de um duche frio, ou o uso apropriado de ar condicionado.

As estratégias de higiene do sono mais vulgarmente recomendadas, excluindo as estratégias ligadas à parte alimentar, são:

- regularizar a hora de deitar e de levantar;
- no caso da grávida não conseguir adormecer em 15 minutos, deve sair da cama e tentar outra estratégia (ler um livro, ver fotografias);
- não usar relógio de quarto;
- não ter televisão, nem computador no quarto;
- realizar a sesta de forma adequada (até 30 minutos e no início da tarde);
- explorar o uso de relaxamento muscular e relaxamento cognitivo (Lund, 1985; Halson, 2008).

## 6.9. Referências bibliográficas

- Alvez, M.N.R. (2006). Os efeitos da obesidade na resposta imune. *Rev Bras Nutr Clin*, 21(4):316-9.
- Amagai, Y., Ishikawa, S., Gotoh, T., Doi, Y., Kayaba, K., Nakamura, Y., & Kajii, E. (2004). Sleep duration and mortality in Japan: the Jichi Medical School Cohort Study. *J Epidemiol*, 14(4):124-8.
- Born, J., & Fehm, H.L. (2000). The neuroendocrine recovery function of sleep. *Noise Health*;2(7):25-38.
- Cappuccio, F.P., Taggart, F.M., Kandala, N.B., Currie, A., Peile, E., Stranges, S., & Miller, M.A. (2008). Meta-analysis of short sleep duration and obesity in children and adults. *Sleep*, 31(5):619-26.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2011). National Sleep Awareness Week – March 7-13, 2011. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 60 (8): 233.
- Chang, J.J., Pien, G.W., Duntley, S.P., & Macones, G.A. (2010). Sleep deprivation during pregnancy and maternal and fetal outcomes: is there a relationship? *Sleep Med Rev*, 14:107e14.
- Chee, M.W., Tan, J.C., Zheng, H., Parimal, S., Weissman, D.H., Zagorodnov, V., & Dinges, D.F. (2008). Lapsing during sleep deprivation is associated with distributed changes in brain activation. *J Neurosci*, 28(21):5519-28.
- Cirelli, C., Gutierrez, C.M., & Tononi, G. (2004). Extensive and divergent effects of sleep and wakefulness on brain gene expression. *Neuron*, 41(1):35-43.
- Corner, M.A., Mirmiran, M., Bour, H.L., Boer, G.J., van de Poll, N.E., van Oyen, H.G., & Uytings, H.B. (1980). Does rapid-eye-movement sleep play a role in brain development? *Prog Brain Res*, 53:347-56.
- DeRijk, R.H., Boelen, A., Tilders, F.J., & Berkenbosch, F. (1994). Induction of plasma interleukin-6 by circulating adrenaline in the rat. *Psychoneuroendocrinology*, 19:155-163.



- Engle-Friedman, M., Palencar, V., & Riela, S. (2010). Sleep and effort in adolescent athletes. *J Child Health Care*, 14(2):131-41.
- Ferrie, J.E., Shipley, M.J., Cappuccio, F.P., Brunner, E., Miller, M.A., Kumari, M., & Marmot, M.G. (2007). A prospective study of change in sleep duration: associations with mortality in the Whitehall II cohort. *Sleep*, 30(12):1659-66.
- Flint, J., Kothare, S.V., Zihlif, M., Suarez, E., Adams, R., Legido, A., & De Luca, F. (2007). Association between inadequate sleep and insulin resistance in obese children. *J Pediatr*, 150(4):364-9.
- Gangwisch, J.E., Heymsfield, S.B., Boden-Albala, B., Buijs, R.M., Kreier, F., Pickering, T.G., Rundle, A.G., Zammit, G.K., & Malaspina, D. (2007). Sleep duration as a risk factor for diabetes incidence in a large U.S. sample. *Sleep*, 30(12):1667-73.
- Gangwisch, J.E., Heymsfield, S.B., Boden-Albala, B., Buijs, R.M., Kreier, F., Pickering, T.G., Rundle, A.G., Zammit, G.K., & Malaspina, D. (2006). Short sleep duration as a risk factor for hypertension: analyses of the first National Health and Nutrition Examination Survey. *Hypertension*, 47(5):833-9.
- Grivel, J., Cvetkovic, V., Bayer, L., Machard, D., Tobler, I., Mühlethaler, M., & Serafin, M. (2005). The wake-promoting hypocretin/orexin neurons change their response to noradrenaline after sleep deprivation. *J Neurosci*, 25(16):4127-30.
- Guyton, A.C., & Hall, J.E. (2006). Estados de atividade cerebral - sono, ondas cerebrais, epilepsia, psicoses. In Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 11ª edição. Elsevier. Rio de Janeiro: 739-747.
- Halson, S.I. (2008). Nutrition, sleep and recovery. *European Journal of Sport Science*, 8(2): 119-126.
- Hedman, C., Pohjasvaara, T., Tolonen, U., Suhonen-Malm, A.S., & Myllyla, V.V. (2002). Effects of pregnancy on mothers' sleep. *Sleep Med*, 3(1):37-42.
- Heinonen, M.V., Purhonen, A.K., Mäkelä, K.A., & Herzig, K.H. (2008). Functions of orexins in peripheral tissues. *Acta Physiol (Oxf)*, 192(4):471-85.
- Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research (2006). Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem. In Colten HR, Altevogt BM (editors). Washington (DC): National Academies Press (US); The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health.
- Irwin, M. (2001). Neuroimmunology of disordered sleep in depression and alcoholism. *Neuropsychopharmacology*, 25: S45-S49.
- Ismailogullari, S., Ozturk, A., Mazicioglu, M.M., Serin, S., Gultekin, M., & Aksu, M. (2010). Restless legs syndrome and pregnancy in Kayseri, Turkey: a hospital based survey. *Sleep Biol Rhythms*, 8:137e43.
- Jouvet, M. (1998). Paradoxical sleep as a programming system. *J Sleep Res*, 7 Suppl 1:1-5.
- Kakizaki, M., Kuriyama, S., Sone, T., Ohmori-Matsuda, K., Hozawa, A., Nakaya, N., Fukudo, & S., Tsuji, I. (2008). Sleep duration and the risk of breast cancer: the Ohsaki Cohort Study. *Br J Cancer*, 4;99(9):1502-5.
- Knutson, K.L., Ryden, A.M., Mander, B.A., & Van Cauter, E. (2006). Role of sleep duration and quality in the risk and severity of type 2 diabetes mellitus. *Arch Intern Med*, 18;166(16):1768-74.
- Knutson, K.L., & Van Cauter, E. (2008). Associations between sleep loss and increased risk of obesity and diabetes. *Ann N Y Acad Sci*, 1129:287-304.



- Koëthe, M., & Pietrowsky, R. (2001). Behavioral effects of nightmares and their correlations to personality patterns. *Dreaming*, 11, 43-52.
- Kolb, B., & Whishaw, I.Q. (2002). Porque dormimos? In Kolb B, Whishaw IQ. Neurociência do comportamento. Manole Barueri, São Paulo: 444-487.
- Kovalzon, V.M., & Strekalova, T.V. (2006). Delta sleep-inducing peptide (DSIP): a still unresolved riddle. *J Neurochem*, 97(2):303-9.
- Kotronoulas, G., Stamatakis, A., & Stylianopoulou, F. (2009). Hormones, hormonal agents, and neuropeptides involved in the neuroendocrine regulation of sleep in humans. *Hormones (Athens)*, 8(4):232-48.
- Kripke, D.F., Garfinkel, L., Wingard, D.L., Klauber, M.R., & Marler, M.R. (2002). Mortality associated with sleep duration and insomnia. *Arch Gen Psychiatry*, 59: 131-136.
- Lee, K.A., & Gay, C.L. (2004). Sleep in late pregnancy predicts length of labor and type of delivery. *Am J Obstet Gynecol*, 191(6):2041-6.
- Lee, K.A., Zaffke, M.E., & McEnany, G. (2000). Parity and sleep patterns during and after pregnancy. *Obstet Gynecol*, 95(1):14-8.
- Le Bon, O., Staner, L., Hoffmann, G., Dramaix, M., San Sebastian, I., Murphy, JR., et al. (2001). The first-night effect may last more than one night. *J Psychiatr Res*, 35(3):165-72.
- Linkowski, P., Spiegel, K., Kerkhofs, M., L'Hermite-Balériaux, M., Van Onderbergen, A., Leproult, R., Mendlewicz, J., & Van Cauter, E. (1998). Genetic and environmental influences on prolactin secretion during wake and during sleep. *Am J Physiol*, 274(5 Pt 1):E909-19.
- Lorton, D., Lubahn, C.L., Estus, C., Millar, B.A., Carter, J.L., Wood, C.A., & Bellinger, D.L. (2006). Bidirectional communication between the brain and the immune system: implications for physiological sleep and disorders with disrupted sleep. *Neuroimmunomodulation*, 13(5-6):357-74.
- Lund, P.M. (1985). Marathon volleyball: changes after 61 hours play. *Brit J Sports Med*, 19 (4): 228-229.
- Manconi, M., Govoni, V., De Vito, A., Economou, N.T., Cesnik, E., Casetta, I., et al. (2004). Restless legs syndrome and pregnancy. *Neurology*, 63:1065e9.
- Mednick, S., Nakayama, K., & Stickgold, R. (2003). Sleep-dependent learning: a nap is as good as a night. *Nat Neurosci*, 6(7):697-8.
- Miller, M.A., & Cappuccio, F.P. (2007). Inflammation, sleep, obesity and cardiovascular disease. *Curr Vasc Pharmacol*, 5(2):93-102.
- Mindell, J.A., & Jacobson, B.J. (2000). Sleep disturbances during pregnancy. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*, 29(6):590-7.
- Morselli, L., Leproult, R., Balbo, M., & Spiegel, K. (2010). Role of sleep duration in the regulation of glucose metabolism and appetite. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, Oct;24(5):687-702.
- Nodine, P.M., & Matthews, E.E. (2013). Common sleep disorders: management strategies and pregnancy outcomes. *J Midwifery Women's Health*, 58: 368e77.
- Okun, M.L., Schetter, C.D., Glynn, & L.M. (2011). Poor sleep quality is associated with preterm birth. *Sleep*, 34: 1493e8.
- Padez, C., Mourão, I., Moreira, P., & Rosado, V. (2009). Long sleep duration and childhood overweight/obesity and body fat. *Am J Hum Biol*, 21(3):371-6.
- Paiva, T., & Penzel, T. (2011). Centro de medicina do sono. Lidel. Lisboa.
- Picchiatti, D.L., Hensley, J.G., Bainbridge, J.L., Lee, K.A., Manconi, M., McGregor, J.A., Silver, R.M., Trenkwalder, C., Walters, A.S., & International Restless Legs Syndrome Study Group (IRLSSG).



- (2014). Consensus clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of restless legs syndrome/Willis-Ekbom disease during pregnancy and lactation. *Sleep Med Rev*, pii: S1087-0792(14)00119-1.
- Pinheiro, S.P., Schernhammer, E.S., Tworoger, S.S., & Michels, K.B. (2006). A prospective study on habitual duration of sleep and incidence of breast cancer in a large cohort of women. *Cancer Res*, 15;66(10):5521-5.
- Ramirez, J.O., Cabrera, S.A., Hidalgo, H., Cabrera, S.G., Linnebank, M., Bassetti, C.L., et al. (2013). Is preeclampsia associated with restless legs syndrome? *Sleep Med*, 14:894e6.
- Rechtschaffen, A., & Bergmann, B.M. (2002). Sleep deprivation in the rat: an update of the 1989 paper. *Sleep*, 25: 18-24.
- Redwine, L., Hauger, R.L., Gillin, J.C., & Irwin, M. (2000). Effects of sleep and sleep deprivation on interleukin-6, growth hormone, cortisol, and melatonin levels in humans. *J Clin Endocrinol Metab*, 85(10):3597-603.
- Rontoyanni, V.G., Baic, S., & Cooper, A.R. (2007). Association between nocturnal sleep duration, body fatness, and dietary intake in Greek women. *Nutrition*, 23(11-12):773-7.
- Santos, A.P., & Teixeira, C. (2014). Perturbações do sono. In Sá, M.J. (coord.) *Neurologia clínica - 2ª edição*. Edições Universidade Fernando Pessoa, 101-175.
- Savage, V.M., & West, G.B. (2007). A quantitative, theoretical framework for understanding mammalian sleep. *Proc Natl Acad Sci USA*, 16;104(3):1051-6.
- Silva, M.-R.G., & Paiva, T. (2015). *Sono, Nutrição, Ritmo Circadiano, Jet Lag e Desempenho Desportivo*. Lisboa: Federação de Ginástica de Portugal/ Instituto Português do Desporto e da Juventude I.P. ISBN: 978-989-8650-54-2.
- Spiegel, K., Knutson, K., Leproult, R., Tasali, E., & Van Cauter, E. (2005). Sleep loss: a novel risk factor for insulin resistance and type 2 diabetes. *J Appl Physiol*, 99:2008-19.
- Spiegel, K., Leproult, R., L'hermite-Balériaux, M., Copinschi, G., Penev, PD., & Van Cauter, E. (2004). Leptin levels are dependent on sleep duration: relationships with sympathovagal balance, carbohydrate regulation, cortisol, and thyrotropin. *J Clin Endocrinol Metab*, 89:5762-77.
- Spiegel, K., Luthringer, R., Follenius, M., Schaltenbrand, N., Macher, J.P., Muzet, A., & Brandenberger, G. (1995). Temporal relationship between prolactin secretion and slow-wave electroencephalic activity during sleep. *Sleep*, 18(7):543-8.
- Stickgold, R., Hobson, J.A., Fosse, R., & Fosse, M. (2001). Sleep, learning, and dreams: off-line memory reprocessing. *Science*, 2; 294(5544):1052-7.
- Taheri, S., Lin, L., Austin, D., Young, T., & Mignot, E. (2004). Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. *PLoS Med*, 1(3):e62.
- Taveras, E.M., Rifas-Shiman, S.L., Oken, E., Gunderson, E.P., & Gillman, M.W. (2008). Short sleep duration in infancy and risk of childhood overweight. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 162(4):305-11.
- Vahdat, M., Sariri, E., Miri, S., Rohani, M., Kashanian, M., Sabet, A., et al. (2013). Prevalence and associated features of restless legs syndrome in a population of Iranian women during pregnancy. *Int J Gynecol Obstetrics*, 123:46e9.
- Van Den Berg JF, Knvistingh Neven A, Tulen JH, Hofman A, Witteman JC, Miedema HM, Tiemeier, H. (2008). Actigraphic sleep duration and fragmentation are related to obesity in the elderly: the Rotterdam Study. *Int J Obes (Lond)*, 32(7):1083-90.



- Van Den Berg, J.F., Tulen, J.H., Neven, A.K., Hofman, A., Miedema, H.M., Witteman, J.C., & Tiemeier, H. (2007). Sleep duration and hypertension are not associated in the elderly. *Hypertension*, 50(3):585-9.
- Van Gool, J., van Vugt, H., Helle, M., & Aarden, L.A. (1990). The relation among stress, adrenalin, interleukin 6 and acute phase proteins in the rat. *Clin Immun Immunopathol*, 57:200 -210.
- Verkasalo, P.K., Lillberg, K., Stevens, R.G., Hublin, C., Partinen, M., Koskenvuo, M., & Kaprio, J. (2005). Sleep duration and breast cancer: a prospective cohort study. *Cancer Res*, 15;65(20):9595-600.
- Vyazovskiy, V.V., Olcese, U., Hanlon, E.C., Nir, Y., Cirelli, C., & Tononi, G. (2011). Local sleep in awake rats. *Nature*, Apr 28;472(7344):443-7.
- Wells, J.C., Hallal, P.C., Reichert, F.F., Menezes, A.M., Araújo, C.L., & Victora, C.G. (2008). Sleep patterns and television viewing in relation to obesity and blood pressure: evidence from an adolescent Brazilian birth cohort. *Int J Obes (Lond)* ;32(7):1042-9.
- Wesstrom, J., Skalkidou, A., Manconi, M., Fulda, S., Sundstrom-Poromaa, I. (2014). Prepregnancy restless legs syndrome (Willis-Ekbom disease) is associated with Perinatal depression. *J Clin Sleep Med*, 10:527e33.
- Wu, A.H., Wang, R., Koh, W.P., Stanczyk, F.Z., Lee, H.P., & Yu, M.C. (2008). Sleep duration, melatonin and breast cancer among Chinese women in Singapore. *Carcinogenesis*,29(6):1244-8. Epub 2008 Apr 30.
- Xu, H., Barnes, G.T., Yang, Q., Tan, G., Yang, D., Chou, C.J., Sole, J., Nichols, A., Ross, J.S., & Tartaglia, L.A., Chen, H. (2003). Chronic inflammation in fat plays a crucial role in the development of obesity related insulin resistance. *J Clin Invest*, 112(12): 1821-30.
- Youngsted, S.D., & Kripke, D.F. (2004). Long sleep and mortality: rationale for sleep restriction. *Sleep Medicine Reviews*, 8: 159-174.
- Youngstedt, S.D., O'Connor, P.J., & Dishman, R.K. (1997). The Effects of Acute Exercise on Sleep: A *Quantitative Synthesis Sleep*, 20(3):203-214.



## 7 - Adaptações cinemáticas da marcha ao longo da gravidez e pós-parto

Marco Branco, Liliana Aguiar, Rita Santos Rocha, Filomena Vieira e António Prieto Veloso

### 7.1. Introdução

Nos capítulos 2 e 4 foram descritas as alterações que as mulheres sofrem durante a gravidez, ao nível das alterações fisiológicas, anatómicas, antropométricas e de composição corporal. Embora estas alterações possam levar a muitas queixas de desconforto e dor nos membros inferiores, não é claro se estas provocam a mudanças no padrão do ciclo de marcha. Poucos estudos descrevem os parâmetros temporais, espaciais e da cinemática do membro inferior das grávidas, especialmente numa perspetiva longitudinal.

Foti, Davids e Bagley (2000) analisaram a cinemática tridimensional da marcha em 15 mulheres, no terceiro trimestre de gestação e um ano após o parto. Os resultados globais mostraram alterações no padrão de marcha dessas mulheres, em comparação com um grupo de não-grávidas. No padrão do grupo de grávidas, a amplitude da extensão da coxa é menor, enquanto a inclinação anterior da bacia, flexão e adução da coxofemoral são maiores. Em relação aos parâmetros temporais foram encontrados aumentos significativos no tempo de apoio duplo e uma diminuição significativa no tempo em apoio simples. Nos parâmetros espaciais os autores encontraram um aumento significativo da largura pélvica e no afastamento dos apoios.

Lymbery e Gilleard (2005) investigaram as forças de reação do apoio (FRA) e os parâmetros espaciais e temporais durante a fase de apoio do ciclo de marcha, em 13 mulheres com 38 semanas gestação e 8 semanas após o parto. Os autores concluíram que no final da gravidez, houve uma maior largura do passo e a componente mediolateral das FRA tem uma maior direção medial. Os autores sugerem que as mulheres conseguem adaptar a sua marcha de modo a maximizar a estabilidade durante a fase de apoio e de controlar o movimento mediolateral. Huang e colaboradores (2002) compararam o padrão da marcha, testando 10 mulheres grávidas, divididas em três grupos (12, 13-28 e 29-40 semanas de gestação), com um



grupo de controlo 10 nulíparas. Foram encontradas diferenças significativas entre as mulheres grávidas e não grávidas, especialmente no ângulo de abdução do joelho e nos ângulos de rotação interna do joelho e da coxofemoral. Verificaram ainda, que com o avanço da idade gestacional, as grávidas apresentaram um aumento na participação dos músculos extensores da articulação coxofemoral, adutores do joelho e uma diminuição da participação dos músculos extensores do joelho e flexores plantares do tornozelo. Segundo estes autores a coxofemoral é a principal região sujeita a carga interna, e quando associado a um alongamento excessivo dos extensores da coxa, podem causar dor sacroilíaca, pela fadiga a que estes músculos estão sujeitos.

As alterações cinemáticas da marcha entre trimestres de gestação, considerando o que acontece a estas variáveis nas diferentes fases do ciclo da marcha, foram pouco estudadas. Num estudo anterior, Branco e colaboradores (2013) descobriram que o padrão de marcha de mulheres grávidas, entre o segundo e o terceiro trimestre, alterou de tal forma que o comprimento do ciclo de marcha e o comprimento do passo direito e esquerdo diminuíram, enquanto o tempo em duplo apoio aumentou. No caso do aumento da massa na zona anterior do tronco característico da gravidez, especificamente do 2.º trimestre, este pode influenciar variáveis cinemáticas como o tempo do passo, de apoio e duplo apoio durante a marcha, a extensão máxima da anca e obliquidade e rotação transversal da pélvis (Aguiar *et al.*, 2015). Entre trimestres, a cinemática articular mostrou uma diminuição significativa da extensão e adução da coxa direita durante a fase de apoio (Branco *et al.*, 2013). Verificou-se ainda, um aumento da flexão do joelho esquerdo e uma diminuição da flexão plantar do tornozelo direito.

Estudos longitudinais englobando os três trimestres e o período pós-parto não foram encontrados e, por isso, as alterações decorrentes da gravidez não estão totalmente quantificadas. Esse facto levou-nos a questionar se existem alterações nos parâmetros cinemáticos desde o início da gravidez e, se assim for, se as mulheres são capazes de recuperar dessas alterações no período pós-parto?

O principal objetivo deste estudo foi analisar as alterações cinemáticas da marcha à medida que a gravidez avança. Caso essas alterações se confirmem, o segundo objetivo foi verificar se as mulheres, no período pós-parto, recuperam para valores iniciais correspondentes ao início da gravidez. Para atingir estes objetivos, foi necessário descrever as variáveis cinemáticas das articulações dos membros inferiores durante a marcha no final do primeiro, segundo e terceiro trimestre de gestação e no período pós-parto (Branco *et al.*, 2016).



## 7.2. Materiais e métodos

### 7.2.1. Participantes

Participaram neste estudo onze mulheres grávidas (idade:  $33,2 \pm 1,6$  anos; intervalo: 32 a 37 anos) sem histórico de trauma ou doença nos pés, tornozelos, joelhos, nos tecidos neuromusculares ou no sistema musculoesquelético. As características das participantes estão descritas na tabela 25.

**Tabela 25 - Características da amostra para o peso, índice de massa corporal (IMC) e semanas de gestação, em cada fase de recolha**

	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto
Massa corporal (kg)	$61,1 \pm 6,6$	$66,6 \pm 8,5$	$71 \pm 8,0$	$62,4 \pm 7,4$
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$22,7 \pm 2,7$	$24,7 \pm 3,6$	$26,4 \pm 3,4$	$23,2 \pm 3,3$
Semanas	$14,2 \pm 2,4$	$27,3 \pm 1$	$36,3 \pm 0,9$	$20,6 \pm 5,2$

As participantes foram recrutadas através de contacto direto e folhetos colocados em ginásios e centros de saúde, as quais se disponibilizaram para participar no estudo. Nenhuma das participantes tinha contraindicações para o exercício físico. O estudo foi aprovado pelo comité de ética da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa (FMH-UL) e todas as participantes deram consentimento informado por escrito antes da sua participação no estudo.

### 7.2.2. Recolha e processamento de dados

Os dados foram recolhidos no Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional (FMH-UL) durante as últimas semanas de cada trimestre da gravidez e uma vez no período pós-parto. Em cada sessão de recolha de dados foram registados os dados antropométricos e biomecânicos. A massa corporal e a altura foram medidas de acordo com os protocolos de avaliação antropométrica da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) (Stewart *et al.*, 2011) por antropometristas certificados pela ISAK. Estes dados antropométricos foram utilizados para calcular as propriedades inerciais dos segmentos corporais.

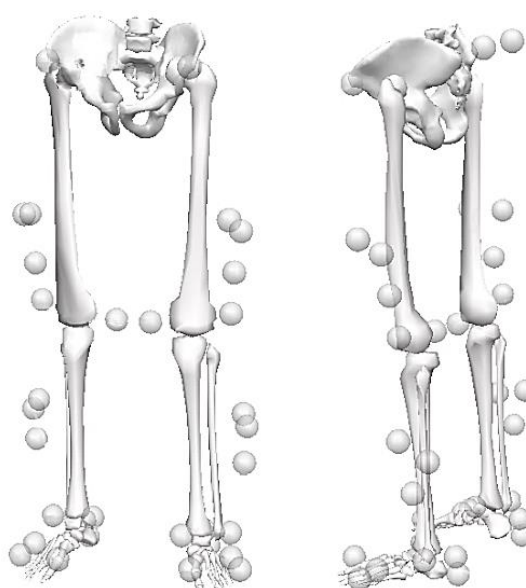
Os dados foram gravados enquanto a participante andava descalça entre dois pontos com uma distância de 10 m, em ambos os sentidos e a uma velocidade confortável durante 3 min. O piso não tinha padrões ou irregularidades específicas e as participantes não tinham



conhecimento da localização das plataformas de força, que estavam colocadas a meio da distância definida. As participantes familiarizaram-se com o laboratório e durante as recolhas nenhuma ocorrência de fadiga foi relatada. Para a análise foram considerados os últimos quatro ciclos de marcha realizados por cada participante.

A colocação dos marcadores refletos seguiu os protocolos recomendados por Cappozzo e colaboradores (1997) para os segmentos dos membros inferiores e CODA (Charnwood Dynamics Ltd, Leicestershire, Reino Unido) para o modelo do segmento da bacia. Foram feitos dois tipos de recolhas: estáticas e dinâmicas. Na recolha estática para reconstrução do modelo do pé, foram colocados marcadores refletos na cabeça do quinto metatarso, na cabeça do primeiro metatarso, no topo proximal posterior do calcâneo, o topo distal posterior do calcâneo e na parte superior lateral do calcâneo. Para a construção do modelo da perna, os marcadores foram colocados no maléolo lateral, maléolo medial, epicôndilo lateral e medial do fémur e foi colocada uma placa com três marcadores na região lateral da perna. Para a construção do modelo da coxa, os marcadores foram colocados no epicôndilo lateral e medial do fémur e foi colocada uma placa com três marcadores na região lateral da coxa (figura 12). Para definir o modelo CODA da bacia, os marcadores foram colocados na espinha ilíaca ântero-superior e na espinha ilíaca pósterio-superior. O modelo da bacia permitiu a estimativa do centro articular da coxofemoral direita e esquerda, com a equação de regressão proposta por Bell e colaboradores (Bell *et al.*, 1989; Bell *et al.*, 1990). Para que a execução da tarefa não fosse constrangida pelos marcadores refletos, nas recolhas dinâmicas foram retirados vários marcadores, ficando pelo menos três marcadores em cada segmento permitindo a reconstrução do segmento.

O deslocamento angular da bacia, coxofemoral, joelho e tornozelo foi calculado com o software Visual 3D (V3D) (C-Motion Inc., Germantown, EUA) através da aplicação do método de Cardan-Euler.



**Figura 12 - Vista anterior e lateral do modelo biomecânico reconstruído no Visual 3D com a configuração dos marcadores utilizados na captura do movimento**

Os dados cinemáticos e cinéticos foram recolhidos através de 12 câmaras de infravermelhos de alta velocidade (Oqus-300, Qualisys, Suécia; FR: 200 Hz), duas plataformas de força Kistler (Kistler AG, Winterthur, Suíça) e uma plataforma de força AMTI (Advanced Technology Mecânica, Inc., Watertown, EUA), a uma frequência de captura de 1000 Hz. Os equipamentos de captura foram ligados ao módulo de aquisição analógica USB *Qualisys*, a fim de sincronizar os dados cinéticos e cinemáticos com o *software Qualisys Track Manager* (QTM; Qualisys AB, Gotemburgo, Suécia). Ambas as sequências de dados foram gravadas no mesmo ficheiro. O sistema foi calibrado com uma vara em forma de “T”, com um comprimento exato de 751,4 mm, movida aleatoriamente em toda a área de realização da tarefa antes da recolha de dados de cada participante. A recolha só era realizada se na calibração o desvio-padrão das medidas de comprimento da varinha fosse inferior a 0,5 mm. As câmaras foram posicionadas estaticamente para minimizar artefactos de reflexão de luz e para permitir a gravação de pelo menos dois ciclos de marcha consecutivos, definidos como o tempo entre dois contactos consecutivos do calcanhar no solo, para cada um dos lados.

Foi realizada uma análise tridimensional incluindo ambos os lados do corpo. A trajetória dos marcadores refletivos foi suavizada com um filtro passa-baixo do tipo *Butterworth*, com uma frequência de corte de 10 Hz para os dados cinemáticos e para os dados cinéticos, como sugerido por Robertson e Dowling (2003). Os dados recolhidos foram interpolados por meio de um algoritmo do tipo *cubic spline* como sugerido por Robertson e colaboradores (2014), para um intervalo máximo de 10 quadros de imagem. Todos os dados foram normalizados no tempo.



Considerando as quatro fases em análise, as curvas do padrão cinemático foram estimadas em relação ao ciclo de marcha. Os ciclos de marcha, em ambos os lados, foram definidos com base nos dados das FRA e no reconhecimento dos padrões de posição dos marcadores dos calcâneos, seguido por uma correção manual caso fosse necessário. As curvas de dados e os picos angulares foram estimados, para os lados esquerdo e direito, com o *software* Visual 3D. Os ângulos articulares dos membros inferiores e os parâmetros espaciais e temporais durante o ciclo da marcha foram calculados através do V3D, nos seus diferentes eixos.

Nas três fases de gestação e no pós-parto, as seguintes variáveis foram analisadas no plano sagital:

- a inclinação da bacia, definida por dois picos que representam a inclinação máxima anterior ocorrendo na fase de apoio terminal e a inclinação mínima anterior, que ocorre na fase de balanço intermédio;
- na articulação coxofemoral foram considerados dois picos, o primeiro representando a extensão máxima da coxofemoral que ocorre na fase de abandono do pé do solo, e o segundo pico alguns instantes antes do calcanhar tocar no solo, representando a máxima flexão da coxofemoral;
- na articulação do joelho foram considerados quatro picos, o primeiro na fase de aceitação do peso e representa uma ligeira flexão do joelho que absorve o contacto com o solo; o segundo pico representa uma ligeira extensão do joelho durante a fase de apoio terminal; o terceiro pico ocorre na fase balanço inicial representando a flexão máxima do joelho; e o quarto pico representa a extensão máxima do joelho e ocorre na fase de balanço terminal;
- na articulação do tornozelo foram considerados quatro picos, o primeiro acontece durante a fase de aceitação do peso, após o impacto do calcanhar no solo, com uma diminuição da flexão dorsal do pé; o segundo pico ocorre na fase terminal do apoio e representa a máxima dorsiflexão do pé; o terceiro pico indica a máxima flexão plantar na fase de pré-balanço; e o quarto pico ocorre na fase balanço intermédio e representa a flexão dorsal do pé, em preparação para o contacto do pé com o solo.

As seguintes variáveis foram analisadas no plano frontal:

- na inclinação lateral da bacia, foram considerados dois picos, o primeiro representando a máxima elevação da bacia durante a fase de apoio intermédio; e o segundo pico que ocorre na fase de balanço inicial e representa a máxima descida da bacia;
- na articulação da coxofemoral foram considerados dois picos, o primeiro na fase de apoio intermédio que representa o valor máximo de adução da coxa; e o segundo pico na fase de balanço inicial, que representa o valor máximo de abdução da coxa;



- na articulação do tornozelo foram considerados quatro picos, o primeiro na fase de apoio terminal representando a máxima eversão do tornozelo; o segundo pico representa o valor máximo de inversão do tornozelo durante a fase de pré-balanço; o terceiro pico ocorre na fase de balanço intermédio, perto da posição neutra; e o quarto pico ocorre na fase terminal de balanço.

As seguintes variáveis foram analisadas no plano transversal:

- na rotação da bacia, foram considerados dois picos, o primeiro representando a máxima rotação esquerda da bacia durante a fase de apoio intermédio; e o segundo pico que ocorre na fase de balanço inicial e representa a máxima rotação direita da bacia;
- na articulação coxofemoral dois picos foram considerados, o primeiro representando o valor máximo de rotação interna da coxa, que ocorrem na fase de pré-balanço; e o segundo pico corresponde ao valor máximo de rotação externa e ocorre na fase terminal de balanço;
- na articulação do tornozelo foram considerados dois picos, o primeiro na fase de aceitação do peso, representando uma ligeira abdução do pé, e o segundo pico na fase balanço intermédio com o pico máximo de abdução do pé.

As seguintes variáveis espaciais e temporais foram analisadas: velocidade, tempo do ciclo, tempo do passo direito e esquerdo, tempo em duplo apoio, tempo em apoio direito e o esquerdo, tempo de balanço do membro direito e esquerdo, comprimento do passo direito e esquerdo, comprimento do ciclo e largura dos apoios.

### 7.2.3. Análise estatística

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com *software IBM SPSS Statistics* versão 22 para Windows. O teste de *Shapiro-Wilk* foi realizado para testar a normalidade e não foi assumida para todos os casos. O teste de esfericidade de *Mauchly* foi realizado antes da análise da variância de medidas repetidas e a esfericidade também não foi assumida em todos os casos. O teste de *Bonferroni* com base na estatística de *t-Student* foi utilizado como teste *post-hoc*, e o nível de significância observado foi ajustado para serem consideradas múltiplas comparações. Quando o conjunto de dados não cumpria os pressupostos para a análise de medidas repetidas, foi realizado o teste de *Friedman*, e para a análise emparelhada foi realizado o teste de *Wilcoxon*. Neste caso, foi aplicado o intervalo de confiança com ajustamento de *Bonferroni* para permitir uma adaptação dos intervalos de confiança e valores de significância para as múltiplas comparações.



## 7.3. Resultados

### 7.3.1. Parâmetros espaciais e temporais

O efeito longitudinal da gravidez não foi observado em nenhum dos parâmetros espacial ou temporal (tabela 26), em relação aos resultados dos testes estatísticos.

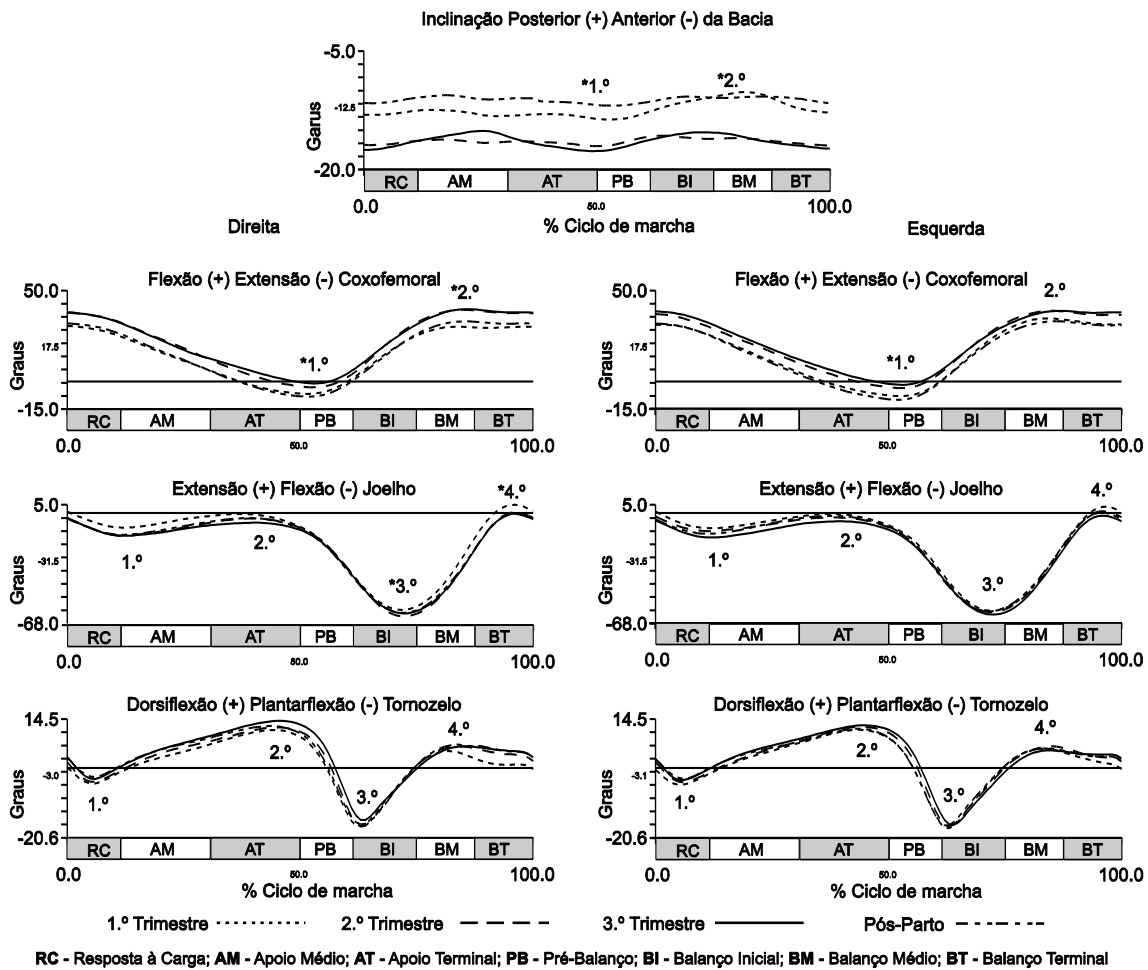
**Tabela 26 - Parâmetros espaciais e temporais (média  $\pm$  desvio padrão) da marcha durante a gravidez e no pós-parto (N=11)**

	Primeiro Trimestre	Segundo Trimestre	Terceiro Trimestre	Pós-Parto
	Média $\pm$ D.P.	Média $\pm$ D.P.	Média $\pm$ D.P.	Média $\pm$ D.P.
Velocidade (m/s)	1,215 $\pm$ 0,182	1,222 $\pm$ 0,164	1,154 $\pm$ 0,165	1,267 $\pm$ 0,226
Comprimento passo direito (m)	0,638 $\pm$ 0,067	0,642 $\pm$ 0,059	0,626 $\pm$ 0,053	0,653 $\pm$ 0,077
Comprimento passo esquerdo (m)	0,639 $\pm$ 0,064	0,640 $\pm$ 0,056	0,620 $\pm$ 0,056	0,649 $\pm$ 0,071
Comprimento do ciclo(m)	1,277 $\pm$ 0,131	1,282 $\pm$ 0,113	1,246 $\pm$ 0,107	1,301 $\pm$ 0,147
Largura dos apoios (m)	0,089 $\pm$ 0,024	0,096 $\pm$ 0,028	0,103 $\pm$ 0,029	0,095 $\pm$ 0,026
Tempo do ciclo (s)	1,058 $\pm$ 0,069	1,056 $\pm$ 0,065	1,089 $\pm$ 0,076	1,039 $\pm$ 0,081
Tempo do passo direito (s)	0,531 $\pm$ 0,036	0,525 $\pm$ 0,031	0,542 $\pm$ 0,041	0,515 $\pm$ 0,040
Tempo do passo esquerdo (s)	0,527 $\pm$ 0,035	0,535 $\pm$ 0,036	0,544 $\pm$ 0,036	0,524 $\pm$ 0,044
Tempo em duplo apoio (s)	0,201 $\pm$ 0,038	0,205 $\pm$ 0,033	0,220 $\pm$ 0,035	0,198 $\pm$ 0,045
Tempo em apoio direito (s)	0,628 $\pm$ 0,053	0,636 $\pm$ 0,050	0,656 $\pm$ 0,053	0,620 $\pm$ 0,067
Tempo em apoio esquerdo (s)	0,631 $\pm$ 0,052	0,622 $\pm$ 0,048	0,652 $\pm$ 0,055	0,616 $\pm$ 0,060
Tempo em balanço direito (s)	0,429 $\pm$ 0,022	0,425 $\pm$ 0,021	0,434 $\pm$ 0,028	0,419 $\pm$ 0,021
Tempo em balanço esquerdo (s)	0,428 $\pm$ 0,019	0,430 $\pm$ 0,023	0,436 $\pm$ 0,023	0,424 $\pm$ 0,021

Embora estes parâmetros não apresentem alterações estatisticamente significativas, mostram um ligeiro aumento durante a gravidez, especialmente para o tempo de duplo apoio, tempo do passo esquerdo, tempo em apoio simples e no tempo de balanço esquerdo. Nos parâmetros espaciais apenas a largura dos apoios mostrou um pequeno aumento de 0,7 cm do primeiro para o segundo trimestre e do segundo para o terceiro trimestre.

### 7.3.2. Cinemática articular no plano sagital

Foi observado um efeito longitudinal da gravidez na cinemática articular do plano sagital, verificado em todos os dados angulares de todas as articulações dos membros inferiores (figura 13).



**Figura 13 - Deslocamento angular médio das articulações dos membros inferiores direito e esquerdo, no plano sagital**

As estatísticas descritivas das fases da gravidez em análise e os níveis de significância nas comparações *post-hoc* são apresentados na tabela 27. Um efeito significativo da gravidez foi observado em todas as articulações do membro inferior, com exceção para a articulação coxofemoral.

Entre o primeiro e segundo trimestre o membro inferior direito mostrou um aumento significativo na flexão máxima do joelho (terceiro pico) com uma diferença média de 3,1 graus e uma diminuição significativa da máxima extensão do joelho (quarto pico), com uma diferença de 4,2 graus. A articulação da coxofemoral mostrou uma diminuição significativa da extensão, no primeiro pico do segundo trimestre e do terceiro trimestre para o período pós-parto, um decréscimo de 5,6 e 7,3 graus, respetivamente.



**Tabela 27 - Média e desvio padrão dos picos do deslocamento angular e respectivos níveis de significância das comparações emparelhadas, com alterações significativas no plano sagital**

Articulação	Lado	Pico	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto	p
Tornozelo	Direita	1.º	-4,374 ± 2,682	-4,436 ± 2,559	-3,687 ± 2,646	-3,102 ± 4,081	ns
		2.º	12,087 ± 3,321	12,266 ± 3,066	13,933 ± 3,596	12,906 ± 3,474	ns
		3.º	-18,743 ± 4,842	-18,523 ± 4,788	-16,983 ± 5,140	-17,999 ± 6,399	ns
		4.º	5,748 ± 1,979	7,040 ± 1,478	6,914 ± 2,349	7,573 ± 2,562	ns
	Esquerda	1.º	-5,012 ± 3,595	-4,304 ± 3,548	-4,159 ± 4,314	-4,130 ± 4,019	ns
		2.º	12,154 ± 3,221	12,702 ± 2,137	13,164 ± 2,681	12,075 ± 2,053	ns
		3.º	-18,565 ± 6,002	-17,564 ± 6,130	-17,516 ± 4,610	-19,382 ± 6,693	ns
		4.º	6,686 ± 2,605	7,181 ± 3,441	6,316 ± 2,045	6,072 ± 2,877	ns
Joelho	Direita	1.º	-10,571 ± 9,264	-12,955 ± 10,100	-13,931 ± 8,366	-13,545 ± 10,759	ns
		2.º	0,757 ± 4,702	-2,419 ± 4,785	-4,474 ± 6,243	-0,373 ± 6,698	ns
		3.º	-60,456 ± 3,540	-63,552 ± 3,931	-60,553 ± 10,845	-61,625 ± 3,720	a) 0,004
		4.º	4,876 ± 6,836	0,699 ± 6,532	-0,003 ± 5,708	1,314 ± 6,826	a) 0,029
	Esquerda	1.º	-10,167 ± 12,038	-13,079 ± 9,515	-15,083 ± 9,773	-12,073 ± 12,066	ns
		2.º	0,877 ± 4,708	-1,618 ± 5,364	-3,771 ± 6,219	1,325 ± 5,649	ns
		3.º	-61,254 ± 4,239	-61,099 ± 3,843	-62,938 ± 3,288	-60,647 ± 3,587	ns
		4.º	4,019 ± 7,640	1,083 ± 7,857	-0,608 ± 8,652	2,582 ± 8,408	ns
Coxofemoral	Direita	1.º	-6,907 ± 5,061	-3,171 ± 5,576	-1,451 ± 6,546	-8,785 ± 6,385	e) 0,033 f) 0,025
		2.º	33,082 ± 4,781	39,326 ± 3,576	40,204 ± 3,861	34,031 ± 6,686	a) 0,003 b) 0,002 e) 0,039 f) 0,027
	Esquerda	1.º	-8,099 ± 5,486	-3,391 ± 6,497	-1,906 ± 5,734	-10,022 ± 6,209	a) 0,004 b) 0,005 f) 0,003
		2.º	35,759 ± 4,557	39,235 ± 3,630	40,372 ± 5,047	34,199 ± 8,335	ns
Bacia	1.º	-14,298 ± 3,134	-17,267 ± 3,615	-17,979 ± 3,726	-12,664 ± 5,727	a) 0,013 b) 0,013 e) 0,010 f) 0,004	
	2.º	-9,547 ± 5,944	-15,425 ± 3,619	-14,659 ± 4,100	-10,523 ± 5,551	a) 0,033 b) 0,050	

Legenda: a) diferenças significativas entre o 1.º e 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre o 1.º e 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre o 2.º e 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre o 1.º trimestre e pós-parto; e) diferenças significativas entre o 2.º trimestre e pós-parto; f) diferenças significativas entre 3.º trimestre e pós-parto; ns: não significativo. As unidades estão em graus.

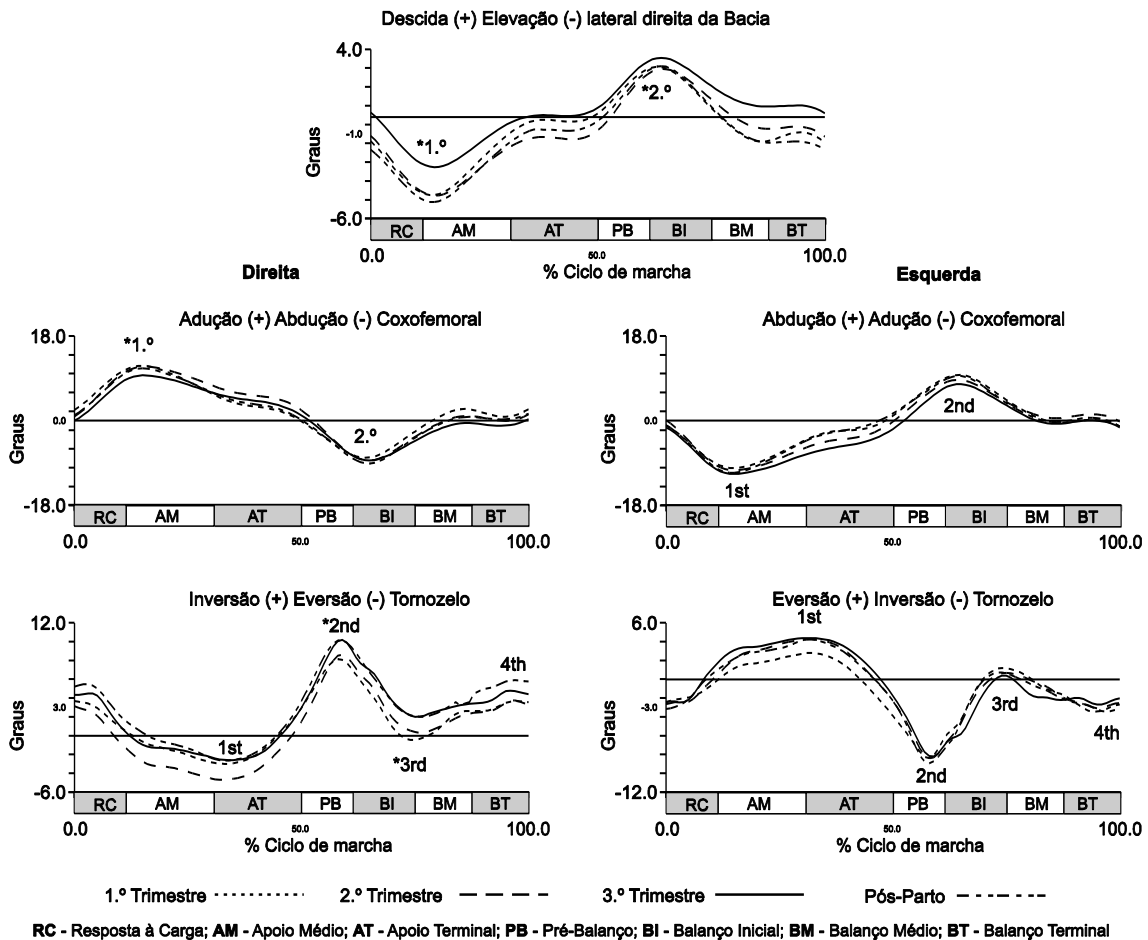
O segundo pico da articulação coxofemoral direita mostrou um aumento significativo na flexão do primeiro para a segundo trimestre e do segundo para a terceiro trimestre, e ainda do segundo e terceiro trimestre para o período pós-parto, com valores que aumentaram mais de cinco graus na no final da gravidez. No segmento da bacia, foram encontradas alterações significativas entre o primeiro e os segundo e terceiro trimestres, com aumento de 2,97, 3,68, 4,6 e 5,31 graus, respectivamente para o primeiro pico, e acima de cinco graus para o segundo pico. Entre o segundo e o terceiro trimestre e entre os períodos de gravidez e pós-parto,



verificou-se respetivamente uma diminuição significativa na inclinação anterior da bacia de 4,6 e 5,31 graus no primeiro pico.

### 7.3.3. Cinemática articular no plano frontal

No plano frontal, verificou-se que a gravidez influencia os valores angulares das articulações dos membros inferiores (figura 14).



**Figura 14 - Deslocamento angular médio das articulações dos membros inferiores direito e esquerdo, no plano frontal**

As estatísticas descritivas das fases de recolha e respetivos níveis de significância dos testes *post-hoc* estão apresentados na tabela 28. A maioria das variáveis não apresentou quaisquer alterações durante a gravidez e pós-parto, com exceção para o segundo e terceiro pico do tornozelo, o primeiro pico da coxofemoral e o segundo pico da bacia.

As alterações entre o primeiro e o terceiro trimestre da gravidez no segundo e terceiro pico do tornozelo foram subtis mas significativos, com um aumento de 3 graus na inversão do



tornozelo para o final da gravidez e 2,45 graus entre o primeiro trimestre e período pós-parto.

**Tabela 28 - Média e desvio padrão dos picos do deslocamento angular e respectivos níveis de significância das comparações emparelhadas, com alterações significativas no plano frontal**

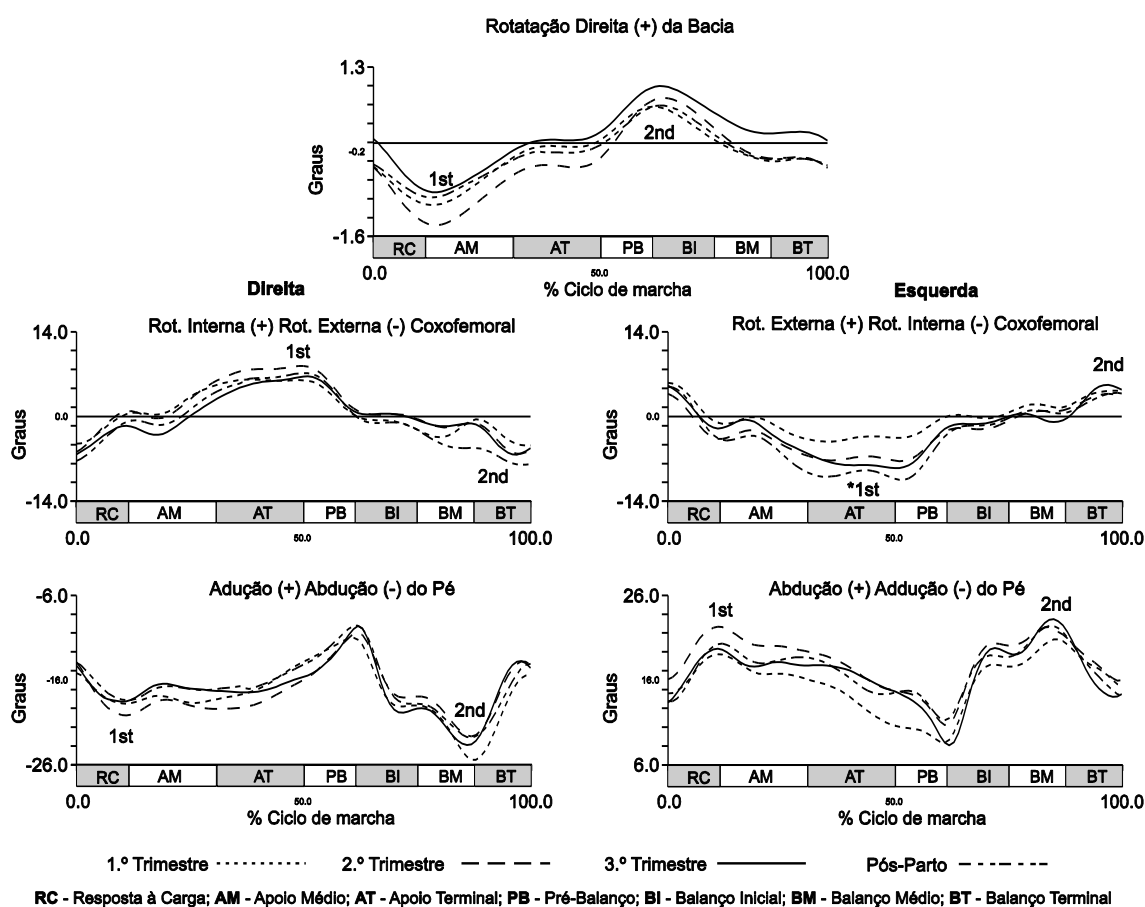
Articulação	Lado	Pico	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto	p
Tornozelo	Direita	1.º	-3,026 ± 3,293	-5,363 ± 3,862	-3,159 ± 2,679	-3,555 ± 3,189	ns
		2.º	9,190 ± 3,753	10,288 ± 4,884	12,381 ± 4,277	11,643 ± 2,223	b) 0,021 d) 0,021
		3.º	-1,017 ± 3,059	0,096 ± 3,561	1,946 ± 3,519	0,274 ± 2,424	b) 0,043
		4.º	4,890 ± 3,455	4,173 ± 4,100	5,922 ± 2,620	6,070 ± 2,597	ns
	Esquerda	1.º	-3,564 ± 2,043	-4,396 ± 1,860	-4,948 ± 1,880	-5,143 ± 2,672	ns
		2.º	9,647 ± 3,855	9,651 ± 6,160	9,515 ± 3,050	10,480 ± 4,568	ns
		3.º	-1,559 ± 2,781	-0,909 ± 3,976	-0,496 ± 2,589	-1,469 ± 3,725	ns
		4.º	4,443 ± 2,431	3,925 ± 3,397	3,722 ± 2,513	4,258 ± 2,675	ns
Coxofemoral	Direita	1.º	11,808 ± 2,107	12,190 ± 2,094	9,752 ± 1,752	11,685 ± 3,613	b) 0,013
		2.º	-8,611 ± 4,013	-8,399 ± 3,828	-8,489 ± 3,422	-9,942 ± 4,045	ns
	Esquerda	1.º	10,635 ± 3,594	10,261 ± 3,864	11,409 ± 2,773	11,376 ± 2,537	ns
		2.º	-9,379 ± 3,769	-8,891 ± 3,156	-7,954 ± 4,022	-9,869 ± 4,801	ns
Bacia	1.º	-4,545 ± 1,551	-4,869 ± 1,605	-2,849 ± 1,654	-5,106 ± 1,757	f) 0,021	
	2.º	3,398 ± 2,365	2,790 ± 1,979	3,621 ± 1,478	3,478 ± 1,826	a) 0,033 b) 0,050	

Legenda: a) diferenças significativas entre o 1.º e 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre o 1.º e 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre o 2.º e 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre o 1.º trimestre e pós-parto; e) diferenças significativas entre o 2.º trimestre e pós-parto; f) diferenças significativas entre 3.º trimestre e pós-parto; ns: não significativo. As unidades estão em graus.

A articulação coxofemoral mostrou uma ligeira diminuição de 2 graus na adução entre o primeiro e terceiro trimestre. No segmento da bacia verificou-se um ligeiro decréscimo de 0,61 graus na elevação lateral direita entre o primeiro e segundo trimestre e um ténue aumento de 0,22 graus entre o primeiro e terceiro trimestre.

### 7.3.4. Cinemática articular no plano transversal

A análise estatística dos dados angulares no plano transversal (figura 15) mostram que estes são influenciados pela fase gravidez em que se encontram. As estatísticas descritivas das fases de recolha e do respetivo nível de significância de comparações *post-hoc* são apresentados na tabela 29.



**Figura 15 - Deslocamento angular médio das articulações dos membros inferiores direito e esquerdo, no plano transversal**

**Tabela 29 - Média e desvio padrão dos picos do deslocamento angular e respectivos níveis de significância das comparações emparelhadas, com alterações significativas no plano transversal**

Articulação	Lado	Pico	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto	p
Tornozelo	Direita	1.º	-18.972 ± 9.212	-22.035 ± 8.202	-19.899 ± 5.836	-19.414 ± 6.781	ns
		2.º	-24.589 ± 8.447	-24.086 ± 6.598	-25.024 ± 6.807	-22.925 ± 5.605	ns
	Left	1.º	-20.048 ± 9.942	-23.710 ± 6.733	-21.031 ± 7.631	-24.072 ± 10.701	ns
		2.º	-23.763 ± 9.071	-24.983 ± 4.931	-24.405 ± 6.062	-24.779 ± 8.724	ns
Coxofemoral	Esquerda	1.º	5.957 ± 5.023	10.437 ± 6.833	7.848 ± 5.082	7.504 ± 5.510	ns
		2.º	-8.202 ± 6.235	-5.662 ± 5.325	-7.358 ± 6.201	-8.685 ± 5.057	ns
	Esquerda	1.º	6.180 ± 3.908	8.555 ± 5.461	9.480 ± 6.503	11.486 ± 8.603	a) 0.003 b) 0.006 e) 0.004 f) 0.003
		2.º	-7.610 ± 6.253	-5.984 ± 6.918	-6.537 ± 5.481	-5.890 ± 7.769	ns
Bacia	1.º	-1.053 ± 0.406	-1.484 ± 0.660	-0.825 ± 0.526	-0.997 ± 0.506	ns	
	2.º	0.758 ± 0.582	0.741 ± 0.579	1.018 ± 0.446	0.731 ± 0.597	ns	

Legenda: a) diferenças significativas entre o 1.º e 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre o 1.º e 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre o 2.º e 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre o 1.º trimestre e pós-parto; e) diferenças significativas entre o 2.º trimestre e pós-parto; f) diferenças significativas entre 3.º trimestre e pós-parto; ns: não significativo. As unidades estão em graus.



De um modo geral, os movimentos angulares das articulações dos membros inferiores permanecem semelhantes durante a gravidez e no período pós-parto, com exceção para a articulação coxofemoral.

O primeiro pico da articulação coxofemoral no plano transversal mostrou um ligeiro aumento, mas significativo, na rotação interna da coxa do primeiro para o segundo e terceiro trimestre. Do segundo e terceiro trimestre para o pós-parto, continuou a haver um aumento significativo, entre os dois e os três graus de rotação interna.

## 7.4. Discussão

O principal objetivo deste estudo longitudinal foi descrever as alterações nos parâmetros biomecânicos da marcha durante a gravidez e no período pós-parto. Foi realizada uma análise cinemática tridimensional e uma análise dos parâmetros temporais e espaciais durante a marcha. A hipótese de que esses parâmetros são influenciados pelo curso da gravidez é rejeitada para as variáveis espaciais e temporais, tendo sido aceites para as variáveis cinemáticas nos três planos de movimento.

No nosso estudo anterior (Branco *et al.*, 2013) e em Foti e colaboradores (2000) foram encontrados valores mais elevados na largura do passo e no tempo em duplo apoio para o terceiro trimestre quando comparado, respetivamente, com os valores encontrados no pós-parto ou no grupo controlo e são em grande parte influenciados pela fase da gravidez em que as participantes estão. No entanto, mesmo sem alterações significativas neste estudo, a largura dos apoios foi 1,4 cm maior no terceiro trimestre do que no início da gravidez, diminuindo no pós-parto. O tempo em duplo apoio também apresenta a forma de U invertido, com um aumento de 0,17 segundos entre o primeiro e o terceiro trimestre e uma diminuição do terceiro trimestre para o pós-parto de 0,20 segundos, o que parece indicar o mesmo comportamento que a literatura. Uma possível explicação para discrepâncias nos resultados entre o nosso estudo e literatura pode ser apontado ao tamanho da amostra.

Os parâmetros cinemáticos nos três planos de movimento são influenciados pela gravidez, verificando-se desvios em vários dados angulares das articulações dos membros inferiores à medida que a gestação avança. No plano sagital as articulações do joelho, coxofemoral e o segmento da bacia apresentam as principais alterações durante a gravidez. Existem poucos estudos na literatura que se referem a alterações do joelho durante a gravidez e no pós-parto. Os nossos resultados estão em linha com Carpes e colaboradores (2008) e com o nosso estudo anterior (Branco *et al.*, 2013), que encontraram um aumento significativo na flexão do



joelho na fase terminal do apoio. Além destas alterações, foi encontrado também uma diminuição na extensão do joelho durante a fase de balanço, o que pode ser o resultado de uma menor participação dos extensores do joelho. Segundo Huang e colaboradores (2002), estas alterações podem estar associadas a dores na região lombopélvica, referida por mulheres grávidas, especificamente com a dor sacroilíaca.

A articulação coxofemoral tem sido referenciada na literatura como a articulação em que ocorrem mais alterações no final da gravidez. Neste estudo, foi encontrado um aumento da flexão da coxa durante a fase de apoio, também referenciado por estudos anteriores (Branco *et al.*, 2013; Foti *et al.*, 2000; Hagan & Wong, 2010), deixando de existir efetivamente um pico de extensão da coxa durante a fase de pré-balanço.

Os resultados publicados sobre a bacia são consistentes entre estudos, mostrando um aumento da inclinação anterior de cerca de cinco graus durante todo o ciclo da marcha (Foti *et al.*, 2000; Hagan & Wong, 2010). Neste estudo, além de se verificar o aumento significativo na inclinação anterior, discriminamos que este aumento ocorre entre o primeiro e segundo trimestre e permaneceu semelhante entre o segundo e o terceiro trimestre, como observado anteriormente (Branco *et al.*, 2013). Esta posição da bacia parece concordar com as alterações morfológicas já realizadas pelas mulheres grávidas, no final do segundo trimestre, onde existe um aumento do volume abdominal e do peso do feto, que nesta fase atinge cerca de 40% do seu peso final (Whitcome *et al.*, 2007), associado a uma menor capacidade de produção de força pelo músculo reto abdominal. No entanto, Foti e colaboradores (2000) afirmam que a função da inclinação anterior da bacia, combinada com um aumento da lordose lombar tem a função manter o corpo na posição vertical. Após o parto, entre o quarto e sexto mês, há uma redução significativa da inclinação anterior, para valores semelhantes aos encontrados no primeiro trimestre, o que parece ser um indicador da recuperação da posição da bacia no pós-parto. Facto que também foi observado entre a gravidez e o pós-parto (Branco *et al.*, 2013; Foti *et al.*, 2000; Hagan & Wong, 2010).

Em relação ao plano sagital, os resultados confirmaram que os dados mostram desvios angulares associados com a gravidez e são recuperados no período pós-parto.

A influência da fase da gravidez nos dados angulares é verificada para o plano frontal, revelando alterações significativas na articulação do tornozelo, coxofemoral e no segmento da bacia. Poucos estudos analisaram as alterações no plano frontal. Gillear (2013) encontrou uma redução na amplitude da elevação unilateral da bacia. Neste estudo, durante a fase de apoio intermédio, houve um aumento da magnitude da descida da bacia do terceiro trimestre para o pós-parto. Durante a saída do pé do solo, a bacia mostra uma ligeira diminuição da elevação lateral entre o primeiro e o segundo trimestre e um aumento da elevação lateral



entre o primeiro e o terceiro trimestre. Ambos os resultados sugerem que, no final da gravidez, a dinâmica dos dois picos angulares da bacia está relacionada com a tentativa de controlar o momento angular do tronco causado pelo aumento do seu momento de inércia (Gilleard, 2013). Na articulação coxofemoral, este estudo mostrou uma diminuição na adução da coxa durante a fase apoio intermédio, entre o primeiro e o terceiro trimestre. Num estudo anterior Branco e colaboradores (2013), encontraram resultados semelhantes entre o segundo e o terceiro trimestre e, entre as mulheres grávidas e não grávidas. No entanto, Foti e colaboradores (2000) apontam para um resultado contraditório, mostrando um aumento da adução da coxa entre as participantes no final da gravidez e um ano após o parto. No estudo anterior de Branco e colaboradores (2013), articulação do tornozelo não mostrou quaisquer alterações no plano frontal. Neste estudo, no entanto, existem alterações significativas na fase de pré-balanço, com um aumento da inversão do tornozelo do primeiro para o terceiro trimestre e para o período pós-parto, mostrando que este parâmetro não recupera e, continua aumentado pelo menos até seis meses após o parto.

A inversão do tornozelo entre o primeiro e o terceiro trimestre continua significativamente aumentado até à fase de balanço intermédio, mostrando que tanto nas fases de apoio como nas fases de balanço, a mulher grávida mantém uma inversão do pé maior durante a gravidez. Uma vez que as mudanças ocorrem apenas entre o primeiro e terceiro trimestre e permanecem no pós-parto, justificando o facto de não ter sido encontrado em estudos anteriores, que só estudaram as mulheres a partir do final do segundo trimestre.

No plano frontal, a hipótese de que os dados mostram desvios angulares associados à gravidez é aceite para as variáveis acima referidas. No entanto, a hipótese de que estas variáveis retomam os valores encontrados no início da gravidez não é aceite apenas para a inversão do tornozelo, que se mantém aumentado até ao período pós-parto.

Os parâmetros cinemáticos no plano transversal permanecem praticamente inalterados durante a gravidez e o pós-parto, no entanto, há um aumento da rotação interna da coxa do primeiro para o segundo e terceiro trimestre. No período pós-parto, verifica-se uma rotação interna aumentada durante a fase de terminal de apoio. De acordo com o *Instituto Los Amigos Education Research Inc. et al.* (2001), a rotação interna da coxa durante o apoio simples, está associado com uma contratatura dos músculos rotadores internos, a uma anteversão do colo do fémur ou, à intenção de aumentar a estabilidade do joelho, que conduz a um apoio do pé em rotação interna, dificultando o avanço para a frente, aumentando a pressão sobre a face lateral da articulação do joelho. No que diz respeito ao plano transversal, a hipótese de que os dados mostram desvios angulares associados à gravidez é rejeitado para a maioria das variáveis, com exceção para a rotação interna da coxa. Esta



variável, no entanto, não retorna aos valores de iniciais da gravidez, rejeitando por isso essa hipótese, a qual permanece aumentada até à última fase de recolha.

## 7.5. Considerações finais

Este estudo seguiu um desenho experimental do tipo longitudinal descritivo, em que as mulheres grávidas foram avaliadas nos primeiro, segundo e terceiro trimestres da gravidez e também no período pós-parto. A análise da marcha mostrou que a gravidez influencia as variáveis cinemáticas das articulações dos membros inferiores. A bacia e a articulação coxofemoral são os segmentos que experienciam maiores alterações ao longo da gravidez. No plano sagital, as alterações indicam que a mulher tem um maior cuidado na progressão anterior do corpo. No entanto, os dados espaciais e temporais não revelaram alterações significativas ao longo do ciclo da marcha.

Nos restantes planos do movimento, há uma menor amplitude das ações motoras, que parecem indicar maiores restrições ao movimento. De um modo geral, os resultados retomam valores semelhantes aos do início da gestação, indicando que o corpo se auto-organiza de modo a superar as alterações morfológicas e fisiológicas que as mulheres sofrem durante a gravidez e que têm a capacidade de se adaptar de acordo com as exigências que vão surgindo ao longo desta fase da vida. Outras questões podem ser levantadas por estes resultados, em especial se essas alterações cinemáticas trazem uma sobrecarga ao sistema músculo-esquelético da mulher grávida e a sua associação com dor na região lombopélvica.

## 7.6. Referências bibliográficas

- ACOG - American College of Obstetricians and Gynecologists (2010). Your pregnancy and childbirth: month to month. (5<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: American College of Obstetricians and Gynecologists.
- Aguiar, L., Santos-Rocha, R., Andrade, C., Branco, M., Vieira, F., & Veloso, A.P. (2015). Comparison between overweight due to pregnancy and due to added weight to simulate body mass distribution in pregnancy. *Gait & Posture*; 42(4): 511-17. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.07.065
- Bell, A.L., Brand, R.A., & Pedersen, D.R. (1989). Prediction of hip-joint center location from external landmarks. *Human Movement Science*; 8(1):3-16. doi:http://dx.doi.org/10.1016/0167-9457(89)90020-1
- Bell, A.L., Pedersen, D.R., & Brand, R.A. (1990). A comparison of the accuracy of several hip center location prediction methods. *Journal of Biomechanics*; 23(6):617-21. doi: 10.1016/0021-9290(90)90054-7



- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A.P. (2013). Kinematic analysis of gait in the second and third trimesters of pregnancy. *Journal of Pregnancy*; 718095. doi: 10.1155/2013/718095
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A. (2016). Three-dimensional Kinematic adaptations of gait throughout pregnancy and post-partum. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*; 18(2). doi: 10.5277/ABB-00418-2015-05
- Cappozzo, A., Cappello, A., DellaCroce, U., & Pensalfini, F. (1997). Surface-marker cluster design criteria for 3-D bone movement reconstruction. *Ieee Transactions on Biomedical Engineering*; 44(12): 1165-74. doi:10.1109/10.649988
- Carpes, F., Griebeler, D., Kleinpaul, J., Mann, L., & Mota, C. (2008). Women able-bodied gait kinematics during and post pregnancy period. *Brazilian Journal of Biomechanics*; 9(16).
- Foti, T., Davids, J. R., & Bagley, A. (2000). A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*; 82A(5):625-632. Retrieved from <Go to ISI>://000087009400003
- Gilleard, W. (2013). Trunk motion and gait characteristics of pregnant women when walking: report of a longitudinal study with a control group. *BMC Pregnancy and Childbirth*; 13(1):71. doi:http://dx.doi.org/10.1186/1471-2393-13-71
- Hagan, L., & Wong, C.K. (2010). Gait in pregnant women: spinal and lower extremity changes from pre- to postpartum. *Journal of Women's Health Physical Therapy*; 34(2):46-56. doi:http://dx.doi.org/10.1097/jwh.0b013e3181e8fd4d
- Huang, T.-H., Lin, S.-C., Ho, C.-S., Yu, C.-Y., & Chou, Y.-L. (2002). The gait analysis of pregnant women. *Biomedical Engineering - Applications, Basis & Communications*; 14(2):4. doi:http://dx.doi.org/10.4015/s1016237202000103
- Los Amigos Research Education Institute Inc, *et al.* (2001). *Observational Gait Analysis: Los Amigos Research and Education Institute, Rancho Los Amigos National Rehabilitation Center.*
- Lymbery, J.K., & Gilleard, W. (2005). The stance phase of walking during late pregnancy - Temporospacial and ground reaction force variables. *Journal of the American Podiatric Medical Association*; 95(3):247-53. doi:http://dx.doi.org/10.7547/0950247
- Robertson, D., & Dowling, J.J. (2003). Design and responses of Butterworth and critically damped digital filters. *Journal of Electromyography and Kinesiology*; 13(6):569-73. doi:http://dx.doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00080-4
- Robertson, D.G.E., Caldwell, G.E., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S.N. (2014). *Research Methods in Biomechanics (Second edition).* Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & de Ridder, H. (2011). *International Standards for Anthropometric Assessment.* Lower Hutt, New Zealand: ISAK.
- Whitcome, K.K., Shapiro, L.J., & Lieberman, D.E. (2007). Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins. *Nature*; 450(7172):1075-U1011. doi:http://dx.doi.org/10.1038/nature06342



## 8 - Adaptações cinéticas da marcha ao longo da gravidez e pós-parto

Marco Branco, Liliana Aguiar, Rita Santos Rocha, Filomena Vieira e António Prieto Veloso

### 8.1. Introdução

Durante o desenvolvimento normal da gravidez, as mulheres experimentam uma variedade de alterações morfológicas e fisiológicas, bem como um aumento contínuo no peso corporal (ACOG, 2010; Institute of Medicine, 2009). No entanto, não está totalmente descrita a dinâmica da carga que as mulheres experimentam e como é que esse ganho de peso influencia tarefas diárias, como a marcha. A carga mecânica no sistema músculo-esquelético constitui um pré-requisito para a adaptação morfológica e funcional dos materiais biológicos, estando relacionada com a frequência de aplicação de forças no corpo, com a magnitude dessas forças, quer externas quer internas, com a repetição da aplicação de carga, e também com a forma como as estruturas músculo-esqueléticas gerem essas forças (Watkins, 1999; Veloso *et al.*, 1999). Desenvolvemos uma introdução a este tema numa publicação anterior (Santos-Rocha *et al.*, 2013), bem como num estudo de revisão que incluiu um conjunto de análises biomecânicas da marcha durante a gravidez (Branco *et al.*, 2014).

Andar é amplamente utilizado não só como meio de locomoção, mas também como um modo de exercício, especialmente recomendado durante a gravidez e sem contraindicações para as gestantes (Artal & O'Toole, 2003).

As forças de reação do apoio (FRA) têm sido amplamente estudadas na caracterização da marcha, no entanto, só nas últimas duas décadas é que estes parâmetros foram estudados em mulheres grávidas. A importância destes parâmetros na investigação da estabilidade e as possíveis causas de quedas em mulheres grávidas tem sido o foco em estudos recentes (McCrary *et al.*, 2011).

Lymbery e Gilleard (2005) concluíram que no final da gravidez as FRA mediolaterais tendem a ficar aumentadas na direção medial juntamente com uma maior largura dos apoios, o que



sugere que as mulheres adaptam a sua marcha para maximizar a estabilidade durante a fase de apoio e de controlar o movimento mediolateral. Branco e colaboradores (2015), num estudo anterior, analisaram as adaptações tridimensionais dos parâmetros cinéticos entre o segundo e o terceiro trimestre de vinte e quatro mulheres grávidas e por comparação com um grupo de controlo de mulheres não-grávidas. A maioria dos resultados revelou alterações significativas entre as fases da gravidez e o grupo de não-grávidas, relatando uma diminuição da carga mecânica das mulheres grávidas, especificamente com uma magnitude inferior no terceiro pico das FRA verticais, no segundo pico da componente anterior das FRA e grande parte da fase de apoio mantém as FRA predominantemente mediais. De acordo com Osman e Ghazali (2002) e McCrory e colaboradores (2011) não foram observadas alterações para as FRA nos grupos recolhidos. No entanto, na maioria dos estudos foram considerados apenas as últimas fases da gravidez - com exceção para Osman e Ghazali (2002), e Inanir e colaboradores (2014) - não ficando bem definido se existe alguma influência da condição de gestante sobre estas variáveis e se estas alterações acontecem gradualmente desde o início da gravidez.

Tal como as FRA, a cinética articular é principalmente estudada nos dois últimos trimestres da gravidez ou entre o final da gravidez e o pós-parto (com exceção para o estudo de Huang *et al.* (2002)). Em relação a esta análise, Foti e colaboradores (2000) relataram um aumento significativo na cinética (momento de força) da coxofemoral e do tornozelo durante a gravidez. Os seus resultados mostram que durante a gravidez pode haver um aumento da solicitação dos abdutores e extensores da coxofemoral e dos músculos plantarflexores do tornozelo durante a marcha.

Branco e colaboradores (2015) analisaram as adaptações tridimensionais dos parâmetros cinéticos entre o segundo e o terceiro trimestre em vinte e quatro mulheres grávidas e por comparação com um grupo de controlo. A maioria dos resultados mostrou alterações significativas entre as fases da gravidez e o grupo de não-grávidas. Nos momentos articulares encontraram uma diminuição da participação dos flexores da coxa, extensores do joelho, dorsiflexores do tornozelo, no momento dos eversores do tornozelo e um aumento na participação dos rotadores externos da coxa durante a fase de resposta à carga das mulheres grávidas. Nas potências articulares foram encontradas reduções significativas na absorção de energia mecânica dos flexores da coxa e reduções significativas na produção de energia mecânica dos abdutores da coxa e nos plantarflexores do tornozelo, enquanto que nos extensores e rotadores externos da coxa, verificou-se um aumento na produção de energia mecânica.

Huang e colaboradores (2002) compararam o padrão de marcha de mulheres grávidas e não grávidas divididas em três grupos, respetivamente: 12 semanas, 13-28 semanas e 29-40



semanas de gestação. Foram encontradas diferenças significativas entre as mulheres grávidas e não grávidas, especialmente no ângulo de abdução do joelho, nos ângulos de rotação interna do joelho e coxofemoral, no momento de extensão da coxofemoral e na potência articular da coxofemoral. Entre fases de recolha, com o aumento da idade gestacional, o grupo de gestantes aumentou o momento de extensão da coxofemoral, diminuiu o momento de extensão do joelho, o aumento do momento adutor do joelho e a diminuição do momento de flexão plantar do tornozelo. Não é claro, no entanto, nos diversos estudos (com exceção de Branco *et al.* (2015)), se estas alterações ocorrem bilateralmente, se ocorrem apenas unilateralmente, ou se correspondem a uma média de valores entre os dois lados.

Aguiar e colaboradores (2015), estudaram a comparação entre o efeito da massa do tronco durante o 2.º trimestre de gravidez e a massa do tronco adicionada de forma a simular a mesma condição. Concluíram que existem variáveis que podem ser mais afetadas pela massa aumentada do tronco, como o momento máximo de rotação transversal da pélvis e momento máximo de flexão da coxa. Este estudo, demonstrou a importância da construção de modelos que se baseiem nas características inerciais da mulher grávida.

O principal objetivo deste estudo foi avaliar a cinética da marcha, a fim de verificar se existem alterações na dinâmica da carga das mulheres desde o início da gravidez até ao pós-parto. Para atingir este objetivo, é necessário descrever e quantificar as variáveis cinéticas, nomeadamente as três componentes das forças de reação do apoio, os momentos articulares e as potências articulares do tornozelo, joelho e da coxofemoral, durante a marcha, no final dos primeiro, segundo e terceiro trimestres da gravidez e no período pós-parto. As hipóteses testadas são de que as FRA, os momentos articulares e as potências articulares apresentam desvios ao longo da gravidez, as quais retomam valores semelhantes aos encontrados no início da gravidez (Branco *et al.*, 2015).

## 8.2. Materiais e métodos

### 8.2.1. Participantes

Onze mulheres grávidas, com idades compreendidas entre 32 e 37 anos ( $33,2 \pm 1,6$  anos) e sem historial clínico de doença neuromuscular ou trauma músculo-esquelético no pé, tornozelo, joelho e/ou coxofemoral, participaram neste estudo. As características de peso e as semanas de gestação ou pós-parto foram: 1) primeiro trimestre:  $61,1 \pm 6,6$  kg e  $14,2 \pm 2,4$  semanas; 2) no segundo trimestre:  $66,6 \pm 8,5$  kg e  $27,3 \pm 1,0$  semanas; 3) terceiro trimestre:  $71,0 \pm 8,0$  kg e  $36,3 \pm 0,9$  semanas; e, 4) pós-parto:  $62,4 \pm 7,4$  kg e  $20,6 \pm 5,2$  semanas.



As participantes ofereceram-se para participar no estudo e foram recrutadas através de contacto direto ou de folhetos colocados em ginásios e centros de saúde. Nenhuma das participantes tinha contraindicações relativas ao exercício físico. Todas as participantes deram consentimento informado por escrito antes da sua participação no estudo.

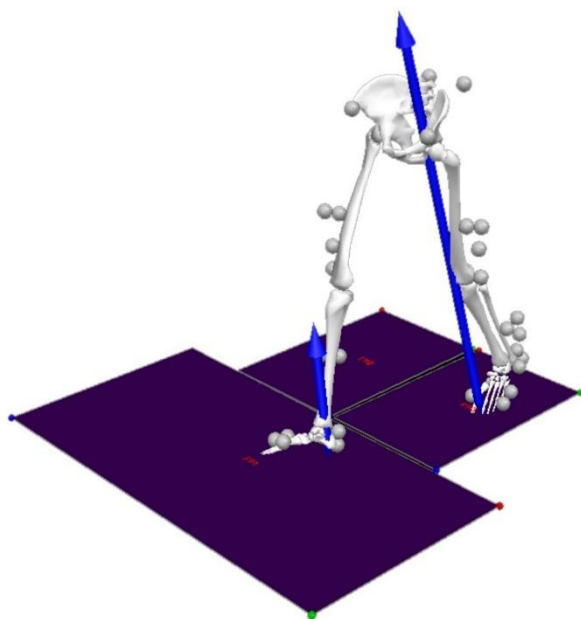
### 8.2.2. Recolha e processamento de dados

O estudo foi aprovado pelo comité de ética da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa e os dados foram recolhidos no Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional em quatro períodos: no final dos primeiro, segundo e terceiro trimestres de gestação e entre os quatro e seis meses após o parto. Antes da realização do teste, foram medidos os dados antropométricos (peso e altura), de acordo com o protocolo de medição padronizada da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) (Stewart *et al.*, 2011) por antropometristas certificados ISAK.

Para a construção do modelo biomecânico da mulher (figura 16), foram recolhidos ensaios estáticos e dinâmicos, através de marcadores esféricos refletivos colocados sobre a pele de ambos os membros inferiores com uma fita adesiva de dupla face. A configuração dos marcadores estava de acordo com a recomendação de Cappozzo e colaboradores (1997) para os segmentos dos membros inferiores e segundo o protocolo CODA (Charnwood Dynamics Ltd, Leicestershire, Reino Unido) para a construção do segmento da bacia. Outras informações sobre a construção do modelo cinemático podem ser encontradas no capítulo 7.

A tarefa motora consistia em caminhar descalça numa distância em linha reta de 10 metros entre dois pontos em ambos os sentidos, a uma velocidade natural e confortável durante três minutos. O piso não tinha padrões ou irregularidades específicas e as participantes não tinham conhecimento sobre a localização das plataformas de força, que foram colocadas a meio da distância definida. As participantes familiarizaram-se com o laboratório e nenhuma ocorrência de fadiga foi reportada.

Os cálculos dos ângulos das articulações coxofemoral, joelho e tornozelo foram realizados com o *software* Visual 3D (V3D) (C-Motion Inc., Germantown, EUA), utilizando o método de Cardan-Euler (Davis III *et al.*, 1991; Hamill *et al.*, 2014), com uma sequência de rotação XYZ para todas as articulações.



**Figura 16 - Modelo biomecânico reconstruído em Visual 3D com configuração dos marcadores refletorizados utilizados para captura dinâmica, vetores das forças de reação do apoio e a localização das plataformas de forças**

Os dados cinemáticos foram recolhidos por 12 câmaras de infravermelhos de alta velocidade (Oqus-300, Qualisys, Suécia), a uma frequência de captura de 200 Hz e os dados cinéticos foram recolhidos com duas plataformas de força Kistler (Kistler AG, Winterthur, Suíça) medindo 0,60 m x 0,40 m e uma plataforma de AMTI (Advanced Technology Mechanical, Inc., Watertown, EUA), medindo 0,90 m x 0,60 m, a uma frequência de captura de 1000 Hz. O equipamento de captura foi ligado a uma interface USB de aquisição analógica *Qualisys*, a fim de sincronizar os dados cinéticos e cinemáticos com *software Qualisys Track Manager (QTM)*; Qualisys AB, Gotemburgo, Suécia). Ambos os dados foram gravados no mesmo ficheiro. O sistema foi calibrado por uma vara em forma de “T”, com um comprimento exato de 751,4 mm, movida aleatoriamente em toda a área de realização da tarefa antes da recolha de dados de cada participante. A calibração só era aceite se o desvio-padrão das medidas do comprimento da varinha fosse inferior a 0,5 mm. As câmaras foram posicionadas estaticamente para minimizar os artefactos de reflexão de luz e para permitir a gravação de pelo menos dois ciclos de marcha consecutivos, definido pelo tempo entre dois contactos consecutivos do calcanhar de cada pé com o solo.

A trajetória dos marcadores refletorizados foi suavizada com um filtro passa-baixo do tipo *Butterworth*, com uma frequência de corte de 10 Hz para os dados cinemáticos e para os dados cinéticos, como sugerido por Robertson e Dowling (2003). Os dados recolhidos foram interpolados por meio de um algoritmo do tipo *cubic spline* como sugerido por Robertson e



colaboradores (2014), para um intervalo máximo de 10 quadros de imagem. Todos os dados foram normalizados no tempo.

Foram realizadas três recolhas durante a gravidez e uma no período pós-parto, especificamente no final de cada trimestre e entre os quatro e os seis meses após o parto. Os dados das três componentes das forças de reação do apoio (FRA) foram normalizadas para unidades de massa corporal (BW) e foram estimados em relação ao tempo total de contacto do pé com o solo. Estas curvas de dados e os picos de valores foram estimados para o lado esquerdo e direito com o *software* V3D (C-Motion, Inc., Germantown, EUA). Para a análise foram incluídos os últimos quatro ciclos realizados por cada participante.

Os momentos e potências articulares do tornozelo, joelho e coxofemoral foram calculados através dos algoritmos de dinâmica inversa, os quais utilizam dados antropométricos, cinemáticos e as forças externas.

Os dados antropométricos referem-se especificamente à localização do sistema de coordenadas de cada segmento, definido no centro articular proximal do mesmo; à massa do segmento, baseado nas equações de regressão de Dempster (1955); e à determinação do centro da massa e do momento de inércia dos segmentos, para os quais foram consideradas as formas geométricas primitivas de cada segmento (Hanavan, 1964), definido pelo comprimento do segmento, pelo raio proximal e raio distal do segmento, calculados pelo *software* V3D com base na localização dos marcadores.

Os cálculos cinemáticos fornecem a posição do centro de gravidade, a velocidade linear, a aceleração linear, a velocidade angular e a aceleração angular de cada um dos segmentos, que neste trabalho, foram também calculados no V3D.

As forças externas foram recolhidas por três plataformas de força, de modo a obter as forças de contacto durante dois ciclos de marcha consecutivos. Todos os procedimentos para o cálculo da dinâmica inversa estão descritos em Robertson e colaboradores (2014) e no *website* da C-Motion (2015).

Nas quatro fases em estudo, foram analisadas as seguintes variáveis das curvas de FRA: três picos caracterizando a componente vertical, dois picos que caracterizam a componente anteroposterior e dois picos que caracterizam a componente mediolateral. Os momentos articulares da articulação coxofemoral foram caracterizados por dois picos no plano sagital, dois picos no plano frontal e um pico no plano transversal. O momento articular do joelho foi caracterizado apenas por três picos no plano sagital. O momento articular do tornozelo foi caracterizado por dois picos no plano sagital, um pico no plano frontal e dois picos no plano



transversal. As potências articulares da coxofemoral foram caracterizadas por dois picos no plano sagital, três picos no plano frontal e dois picos no plano transversal. A potência articular do joelho foi caracterizada por três picos no plano sagital. A potência articular do tornozelo foi caracterizada por dois picos no plano sagital, dois picos no plano frontal e dois picos no plano transversal.

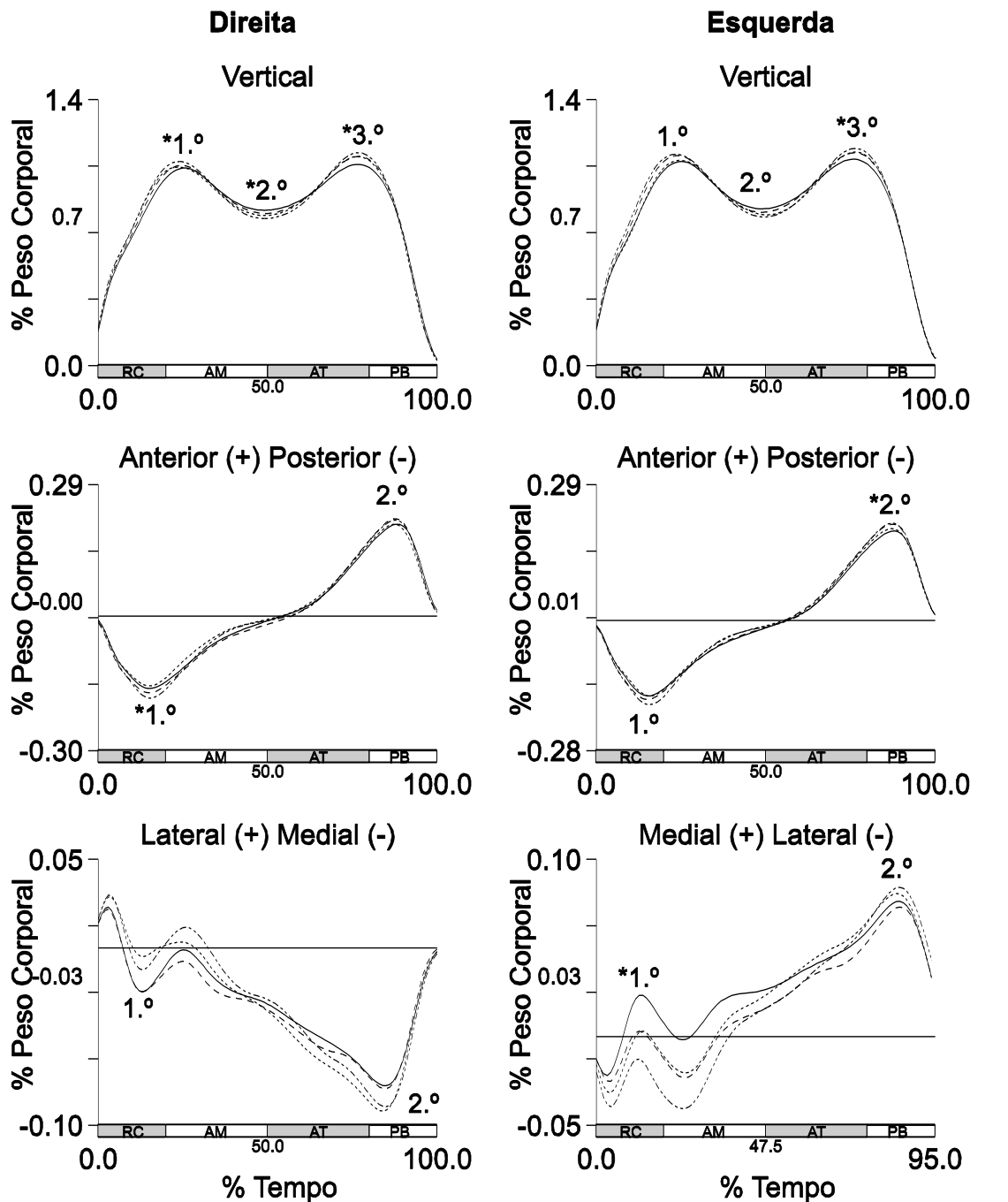
### 8.2.3. Análise estatística

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o *software IBM SPSS Statistics* versão 22 para Windows. O teste de *Shapiro-Wilk* foi realizado para testar a normalidade, a qual não foi assumida para todos os casos. O teste de esfericidade de *Mauchly* foi realizado antes da análise da variância de medidas repetidas e também não foi assumida em todos os casos. O teste de *Bonferroni* com base na estatística de *t-Student* foi utilizado como teste *post-hoc*, e o nível de significância observado foi ajustado para serem consideradas múltiplas comparações. Quando o conjunto de dados não cumpria os pressupostos para a análise de medidas repetidas, foi realizado o teste de *Friedman* e para a análise emparelhada foi realizado o teste de *Wilcoxon*. Neste caso, foi aplicado o intervalo de confiança com ajustamento de *Bonferroni* para permitir uma adaptação dos intervalos de confiança e valores de significância para as múltiplas comparações.

## 8.3. Resultados

### 8.3.1. Forças de reação do apoio

A maioria das componentes das FRA é influenciada pela fase de gestação em análise, particularmente nos três picos da componente vertical, nos dois picos da componente anterior-posterior e no primeiro pico da componente mediolateral (figura 17).



1.º Trimestre..... 2.º Trimestre— — - 3.º Trimestre ——— Pós-Parto - - - -  
 RC - Resposta à Carga; AM - Apoio Médio; AT - Apoio Terminal; PB - Pré-Balanço.

Figura 17 - Valores médios das forças de reação do apoio de cada grupo (normalizado ao peso corporal). Os picos são indicados por números: 1.º, 2.º e 3.º, e apontam para as diferenças significativas (\*)



As estatísticas descritivas dos dados podem ser encontradas na tabela 30. Os resultados sugerem uma diminuição das FRA no final da gravidez.

**Tabela 30 - Média e desvio-padrão dos valores dos picos das componentes vertical, ântero-posterior e mediolateral das forças de reação do apoio**

Componente	Lado	Pico	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto	p
Vertical	Direita	1.º	1,085 ± 0,083	1,091 ± 0,057	1,073 ± 0,057	1,110 ± 0,100	f) 0,013
		2.º	0,797 ± 0,063	0,811 ± 0,057	0,830 ± 0,045	0,783 ± 0,070	f) 0,030
		3.º	1,137 ± 0,039	1,126 ± 0,044	1,086 ± 0,030	1,156 ± 0,042	c) 0,026 f) 0,001
	Esquerda	1.º	1,089 ± 0,076	1,108 ± 0,072	1,085 ± 0,067	1,122 ± 0,107	ns
		2.º	0,793 ± 0,061	0,800 ± 0,058	0,821 ± 0,046	0,781 ± 0,067	ns
		3.º	1,136 ± 0,045	1,125 ± 0,052	1,089 ± 0,037	1,147 ± 0,050	b) 0,001 f) 0,004
Anterior-Posterior	Direita	1.º	-0,159 ± 0,038	-0,175 ± 0,045	-0,161 ± 0,032	-0,182 ± 0,050	d) 0,044
		2.º	0,207 ± 0,031	0,219 ± 0,024	0,204 ± 0,028	0,215 ± 0,035	ns
	Esquerda	1.º	-0,145 ± 0,064	-0,173 ± 0,027	-0,163 ± 0,027	-0,182 ± 0,042	ns
		2.º	0,187 ± 0,046	0,208 ± 0,025	0,192 ± 0,022	0,210 ± 0,029	f) 0,019
Medial-Lateral	Direita	1.º	-0,011 ± 0,030	-0,034 ± 0,039	-0,025 ± 0,018	-0,017 ± 0,032	ns
		2.º	-0,095 ± 0,031	-0,086 ± 0,029	-0,080 ± 0,031	-0,094 ± 0,033	ns
	Esquerda	1.º	-0,007 ± 0,035	0,008 ± 0,028	0,027 ± 0,022	-0,008 ± 0,029	f) 0,031
		2.º	0,095 ± 0,048	0,078 ± 0,029	0,078 ± 0,025	0,087 ± 0,032	ns

Legenda: a) diferenças significativas entre 1.º e 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre 1.º e 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre 2.º e 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre 1.º trimestre e Pós-Parto; e) diferenças significativas entre 2.º trimestre e Pós-Parto; f) diferenças significativas entre 3.º trimestre e Pós-Parto; ns: não significativo. As unidades (média ± DP) para as FRA são expressas em percentagem do peso corporal.

O primeiro e segundo pico das forças de reação verticais mostram alterações significativas do terceiro trimestre para o período pós-parto, evidenciando um aumento de 4% no pico de travagem e uma diminuição de 5% do peso corporal (BW - *Body Weight*) no pico invertido para membro inferior direito. Em ambos os apoios, foram observados uma diminuição significativa de 5% BW no terceiro pico desde o primeiro ao terceiro trimestre e um aumento de cerca de 7% BW a partir do final da gravidez para período pós-parto, o que corresponde a uma recuperação acima dos valores registados no início da gravidez. Também no pico de propulsão, do apoio direito, se verificou uma diminuição de 4% BW do segundo para o terceiro trimestre. Na componente anteroposterior das FRA, foram encontrados aumentos de 2% BW do primeiro trimestre para o período pós-parto na direção posterior (primeiro pico) do membro inferior direito e uma diminuição de 2% BW na direção anterior (segundo pico) do membro inferior esquerdo, o que significa que no final da gravidez as participantes aplicam menos peso corporal contra o chão na fase de resposta à carga e na fase de pré-balanço. A componente mediolateral das FRA diminui no primeiro pico, passando de uma reação medial para uma reação lateral do terceiro trimestre para o período pós-parto.

### 8.3.2. Momentos articulares no plano sagital

Foi observado um efeito longitudinal da gravidez nos momentos articulares no plano sagital para alguns picos das articulações da coxofemoral e do tornozelo (figura 18).

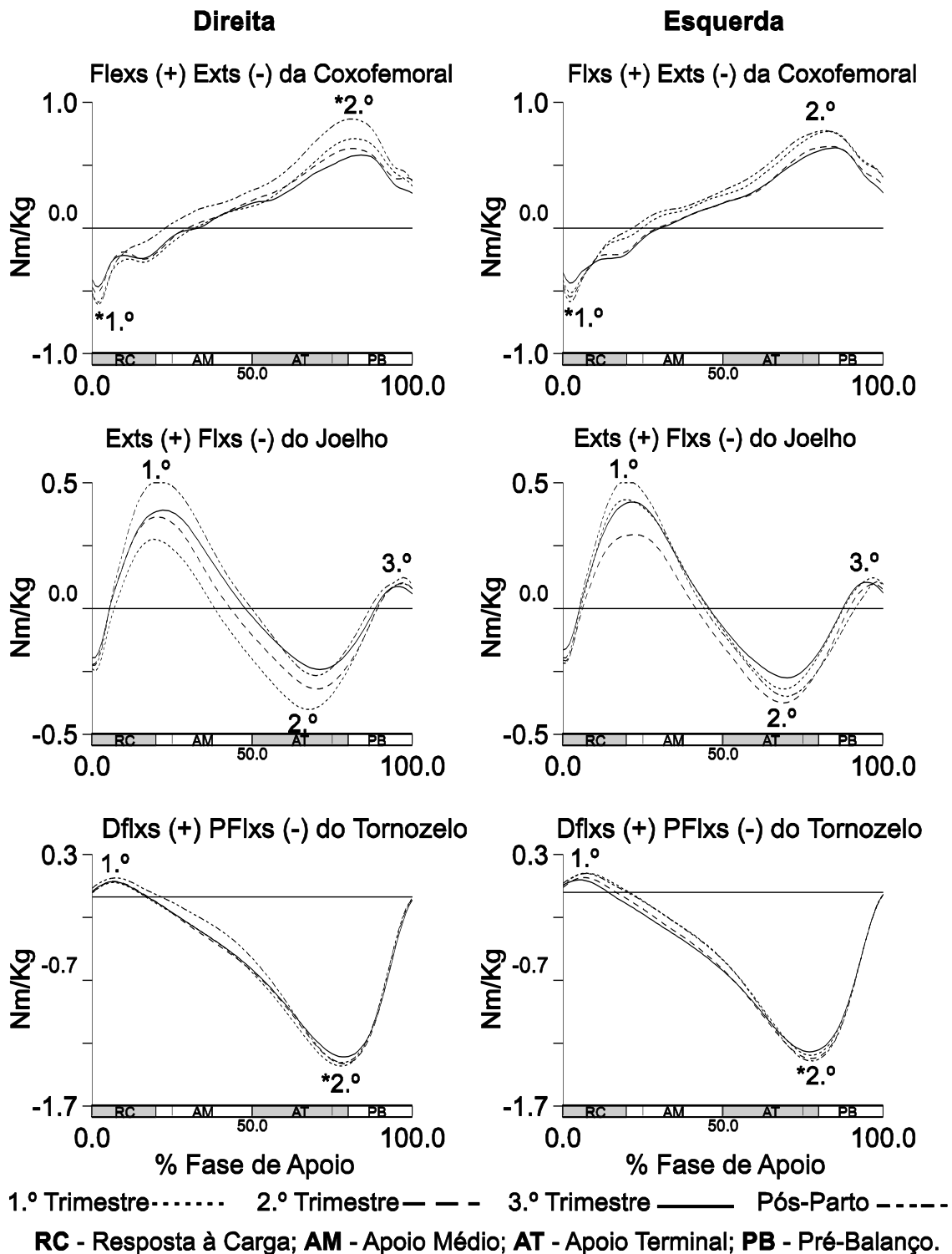


Figura 18 - Momentos articulares no plano sagital durante a marcha (unidades em N.m.kg<sup>-1</sup>). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo



A estatística descritiva dos momentos articulares e os níveis de significância das comparações emparelhadas com alterações significativas para os planos sagital, frontal e transversal, estão apresentados na tabela 31.

**Tabela 31 - Média e desvio-padrão dos picos dos momentos articulares e níveis de significância das comparações emparelhadas com alterações significativas para os planos sagital, frontal e transversal**

Articulação	Plano	Lado	Pico	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto	p	
Tornozelo	Sagital	Direita	1.º	0,125 ± 0,031	0,13 ± 0,068	0,119 ± 0,048	0,156 ± 0,06	ns	
			2.º	-1,364 ± 0,086	-1,336 ± 0,096	-1,282 ± 0,061	-1,337 ± 0,114	b) 0,019	
		Esquerda	1.º	0,15 ± 0,056	0,127 ± 0,052	0,103 ± 0,038	0,162 ± 0,057	ns	
			2.º	-1,301 ± 0,128	-1,34 ± 0,084	-1,294 ± 0,107	-1,368 ± 0,128	f) 0,015	
	Frontal	Direita	1.º	0,349 ± 0,17	0,459 ± 0,153	0,376 ± 0,162	0,364 ± 0,191	ns	
		Esquerda	1.º	0,311 ± 0,176	0,309 ± 0,177	0,382 ± 0,195	0,377 ± 0,231	ns	
	Transversal	Direita	1.º	0,041 ± 0,039	0,033 ± 0,029	0,013 ± 0,019	0,022 ± 0,026	ns	
			2.º	-0,132 ± 0,054	-0,155 ± 0,107	-0,136 ± 0,038	-0,151 ± 0,052	ns	
		Esquerda	1.º	0,034 ± 0,03	0,034 ± 0,024	0,049 ± 0,028	0,029 ± 0,029	ns	
			2.º	-0,161 ± 0,093	-0,125 ± 0,044	-0,097 ± 0,056	-0,129 ± 0,055	ns	
	Joelho	Sagital	Direita	1.º	0,341 ± 0,314	0,364 ± 0,368	0,366 ± 0,254	0,502 ± 0,371	ns
				2.º	-0,382 ± 0,198	-0,339 ± 0,169	-0,267 ± 0,198	-0,294 ± 0,186	ns
3.º				0,171 ± 0,091	0,209 ± 0,138	0,173 ± 0,111	0,249 ± 0,166	ns	
Esquerda			1.º	0,355 ± 0,425	0,347 ± 0,365	0,428 ± 0,31	0,476 ± 0,487	ns	
			2.º	-0,33 ± 0,115	-0,364 ± 0,13	-0,288 ± 0,168	-0,361 ± 0,109	ns	
			3.º	0,219 ± 0,087	0,169 ± 0,121	0,186 ± 0,099	0,185 ± 0,101	ns	
Frontal		Direita	1.º	-0,612 ± 0,172	-0,527 ± 0,147	-0,484 ± 0,167	-0,618 ± 0,202	b) 0,013 f) 0,022	
		2.º	0,769 ± 0,2	0,691 ± 0,145	0,614 ± 0,129	0,899 ± 0,233	b) 0,031 e) 0,009 f) 0,001		
		Esquerda	1.º	-0,511 ± 0,16	-0,55 ± 0,173	-0,445 ± 0,127	-0,598 ± 0,155	d) 0,034 f) 0,001	
Coxofemoral	Sagital	Direita	1.º	-0,612 ± 0,172	-0,527 ± 0,147	-0,484 ± 0,167	-0,618 ± 0,202	b) 0,013 f) 0,022	
			2.º	0,769 ± 0,2	0,691 ± 0,145	0,614 ± 0,129	0,899 ± 0,233	b) 0,031 e) 0,009 f) 0,001	
	Esquerda	1.º	-0,511 ± 0,16	-0,55 ± 0,173	-0,445 ± 0,127	-0,598 ± 0,155	d) 0,034 f) 0,001		
		2.º	0,789 ± 0,141	0,687 ± 0,209	0,653 ± 0,074	0,798 ± 0,254	ns		
	Frontal	Direita	1.º	-0,87 ± 0,197	-0,943 ± 0,291	-0,856 ± 0,097	-0,828 ± 0,143	ns	
		2.º	-0,735 ± 0,146	-0,755 ± 0,217	-0,759 ± 0,133	-0,688 ± 0,16	ns		
Esquerda	1.º	-0,803 ± 0,113	-0,877 ± 0,172	-0,854 ± 0,097	-0,836 ± 0,169	ns			
	2.º	-0,735 ± 0,145	-0,802 ± 0,178	-0,715 ± 0,148	-0,721 ± 0,14	ns			
Transversal	Direita	1.º	-0,237 ± 0,057	-0,441 ± 0,363	-0,342 ± 0,071	-0,257 ± 0,083	a) 0,006 b) 0,008 e) 0,013		
	Esquerda	1.º	-0,255 ± 0,051	-0,317 ± 0,079	-0,301 ± 0,11	-0,26 ± 0,086	ns		

Legenda: a) diferenças significativas entre o 1.º e o 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre o 1.º e o 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre o 2.º e o 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre o 1.º trimestre e o Pós-Parto; e) diferenças significativas entre o 2.º trimestre e o Pós-Parto; f) diferenças significativas entre o 3.º trimestre e o Pós-Parto; ns: não significativo. Unidades (média ± DP) para os momentos articulares estão expressas em N·m·kg<sup>-1</sup>.



O momento de força na articulação coxofemoral mostra uma diminuição significativa de  $0,128 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  na ação dos extensores da coxa, durante a fase de resposta à carga do primeiro ao terceiro trimestre no membro inferior direito e um aumento de, respetivamente,  $0,87 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  e  $0,154 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  do primeiro trimestre (lado esquerdo) e do terceiro trimestre (ambos os lados) para o pós-parto, indicando que existe uma tendência oposta ao que ocorre desde o início da gravidez. Na fase de apoio terminal, apenas para o lado direito, existe uma diminuição significativa de  $0,156 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  na ação dos flexores da coxofemoral desde o início até o final da gravidez e um aumento de, respetivamente,  $0,208 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  e  $0,285 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  dos segundo e terceiro trimestres para o pós-parto, semelhante ao que acontece no início da fase de apoio. Não foram encontradas alterações nos momentos articulares do joelho durante a gravidez e no período pós-parto. A participação dos plantarflexores do tornozelo mostra uma diminuição significativa de  $0,082 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  do primeiro para o terceiro trimestre, no tornozelo direito e um aumento de  $0,075 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$  na sua participação do fim da gravidez para período pós-parto, para o tornozelo esquerdo.

### 8.3.3. Momentos articulares no plano frontal

O efeito longitudinal da gravidez não foi observado no plano frontal e, portanto, não foram encontradas alterações significativas, em qualquer das variáveis analisadas (figura 19).

Uma possível razão para a inexistência de alterações estatísticas, pode ser revelada pelas estatísticas descritivas destas variáveis, as quais podem ser explicadas pelo facto de apresentarem a maior variação (desvio-padrão) entre os planos de movimento.





participação dos rotadores externos da coxofemoral diminuiu significativamente para valores próximos aos encontrados no início da gravidez.

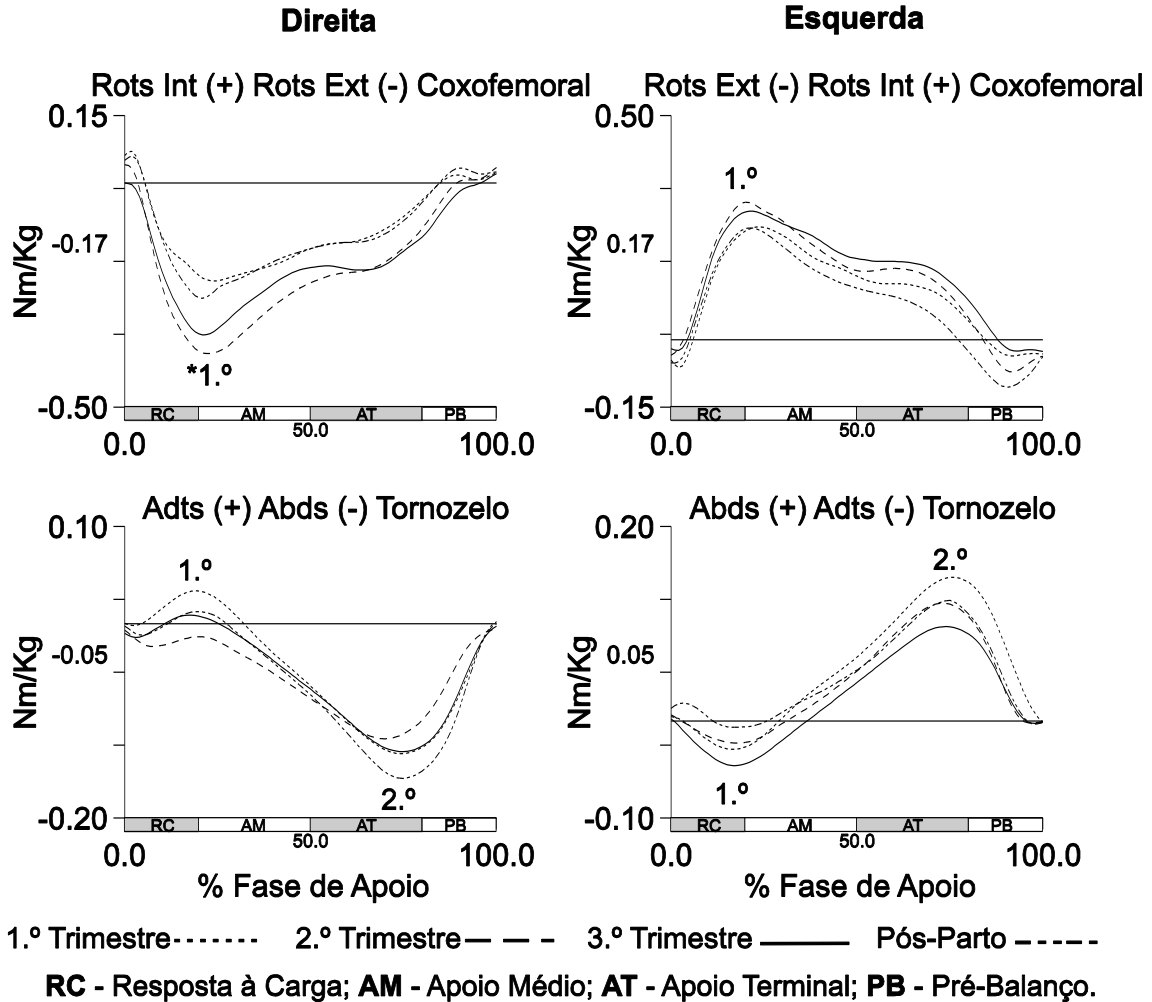


Figura 20 - Momentos articulares no plano transversal durante a marcha (unidades em N.m.kg<sup>-1</sup>). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º e 2.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (\*)

### 8.3.5. Potências articulares no plano sagital

Foi observado um efeito longitudinal da gravidez na potência articular em alguns picos da coxofemoral e do joelho (figura 21).

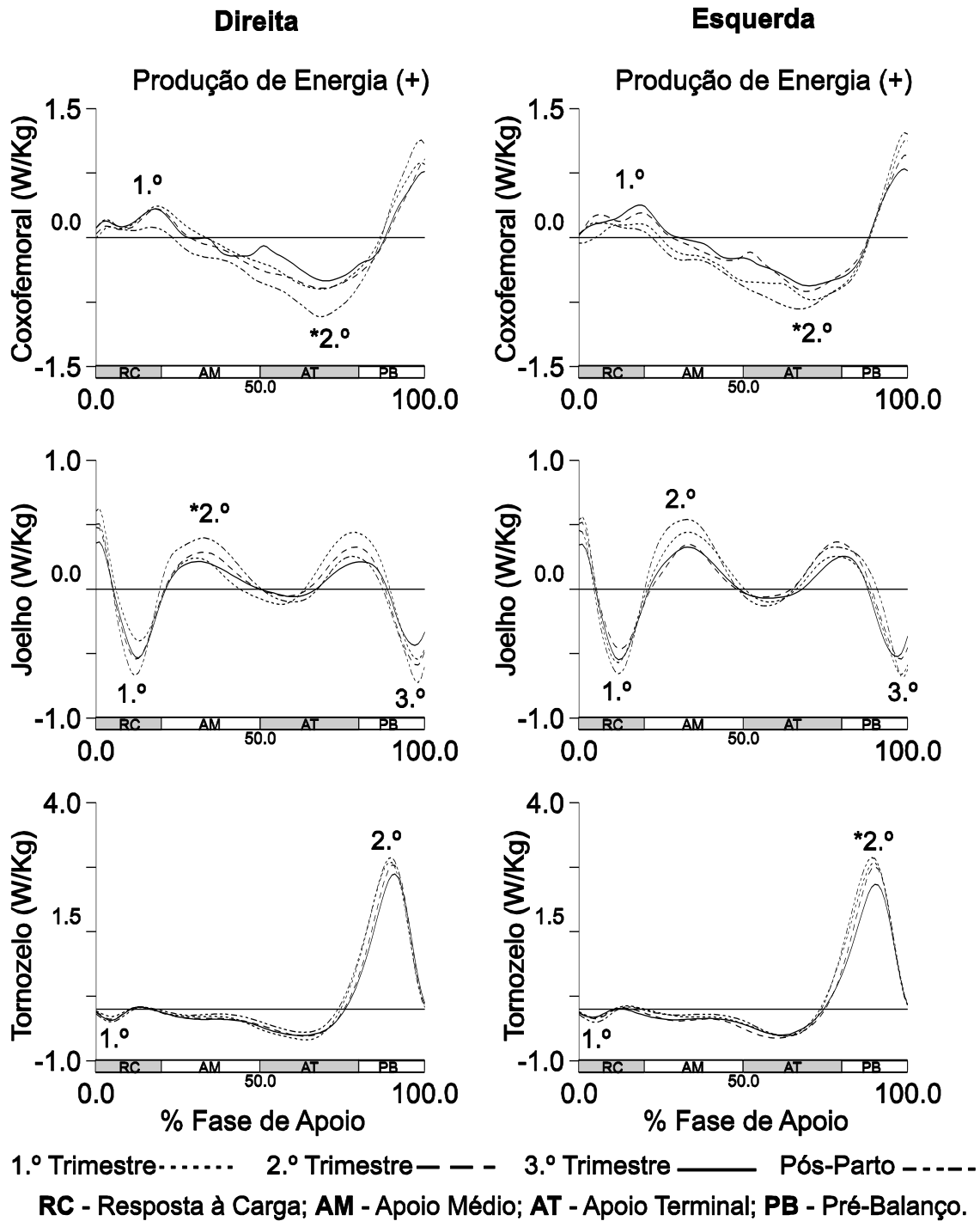


Figura 21 - Potências articulares no plano sagital durante a marcha (unidades em W.kg-1). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º, 2.º e 3.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (\*)

A tabela 32 mostra as estatísticas descritivas das potências articulares e os níveis de significância das comparações emparelhadas com alterações significativas no plano sagital,



frontal e transversal. De um modo geral, as potências articulações no período pós-parto têm valores semelhantes ao início da gravidez, quando em comparação com os valores observados no final da gravidez.

**Tabela 32 - Média e desvio-padrão dos picos da potência articular e níveis de significância das comparações emparelhadas com alterações significativas no plano sagital, frontal e transversal**

Articulação	Plano	Lado	Pico	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	Pós-Parto	p	
Tornozelo	Sagital	Direita	1.º	-0,72 ± 0,2	-0,644 ± 0,2	-0,624 ± 0,195	-0,613 ± 0,274	ns	
			2.º	3,003 ± 0,83	2,884 ± 0,701	2,647 ± 0,674	2,987 ± 0,889	ns	
		Esquerda	1.º	-0,654 ± 0,287	-0,668 ± 0,269	-0,604 ± 0,273	-0,638 ± 0,339	ns	
			2.º	2,771 ± 0,962	2,846 ± 0,672	2,465 ± 0,726	2,984 ± 0,993	ns	
		Frontal	Direita	1.º	-0,081 ± 0,058	-0,119 ± 0,077	-0,074 ± 0,046	-0,09 ± 0,099	ns
				2.º	0,347 ± 0,196	0,551 ± 0,314	0,436 ± 0,295	0,446 ± 0,367	ns
	Transversal	Direita	1.º	-0,062 ± 0,034	-0,075 ± 0,093	-0,089 ± 0,043	-0,078 ± 0,037	ns	
			2.º	0,314 ± 0,288	0,323 ± 0,245	0,462 ± 0,403	0,586 ± 0,451	ns	
		Esquerda	1.º	-0,04 ± 0,04	-0,086 ± 0,176	-0,032 ± 0,053	-0,032 ± 0,021	ns	
			2.º	-0,119 ± 0,049	-0,146 ± 0,093	-0,114 ± 0,075	-0,134 ± 0,075	ns	
		Esquerda	1.º	-0,048 ± 0,031	-0,05 ± 0,022	-0,04 ± 0,018	-0,049 ± 0,03	ns	
			2.º	-0,15 ± 0,076	-0,148 ± 0,065	-0,087 ± 0,066	-0,139 ± 0,101	b) 0,030 c) 0,025	
Joelho	Sagital	Direita	1.º	-0,525 ± 0,412	-0,521 ± 0,577	-0,546 ± 0,425	-0,701 ± 0,581	ns	
			2.º	0,345 ± 0,299	0,349 ± 0,322	0,276 ± 0,156	0,49 ± 0,377	d) 0,006	
			3.º	-0,673 ± 0,178	-0,782 ± 0,523	-0,566 ± 0,223	-0,829 ± 0,265	ns	
		Esquerda	1.º	-0,481 ± 0,623	-0,476 ± 0,458	-0,587 ± 0,523	-0,621 ± 0,891	ns	
			2.º	0,457 ± 0,391	0,374 ± 0,27	0,39 ± 0,221	0,592 ± 0,53	ns	
			3.º	-0,791 ± 0,306	-0,678 ± 0,332	-0,585 ± 0,154	-0,714 ± 0,275	ns	
	Coxofemoral	Sagital	Direita	1.º	0,435 ± 0,267	0,4 ± 0,203	0,478 ± 0,272	0,407 ± 0,325	ns
				2.º	-0,749 ± 0,322	-0,675 ± 0,267	-0,614 ± 0,239	-0,987 ± 0,474	f) 0,027
			Esquerda	1.º	0,339 ± 0,183	0,537 ± 0,267	0,444 ± 0,184	0,402 ± 0,246	ns
2.º	-0,744 ± 0,257			-0,672 ± 0,31	-0,61 ± 0,194	-0,867 ± 0,338	f) 0,014		
Frontal	Direita		1.º	-0,592 ± 0,211	-0,693 ± 0,31	-0,619 ± 0,255	-0,654 ± 0,272	ns	
			2.º	0,736 ± 0,319	0,72 ± 0,344	0,57 ± 0,231	0,704 ± 0,261	ns	
		3.º	0,634 ± 0,153	0,642 ± 0,302	0,721 ± 0,189	0,632 ± 0,259	ns		
	Esquerda	1.º	-0,493 ± 0,256	-0,635 ± 0,372	-0,6 ± 0,236	-0,586 ± 0,274	ns		
		2.º	0,655 ± 0,219	0,74 ± 0,267	0,596 ± 0,125	0,828 ± 0,347	ns		
		3.º	0,67 ± 0,284	0,767 ± 0,222	0,648 ± 0,197	0,595 ± 0,189	ns		
Transversal	Direita	1.º	-0,306 ± 0,14	-0,67 ± 0,776	-0,414 ± 0,196	-0,354 ± 0,199	a) 0,008		
		2.º	0,061 ± 0,041	0,115 ± 0,117	0,068 ± 0,103	0,067 ± 0,046	ns		
	Esquerda	1.º	-0,33 ± 0,111	-0,555 ± 0,308	-0,394 ± 0,199	-0,453 ± 0,247	ns		
		2.º	0,062 ± 0,043	0,135 ± 0,178	0,052 ± 0,05	0,09 ± 0,064	ns		

Legenda: a) diferenças significativas entre o 1.º e o 2.º trimestre; b) diferenças significativas entre o 1.º e o 3.º trimestre; c) diferenças significativas entre o 2.º e o 3.º trimestre; d) diferenças significativas entre o 1.º trimestre e o Pós-Parto; e) diferenças significativas entre o 2.º trimestre e o Pós-Parto; f) diferenças significativas entre o 3.º trimestre e o Pós-Parto; ns: não significativo. Unidades (média ± DP) para os momentos articulares estão expressas em W·kg<sup>-1</sup>.



O segundo pico da potência articular da coxofemoral mostra um aumento significativo de  $0,372 \text{ W.kg}^{-1}$  e  $0,257 \text{ W.kg}^{-1}$ , respetivamente, para o membro inferior direito e esquerdo, do terceiro trimestre para o período pós-parto, o que indica uma menor contração excêntrica dos flexores da coxa durante a fase de apoio terminal no final da gravidez. A influência da gravidez na articulação do joelho foi verificada no segundo e terceiro pico, no entanto, apenas se verificou um aumento significativo de  $0,145 \text{ W.kg}^{-1}$  no segundo pico entre o primeiro trimestre e o período pós-parto, o que significa que durante a fase de apoio intermédia, a mulher grávida no início da gravidez realiza uma menor contração concêntrica dos extensores do joelho. Na potência articular do tornozelo não foi encontrada nenhuma alteração significativa entre as fases de recolha.

### 8.3.6. Potências articulares no plano frontal

O efeito longitudinal da gravidez não foi observado no plano frontal, exceto para o primeiro pico da potência articular da coxofemoral esquerda (figura 22).

No entanto, os testes *post-hoc* mostraram que essa influência não causa alterações significativas entre as fases de recolha.

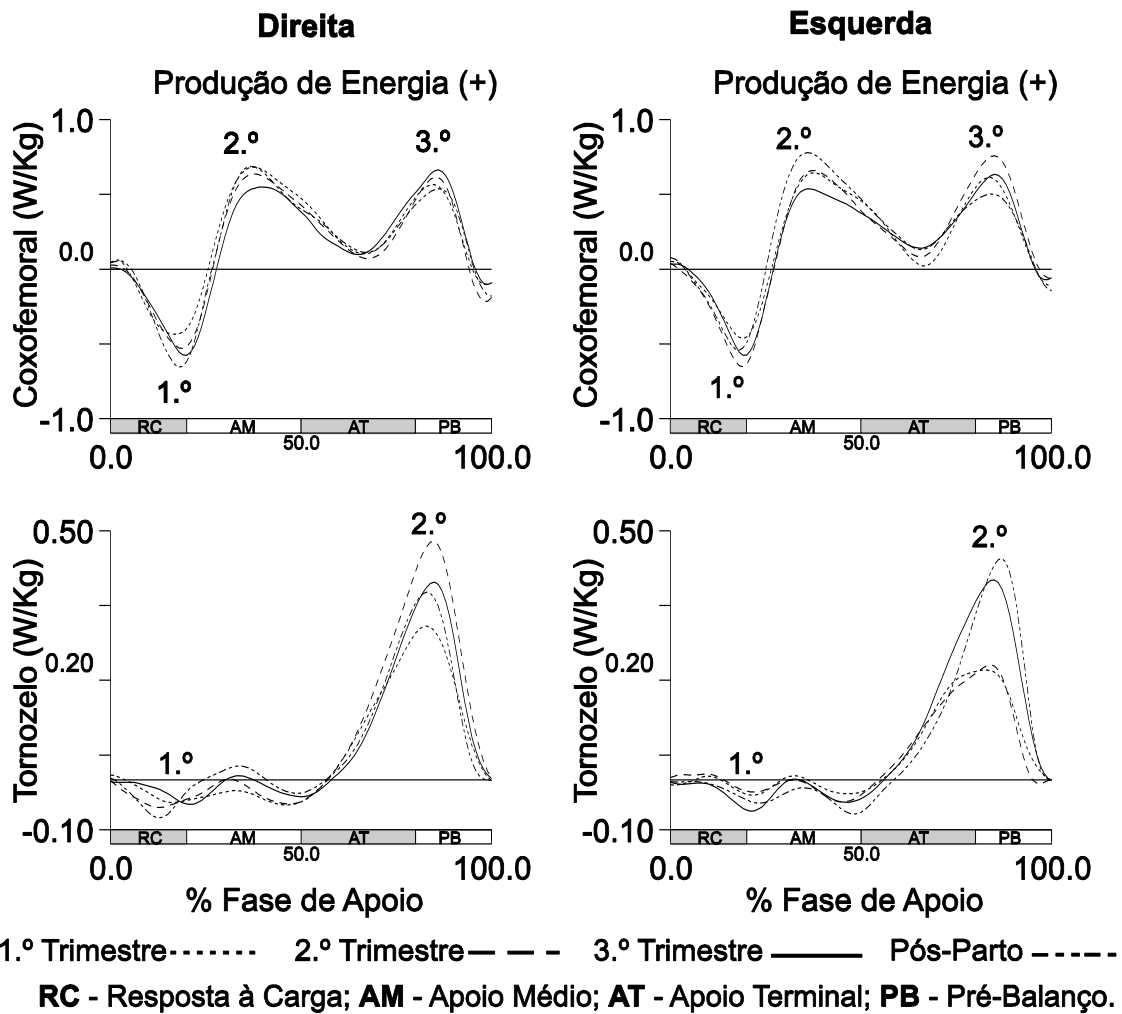


Figura 22 - Potências articulares no plano frontal durante a marcha (unidades em  $W.kg^{-1}$ ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º, 2.º e 3.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (\*)

### 8.3.7. Potências articulares no plano transversal

Um efeito longitudinal da gravidez foi observado na potência articular no plano transversal para alguns picos das articulações da coxofemoral e do tornozelo (figura 23).

Na articulação coxofemoral direita, foi observado um aumento de  $0,365 W.kg^{-1}$  na contração excêntrica dos rotadores externos entre o primeiro e o segundo trimestre de gestação, durante a fase de resposta à carga. A articulação do tornozelo esquerdo, mostrou uma diminuição significativa de cerca de  $0,06 W.kg^{-1}$  nos abdutores do pé, dos primeiro e segundo



trimestres para o final da gravidez, o que representa uma menor contração excêntrica destes músculos durante a fase de apoio terminal.

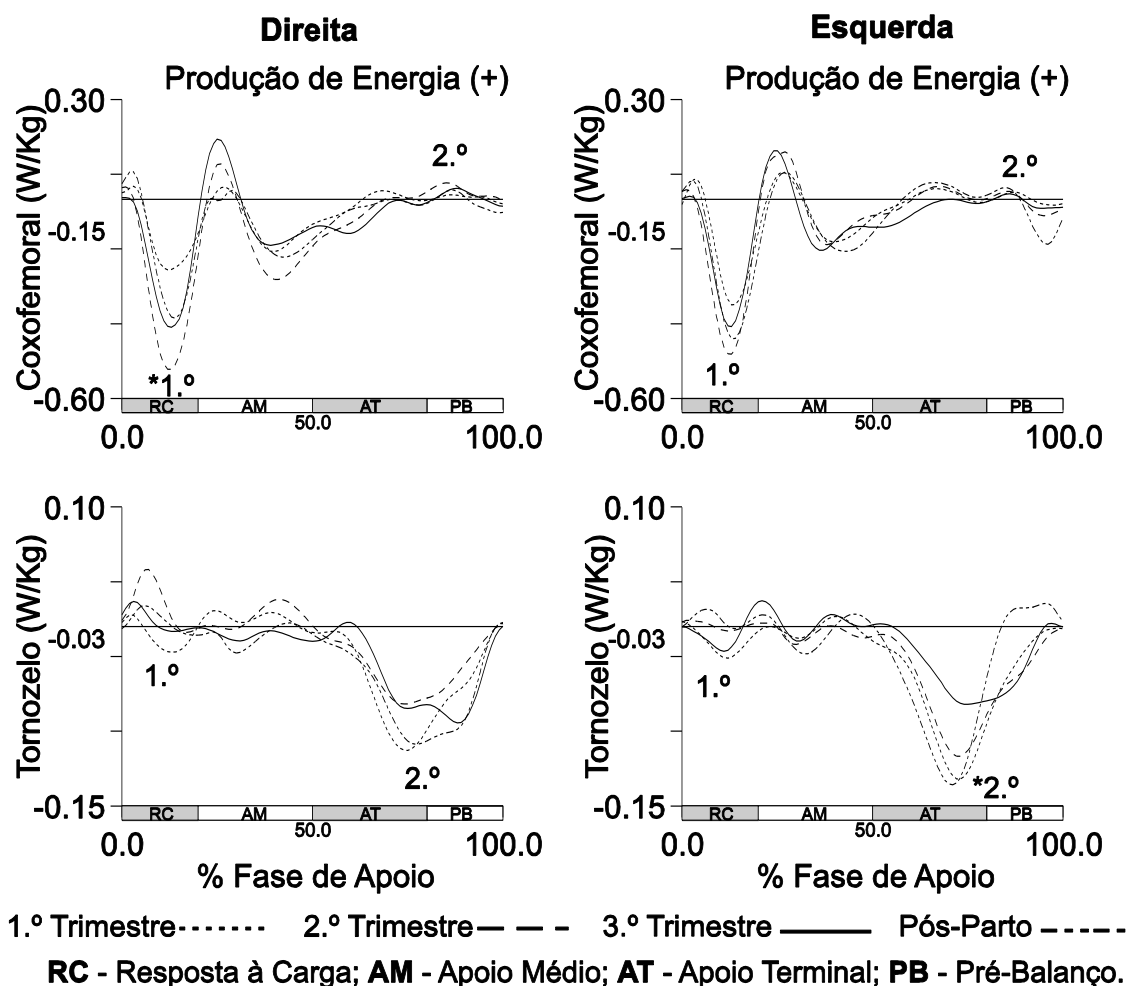


Figura 23 - Potências articulares no plano transversal durante a marcha (unidades em  $W \cdot kg^{-1}$ ). Cada linha representa as fases de recolha. A média dos momentos articulares da coxofemoral, joelho e tornozelo dos membros inferiores direito e esquerdo. Os picos analisados são indicados pelos números: 1.º, 2.º e 3.º e as diferenças significativas estão sinalizadas (\*)

## 8.4. Discussão

Este estudo teve como objetivo analisar a biomecânica da marcha durante a gravidez e no período pós-parto numa perspetiva longitudinal, a fim de compreender se existem alterações nos parâmetros cinéticos da marcha entre as fases de recolha. Enquanto noutros estudos não encontraram quaisquer alterações nas componentes verticais ou anteriores das FRA (Osman & Ghazali, 2002; Lymbery & Gilleard, 2005; McCrory *et al.*, 2011), neste estudo, a quantificação



da componente vertical das FRA mostrou uma diminuição nos picos de travagem e de propulsão do final da gravidez para o pós-parto onde se encontram valores semelhantes aos encontrados nos dois primeiros trimestres de gestação. Este resultado sugere que a aceleração descendente para o avanço do corpo da mulher grávida e respetiva produção de força na transferência de peso entre membros, são menores no final da gravidez (Perry, 1992).

Na componente mediolateral das FRA, verificou-se que no final da gravidez as mulheres têm uma reação mais medial para o membro inferior esquerdo, semelhante aos resultados também encontrados por Takeda e colaboradores (2009) e ao nosso estudo anterior (Branco *et al.*, 2015) particularmente durante a fase de resposta à carga, o que significa que as participantes mantêm uma força de reação predominantemente medial durante a maior parte da fase de apoio. Alguns estudos mostram alterações significativas nas forças de reação medial, mas muitos autores fazem referência a uma maior instabilidade no plano frontal da mulher grávida (*e.g.*, Branco *et al.*, 2015; Lymbery & Gilleard, 2005; McCrory *et al.*, 2011), para os quais, estes resultados indicam a resposta motora para essa instabilidade, promovendo uma maior estabilidade corporal. O facto de que as mudanças só acontecem num dos membros inferiores mostra que para manter a estabilidade corporal, as compensações derivadas de desequilíbrios podem acontecer apenas numa das extremidades e reforça a necessidade de realizar mais análises em ambos os lados.

No plano sagital, o momento de força da coxofemoral tem uma redução significativa na participação dos extensores da coxa durante a fase de resposta à carga, o que está altamente associado com a gravidez. A participação dos extensores da coxa está relacionada com a aceitação e suporte do peso, podendo ser adversamente afetado pela contribuição reduzida destes músculos à medida que a gravidez avança. Na fase terminal do apoio foi detetada uma redução na participação dos flexores da coxa direita, também acompanhada por uma diminuição da contração excêntrica destes músculos. Nesta fase, a extensão da coxa é ajudada pela inércia e pela gravidade (Whittle, 2007) e estes resultados sugerem um menor controlo nesta ação motora pelas mulheres grávidas. De facto, o principal objetivo dos músculos que envolvem a articulação coxofemoral durante a fase de apoio é a estabilização do tronco (Perry, 1992), função que é afetada, tendo em conta a maioria dos resultados encontrados.

No nosso estudo anterior (Branco *et al.*, 2015), houve uma diminuição significativa nos momentos articulares do joelho entre o grupo de gestantes e o grupo de não-grávidas, sugerindo que as alterações nestas variáveis podem acontecer até o final do primeiro trimestre. No entanto, esta suposição não foi observada no presente estudo, onde a participação dos flexores e extensores da articulação do joelho permanecem semelhantes ao



longo da gravidez. Por outro lado, a variação de energia mecânica nestes grupos musculares mostrou ter sido influenciada pela gravidez, com uma redução significativa na produção de energia mecânica dos extensores do joelho direito durante a fase de apoio intermédio. A principal função da cinética do joelho durante esta fase é a estabilização dos membros inferiores quando o peso total do corpo é transferido para um único membro, o qual neste caso, pode estar comprometido. A cinética do tornozelo é influenciada pela gravidez, demonstrado pela participação dos flexores plantares durante a fase de pré-balanço, com uma diminuição durante a gravidez e um aumento do final da gravidez para o pós-parto. Duas informações podem ser tiradas a partir destes resultados: a primeira é que a aceleração do membro inferior para frente será menor no final da gravidez; e a segunda é que a diminuição da participação dos plantar flexores está totalmente recuperada após o parto.

Outros estudos relataram algumas alterações nos momentos articulares no plano frontal, nomeadamente o aumento dos momentos articulares da coxofemoral (testado apenas entre o terceiro trimestre e o pós-parto), dos momentos articulares do joelho (Huang *et al.*, 2002) e uma diminuição da articulação dos momentos articulares do tornozelo (Branco *et al.*, 2015). Neste estudo não foram encontradas alterações durante a gravidez ou após o parto. No entanto, encontramos a influência da gravidez na absorção de energia mecânica dos abdutores da coxa durante a fase de resposta à carga, sem que isso significasse uma alteração específica entre as fases recolhidas. Uma possível razão para a ausência destas alterações no plano frontal, pode ser revelada pelas estatísticas descritivas destas variáveis, que apresentam a maior variabilidade (desvio-padrão) entre os planos de movimento.

Apenas no nosso estudo anterior (Branco *et al.*, 2015) existe o relato de alterações da cinética articular, durante a gravidez, no plano transversal. Neste estudo, durante a fase de resposta à carga, foram encontrados aumentos significativos na participação dos rotadores externos da coxofemoral direita e o aumento da contração excêntrica destes músculos, especialmente na segunda metade da gravidez. Esta ação é responsável pela desaceleração da rotação da bacia, o que ajuda no avanço da coxa contralateral (Perry, 1992), mostrando que durante a gravidez há um maior controlo no avanço do membro contralateral. Durante a fase de apoio terminal foi observada uma diminuição da contração excêntrica dos adutores do tornozelo esquerdo ao longo da gravidez, indicando um menor controlo na posição do pé esquerdo durante os primeiros momentos da elevação do calcanhar. No presente estudo, a hipótese de que a gravidez está associada a adaptações cinéticas, é parcialmente confirmada por muitos dos parâmetros cinéticos, para os três planos de movimento. Parcialmente, porque foram encontradas alterações em muitas variáveis cinéticas, mas apenas em algumas delas as alterações acontecem de forma bilateral e a recuperação desses parâmetros não foram confirmadas em todos os casos, especialmente no plano transversal. Este resultado indica que algumas situações de instabilidade do corpo podem ser mantidas no pós-parto, sugerindo a



importância da atividade física, como promotora da recuperação da estabilidade do corpo. No plano sagital, para a grande maioria dos parâmetros com alterações significativas, foi observada uma recuperação, para valores semelhantes aos encontrados no início da gravidez, confirmando a hipótese levantada.

De acordo com Forczek e Staszkiwicz (2012), a mulher grávida tem duas estratégias principais para ajuste dos parâmetros biomecânicos: primeiro para aumentar a estabilidade do corpo e; segundo, para reduzir o gasto energético. Com base nos nossos resultados, a segunda estratégia parece ser adotada em relação aos parâmetros cinéticos. No entanto, a maioria dos estudos sobre os parâmetros cinemáticos de mulheres grávidas durante a marcha, aponta para conclusões relacionadas com a primeira estratégia. Isto sugere que, com base nos dados cinemáticos, a mulher aumenta a sua estabilidade corporal em detrimento do custo de energia e, com base nos dados cinéticos, a mulher reduz a carga mecânica de modo a reduzir o custo energético. Esta reflexão mostra um equilíbrio entre as estratégias, em linha com algumas teorias do comportamento do motor, que indicam que quando o corpo é confrontado com constrangimentos do organismo (e possivelmente outros constrangimentos) este auto-organiza-se, de modo a ter uma maior eficiência (Goldfield, 1995; Kugler & Turvey, 1988).

## 8.5. Considerações finais

Neste estudo foi utilizado um desenho experimental descritivo do tipo longitudinal, no qual as mulheres grávidas foram avaliadas nos primeiro, segundo e terceiro trimestres da gravidez e até seis meses após o parto. A análise biomecânica do membro inferior durante a marcha mostrou que a gravidez influencia as variáveis cinéticas das articulações do tornozelo, joelho e coxofemoral. A articulação que sofre alterações mais evidentes é a coxofemoral. Este facto pode ser justificado por esta articulação estar mais próxima da região do corpo com maiores alterações anatómicas e morfológicas.

Os resultados globais apontam para ajustes biomecânicos que mostram uma diminuição da carga mecânica das mulheres durante a gravidez, possivelmente, com o objetivo de evitar uma forte interação com o solo, confirmada pela diminuição das FRA, dos momentos articulares e das potências articulares no plano sagital, cujos parâmetros são principalmente responsáveis pela progressão do corpo no espaço. Estes resultados sugerem algumas formas de intervenção nesta população, nomeadamente a necessidade de realizar exercício físico com o objetivo de desenvolver a estabilidade corporal, especialmente a estabilidade das articulações dos membros inferiores.



## 8.6. Referências bibliográficas

- ACOG - American College of Obstetricians and Gynecologists. (2010). *Your Pregnancy and Childbirth: Month to Month*. (5th ed.). Washington, DC: American College of Obstetricians and Gynecologists.
- Abu Osman, N.A., & Mat Ghazali, R. (2002). Biomechanical evaluation on gait pattern of pregnant subjects. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*; 02(01):99-116. doi: 10.1142/S0219519402000289
- Artal, R., & O'Toole, M. (2003). Guidelines of the American College of Obstetricians and Gynecologists for exercise during pregnancy and the postpartum period. *British Journal of Sports Medicine*; 37(1):6-12. doi: 10.1136/Bjism.37.1.6
- Branco, M., Santos-Rocha, R., & Vieira, F. (2014). Biomechanics of gait during pregnancy (review article). *The World Scientific Journal*; Article ID 527940. doi: 10.1155/2014/527940
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A.P. (2015). Three-dimensional Kinetic adaptations of gait throughout pregnancy and post-partum. *Scientifica* (Hindwai); Article ID 580374. doi: 10.1155/2015/580374
- Branco, M., Santos-Rocha, R., Aguiar, L., Vieira, F., & Veloso, A.P. (2015). Kinetic analysis of gait in the second and third trimesters of pregnancy. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*; 1650055. doi:10.1142/S021951941650055X
- Cappozzo, A., Cappello, A., DellaCroce, U., & Pensalfini, F. (1997). Surface-marker cluster design criteria for 3-D bone movement reconstruction. *Ieee Transactions on Biomedical Engineering*; 44(12):1165-74. doi: 10.1109/10.649988
- Davis III, R.B., Öunpuu, S., Tyburski, D., & Gage, J.R. (1991). A gait analysis data collection and reduction technique. *Human Movement Science*; 10(5):575-87. doi: 10.1016/0167-9457(91)90046-Z
- Forczek, W., & Staszkiwicz, R. (2012). Changes of kinematic gait parameters due to pregnancy. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*; 14(4):113-9. doi: 10.5277/Abb120413
- Foti, T., Davids, J.R., & Bagley, A. (2000). A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*; 82A(5):625-32.
- Goldfield, E.C. (1995). *Emergent forms: origins and early development of human action and perception* (illustrated ed.). USA: Oxford University Press.
- Huang, T.-H., Lin, S.-C., Ho, C.-S., Yu, C.-Y., & Chou, Y.-L. (2002). The gait analysis of pregnant women. *Biomedical Engineering - Applications, Basis & Communications*; 14(2):4. doi: 10.4015/s1016237202000103
- Inanir, A., Cakmak, B., Hisim, Y., & Demirturk, F. (2014). Evaluation of postural equilibrium and fall risk during pregnancy. *Gait Posture*; 39(4):1122-5. doi: 10.1016/j.gaitpost.2014.01.013
- Institute of Medicine and National Research Council of the National Academies. (2009). *Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines*: The National Academies Press.
- Kugler, P.N., & Turvey, M.T. (1988). Self-organization, flow fields, and information. *Human Movement Science*; 7(2-4):97-129. doi: 10.1016/0167-9457(88)90009-7
- Lymbery, J.K., & Gilleard, W. (2005). The stance phase of walking during late pregnancy - Temporospacial and ground reaction force variables. *Journal of the American Podiatric Medical Association*; 95(3):247-53. doi: 10.7547/0950247



- McCrary, J.L., Chambers, A.J., Daftary, A., & Redfern, M.S. (2011). Ground reaction forces during gait in pregnant fallers and non-fallers. *Gait & Posture*; 34(4):524-8.
- Perry, J. (1992). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. Thorofare, NJ: SLACK.
- Robertson, D., Gordon, E., Caldwell, G.E., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S.N. (2014). *Research Methods in Biomechanics* (2nd ed.). Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Robertson, D., & Dowling, J.J. (2003). Design and responses of Butterworth and critically damped digital filters. *Journal of Electromyography and Kinesiology*; 13(6):569-73. doi: 10.1016/s1050-6411(03)00080-4
- Santos-Rocha, R., Aguiar, L., & Branco, M. (2013). Adaptações biomecânicas da gravidez e pós-parto. In Santos-Rocha, R (2013). *Gravidez Ativa - Atividade Física e Saúde na Gravidez e Pós-Parto*. CIPER-FMH-UTL / ESDRM-IPS / FCT. Rio Maior: Edições ESDRM. ISBN: 978-989-97862-4-0 (Cap.4).
- Selbie, W.S., Hamill, J., & Kepple, T.M. (2014). Three-Dimensional Kinetics. In D.G.E. Robertson, G.E. Caldwell, J. Hamill, G. Kamen & S.N. Whittlesey (Eds.), *Research Methods in Biomechanics* (Second ed., pp. 151-176). Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Stewart, A., Marfell-Jones, M., Olds, T., & de Ridder, H. (2011). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Lower Hutt, New Zealand: ISAK.
- Takeda, K., Junji, K., Aya, T., Sigeko, F., & Yosie, E. (2009). An analysis of gait in the third trimester of pregnancy - gait analysis of the single support phase in the frontal plane. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*; 107, Supplement 2(0), S683. doi: 10.1016/S0020-7292(09)62446-2
- Veloso, A., Espanha, M., Pascoal, A.G., Armada da Silva, P., & Pezarat-Correia, P. (1999). Efeitos da Actividade Física nos Tecidos Não Contrácteis. In M. Espanha (Ed.), *Anatomofisiologia: Tomo I Sistema Osteo-Articular*. Lisboa: Edições FMH.
- Watkins, J. (1999). *Structure and Function of the Musculoskeletal System*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Whittle, M. (2007). *Gait Analysis: An Introduction* (4th ed.). Edinburgh; New York: Butterworth-Heinemann.



## 9 - Adaptações biomecânicas da extremidade inferior e a distribuição da pressão plantar ao longo da gravidez e período pós-parto

Ana Paula Ribeiro

### 9.1. Introdução à biomecânica da cadeia cinética inferior e o período da gravidez

O membro inferior pode ser considerado como uma cadeia cinética (Guskiewicz & Perrin, 1996; Cote *et al.*, 2005) e, como tal, pressupõe-se que uma alteração biomecânica em um dos complexos articulares dessa cadeia pode influenciar negativamente a biomecânica e função dos seus segmentos, sendo eles, coxofemoral, joelho e complexo tornozelo-pé. Uma das proposições clínico-científicas descritas na literatura é um elo mecânico funcional entre joelho e complexo tornozelo-pé (Keenan *et al.*, 1991). Uma modificação nas articulações proximais do membro inferior (coxofemoral) poderia influenciar a angulação do fêmur e/ou da tíbia e, secundariamente, o complexo do tornozelo e pé (Verderi, 2001). Têm-se evidenciado que um moderado desalinhamento frontal do joelho, dependendo da orientação do desvio, se em valgo ou em varo, as forças articulares, tanto estática quanto dinâmica, não mais homoganeamente distribuídas podem comprometer as estruturas articulares, levando a comprometimento funcionais e sintomatológicos (Sacco *et al.*, 2009).

Dessa forma, o pé desempenha um papel de grande precípua para a estabilidade mecânica da cadeia cinética inferior, uma vez que, sendo o segmento mais distal da extremidade inferior, é o responsável pela base de suporte do corpo (Williams *et al.*, 2001). Qualquer alteração na superfície desse apoio poderia influenciar ou induzir estratégias motoras compensatórias que resultariam em mudanças ascendentes, como por exemplo no joelho e até mesmo na coxofemoral, o que poderia levar a alteração nas atividades da vida diária, tal como a locomoção.



Diante desse arranjo artrocinemático do membro inferior, Guichet e colaboradores (2003) relatam que é extremamente necessário avaliar clinicamente a função do membro inferior em situações estáticas e dinâmicas, levando-se em conta, particularmente, a progressão e geometria de colocação do pé no solo, considerando sua influência substancial no alinhamento mecânico do membro inferior.

Nessa linha de raciocínio observa-se que o período de gravidez é uma condição especial de saúde, vista como um processo fisiológico compreendido pela sequência de modificações dos órgãos e sistemas corporais da mulher (Ritchie, 2003) todas de capital importância para o estabelecimento e progressão do ciclo gravídico-puerperal (Balaskas, 1998). Apesar de ser uma progressão cíclica fisiológica, o sistema musculoesquelético, em especial, sofre uma série de modificações ligamentares, articulares e posturais (Nicholls & Grieve, 1992; Heckman & Sassard, 1994; Borg-Stein *et al.*, 2005) que resultam em mudanças significativas e de grande impacto funcional em toda a cadeia cinética inferior, principalmente sobre os pés, a base de apoio de todo sistema corporal da gestante. A maior parte dessas mudanças é resultada, principalmente, da ação de alguns hormônios como a progesterona, o estrógeno e a relaxina (Abramson *et al.*, 1934). Este último, o principal indutor do relaxamento ligamentar, que provoca o aumento da mobilidade articular pélvica (Abramson *et al.*, 1934; MacLennan *et al.*, 1968) e das articulações periféricas (Calguneri *et al.*, 1982), gerando, na maioria das vezes, instabilidades articulares dos segmentos superiores e inferiores, o que pode predispor a lesões em membros inferiores (Blecher *et al.*, 1998). Inferência essa que reafirma o elo mecânico funcional da artrocinemática do membro inferior durante a gravidez.

Outro aspecto peculiar durante a gravidez é o rearranjo postural da coluna vertebral que reflete em adaptações posturais sobre os membros inferiores, as quais se fazem necessária para manter o equilíbrio e melhor distribuir as sobrecargas articulares (Ribeiro *et al.*, 2013). A postura vai se modificando com o contínuo crescimento uterino, que proporciona um aumento da carga anterior em região de tronco (Ireland & Ott, 2000), principalmente, devido à modificação do centro de gravidade da mulher (Fries & Hellebrandt, 1943). Esse deslocamento anterior do centro de gravidade durante a gravidez juntamente com a inclinação posterior do segmento torácico são associadas com as mudanças na postura da pelve neste período, a qual a mulher grávida passa a realizar uma antepulsão associada a uma anteversão pélvica (Moore *et al.*, 1990; Birch *et al.*, 2003).

Concomitantemente a postura de anteversão pélvica, as mudanças no sistema corporal da gestante durante a gravidez incluem: o aumento da lordose lombar e inclinação pélvica anterior (Moore *et al.*, 1990; Gilleard *et al.*, 2002; Snijders *et al.*, 1984), a posteriorização da cabeça (Bullock *et al.*, 1987; Franklin & Conner-Kerr, 1998), a hiperextensão dos joelhos e o maior rebaixamento do arco plantar longitudinal medial dos pés, que pode ser explicado por



um aumento do volume (Alvarez *et al.*, 1988; Wetz *et al.*, 2006), comprimento e largura desse segmento (Wetz *et al.*, 2006).

Esse complexo desarranjo postural, na maioria das vezes, reduz a capacidade da gestante em manter uma postura ausente de desconfortos dolorosos. Desse modo, as possíveis adaptações geram processos desarmônicos e compensatórios que podem sobrecarregar determinados segmentos e provocar processos álgicos na coluna lombar (Fast *et al.*, 1987; Dumas *et al.*, 1995; Paul *et al.*, 1996; Orvieto *et al.*, 1994; Kristiansson *et al.*, 1996; Carlson *et al.*, 2003; Ayanniyi *et al.*, 2006), na coxofemoral (Paul *et al.*, 1996; Mogren & Pohjanen, 2005; Mogren, 2006) e nas extremidades inferiores (Vullo *et al.*, 1996).

Segundo Ritchie (2003) o ganho de peso de 20% pode aumentar a força sobre as articulações dos membros inferiores e isso, na maioria das vezes, vai interferir na qualidade de vida da gestante. Segundo Albino e colaboradores (2011) durante a gravidez ocorre uma diminuição do domínio físico da gestante, principalmente no terceiro trimestre. Este domínio físico (Questionário *WHOQoL-bref*) representa a percepção da gestante quanto à dor e desconforto, energia e fadiga, sono e repouso, mobilidade e capacidade para o trabalho.

Na sequência das mudanças corporais da gestante, o ganho de peso de aproximadamente 12 kilogramas (Cogswell *et al.*, 1995; Jensen *et al.*, 1996) associado ao aumento considerável do volume do abdômen e das mamas, principalmente, no terceiro trimestre de gestação, contribui para aumentar a sobrecarga e o desequilíbrio no sistema musculoesquelético (Ritchie, 2003). Isso por sua vez, provoca perturbação do centro de gravidade e maior oscilação do centro de pressão, que resultam em um desequilíbrio antero-posterior da mulher (Ribas & Guirro 2007; Butler *et al.*, 2006).

Todo esse desequilíbrio postural induz a gestante, para manter a estabilidade na postura ortostática, a utilizar estratégias como reposicionamento dos pés, para aumentar sua base de sustentação (Bird *et al.*, 1999), o que segundo Nyska e colaboradores (1997) e Ribeiro e colaboradores (2011) culmina, principalmente, em mudanças na pressão plantar. Direcionando para condições dinâmicas, como a locomoção, a busca para manutenção do equilíbrio resulta em alterações cinemáticas (Taves *et al.*, 1982; Golomer *et al.*, 1991; Foti *et al.*, 2000) e espaço-temporais (Lymbery & Gilleard, 2005). As alterações evidenciadas na literatura é um padrão de locomoção *gingado* ou *anserino*, ou seja, maior balanço mediolateral, na qual a gestante passa a andar com passos curtos, base de sustentação mais alargada e os pés rodados mais lateralmente (Bird *et al.*, 1999; Block *et al.*, 1985). Segundo Wu e colaboradores (2002), um melhor entendimento dessas modificações resultaria em tratamentos profiláticos mais adequados para a sintomatologia álgica dessas mulheres.



Mediante a grande importância dessas alterações anatomofisiológicas dos membros inferiores e principalmente do complexo articular do pé que resulta em mudanças de carga plantar na superfície dos pés durante a gravidez, se torna de extrema valia a melhor compreensão dessas adaptações para maior caracterização e descrição da cadeia cinética inferior e distribuição de carga dos pés ao longo da gestação e período pós-parto (Ribeiro *et al.*, 2013).

Assim, o objetivo desse capítulo é descrever de forma detalhada as evidências e explanação da literatura sobre o comportamento estático e dinâmico de toda cadeia cinética inferior, com ênfase no complexo articular do pé, visto ser a unidade funcional do membro inferior responsável pela recepção e distribuição das cargas quando em contacto com o solo. Um pé saudável e funcionalmente normal deve ter um bom alinhamento articular, equilíbrio muscular e distribuição adequada das forças sobre a superfície plantar na manutenção da postura quieta e nas habilidades locomotoras, como a locomoção.

## **9.2. Aspectos posturais estáticos e dinâmicos da cadeia cinética inferior durante a gravidez e período pós-parto**

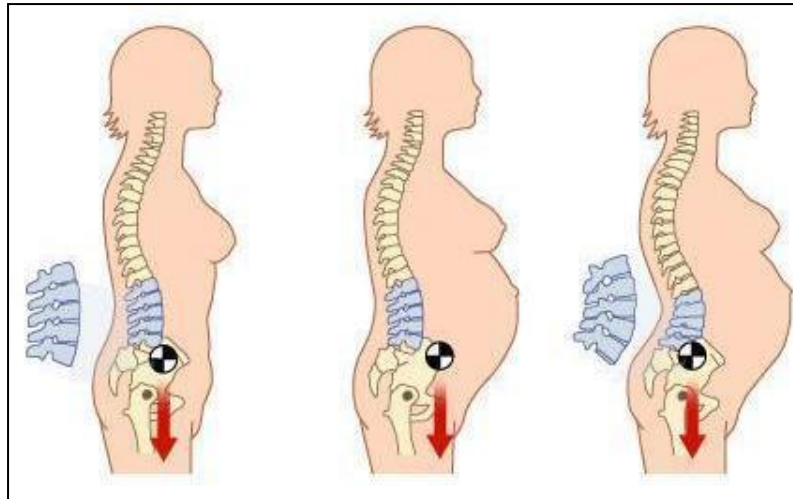
Todas as mudanças morfológicas, fisiológicas, hormonais e biomecânicas que ocorrem ao longo do período de gravidez resultam numa constelação de mudanças dos diferentes segmentos da extremidade inferior. As mudanças podem ser desde deslocamento anterior do centro de massa, o aumento do peso, a diminuição da coordenação e controle neuromuscular, as alterações vasculares, como o edema nas pernas, até a diminuição de força abdominal, o realinhamento da coluna vertebral, as adaptações biomecânicas dos membros inferiores e consequentemente as sobrecargas nas articulações (Calguneri *et al.*, 1982; Block *et al.*, 1985; Dumas *et al.*, 1995; Dunning *et al.*, 2003).

Uma melhor caracterização das observações literárias frente ao realinhamento da coluna vertebral e as adaptações dos membros inferiores durante o período da gravidez serão descritas com maiores detalhes em cada tópico abaixo.



### 9.3. Alinhamento sagital da coluna vertebral e da bacia durante a gravidez

A maior parte das adaptações dos membros inferiores durante a gravidez ocorre devido ao realinhamento das curvaturas da coluna vertebral. De todas as curvaturas da coluna vertebral a região lombar é a mais afetada (Snijders *et al.*, 1984; Moore *et al.*, 1990; Franklin *et al.*, 1998; Gilleard *et al.*, 2002). Segundo Moore e colaboradores (1990), a curvatura lombar vai aumentando significativamente ao longo dos trimestres de gestação para melhor distribuição das forças externas recebidas pelo corpo durante a gravidez (figura 24). Segundo, Bullock-Saxton (1991) além do aumento da curvatura lombar ocorre também um aumento da curvatura torácica, o qual se mantém até dois meses após o período do parto.



**Figura 24 - Representação das adaptações da coluna vertebral com o foco sobre a região lombar e a distribuição das forças para os membros inferiores durante a gravidez (Russel, Z., 2013; disponibilizado em: <http://physioworks.com.au/injuries-conditions-1/pregnancy-back-pain>)**

Todo esse realinhamento postural das curvaturas da coluna vertebral favorece a redistribuição das forças articulares para a cadeia cinética inferior do corpo (Figura 24). No entanto, isso acaba gerando sobrecargas articulares nos membros inferiores e algum desconforto álgico no sistema musculoesquelético da gestante (Ritchie *et al.*, 2003). Em conjunto a sobrecarga e à dor ocorre uma diminuição na qualidade de vida da grávida, principalmente, em torno do terceiro trimestre de gestação (Mocelim *et al.*, 2012). A extensão e a consequência disso para a mulher grávida será a influência para a prática de atividade física e o desempenho das tarefas motoras diárias (Nicholis & Grieve, 1992).



Contudo, todas essas limitações funcionais das tarefas motoras se fazem necessárias frente às mudanças biomecânicas compensatórias causadas pelo aumento da massa corporal (Cogswell *et al.*, 1995, Jensen *et al.*, 1996) e deslocamento anterior do centro de gravidade (Fries & Hellebrandt, 1943; Butler *et al.*, 2006, Ribas & Guirro, 2007). Paralelamente, as mudanças hormonais, as quais promovem o aumento da mobilidade articular do complexo da bacia (Abramson *et al.*, 1934; Maclennan *et al.*, 1986) e das articulações periféricas (Calguneri *et al.*, 1982), resultando em realinhamentos da coluna vertebral (Paul *et al.*, 1996, Dumas *et al.*, 1995, Franklin *et al.*, 1998, Moore *et al.*, 1990) que resultam numa maior pressão sobre a musculatura da região lombar (Sihvonen *et al.*, 1998). É descrito na literatura que o espasmo da musculatura extensora da coluna, em especial da região lombar, está linearmente relacionado com o desconforto de dor durante a gravidez (Sihvonen *et al.*, 1998; Gutke *et al.*, 2008).

As mudanças do alinhamento postural da coluna vertebral e a maior ativação da musculatura extensora são explicadas em grande parte pelo maior estiramento da musculatura abdominal, os quais foram confirmados pelo estudo de Gillear e colaboradores (2002) que examinou o estiramento abdominal por meio de fotografia em 3D (tridimensional) de nove grávidas em diferentes períodos gestacionais (14 a 32 semanas) e oito semanas após o parto. Os autores observaram um alongamento do músculo abdominal durante a gravidez que diminui a função de estabilidade da coxofemoral. Esta redução da estabilidade ainda permanece oito semanas após o parto. Segundo Foti e colaboradores (2000) essas mudanças posturais do coxofemoral resulta em mudanças no padrão cinético deste segmento promovendo um maior momento extensor do joelho durante o início do apoio (contacto inicial dos pés) que vai aumentando potencialmente ao longo da gravidez. Isso resulta em maior exigência muscular, principalmente da musculatura abduutora dos membros inferiores.

## **9.4. Alinhamento e ângulo de torção do fêmur, joelho e tornozelo pré e pós gestação**

Em decorrência das mudanças biomecânicas da coluna e da coxofemoral promoverem contínuas sobrecargas na articulação coxofemoral, ao longo dos trimestres de gestação, além da dor pode surgir também à rigidez nesta articulação. Em situações mais graves, de acordo com a literatura, pode ocorrer o surgimento de osteonecrose da cabeça do fêmur (Pelliccioli *et al.*, 1984, Cheng *et al.*, 1982, Lausten, 1991, Montella *et al.*, 1999) ou um quadro clínico de osteoporose (Beaulin *et al.*, 1976, Dune *et al.*, 1993). No entanto, o mecanismo fisiopatológico para o aparecimento dessas condições ainda não é muito bem esclarecido e compreendido.



Outro aspecto marcante promovido pela gravidez que irá afetar a biomecânica estática e dinâmica dos membros inferiores é a frouxidão ligamentar, promovida pela hormona relaxina (Calguneri *et al.*, 1982; Maclennan *et al.*, 1986; Blecher & Richmond, 1998). A relaxina está associada com o remodelamento das fibras de colágeno de grande diâmetro para pequeno diâmetro ativando os fibroblastos para a síntese de um novo colágeno (Weiss *et al.*, 1979; Blecher & Richmond 1998).

O aumento de flexibilidade articular da extremidade inferior resulta numa bacia mais instável associado ao alinhamento postural em anteversão e redução na dissociação bacia e tronco (Wu *et al.*, 2004). Além disso, ocorre um desalinhamento em valgismo dos joelhos, em consequência ao centro de força do corpo da grávida que passa a cair mais medial e lateralmente à base de apoio dos pés (Albino *et al.*, 2011; Lymbery & Gilleard, 2005). Outra consequência ao desalinhamento em valgismo dos joelhos é o aumento do momento de força sobre esta articulação, o que pode causar dor, instabilidade articular e até mesmo um possível desenvolvimento de uma disfunção patelofemoral (Vullo *et al.*, 1996; Dumas *et al.*, 1997, Lou *et al.*, 2001). Isto tem contribuído para o aumento do risco de muitas disfunções musculoesqueléticas, em parte, relacionada às mudanças bioquímicas e biomecânicas que ocorre no corpo da mulher durante a gravidez (Ponnapula *et al.*, 2010).

Em virtude das mudanças angulares e de distribuição de força mais medialmente sobre os segmentos dos joelhos a grávida apresenta alguns problemas musculoesqueléticos, sendo o mais comum a câibra nas pernas, a qual é caracterizada por uma contração involuntária súbita do músculo gastrocnémio (Saltone, 1961). O aumento da demanda funcional sobre os músculos flexores do tornozelo durante a gravidez, frente às sobrecargas do joelho, exacerba o sintoma de câibra (Foti *et al.*, 2000). Segundo Ponnapula e colaboradores (2010) essas mudanças geram uma desvantagem biomecânica nos membros inferiores durante atividades dinâmicas, como a marcha.

Contemplando e reiterando a exigência funcional dos flexores do tornozelo durante a gravidez Hagan e Wong (2010) num estudo longitudinal com duas gestantes verificaram uma diminuição do ângulo de flexão plantar do tornozelo em todas as fases da marcha ao longo da gravidez persistindo ainda 12 para 16 semanas após o parto. Essas mudanças artrocinemáticas do complexo do tornozelo devem ser monitoradas para prevenir ou reduzir o risco de potenciais disfunções na marcha ao longo do tempo.

Uma das disfunções que vem aumentando a incidência durante a gravidez são as neuropatias por compressão, bem como as radiculopatias sobre a extremidade inferior (Sax & Rosenbaum, 2006; Briemberg, 2007). De acordo com Mabie (2005), uma percentagem de 88% das gestantes com sintomas neurológicos na extremidade inferior está relacionada com o edema no



tornozelo. Facto esse que pode resultar tanto na limitação funcional já mencionada (Hagan & Wong, 2010) como na compressão e retenção de líquido sobre o nervo tibial anterior podendo induzir uma possível síndrome do túnel do tarso (Mabie, 2005). Progredindo para o período pós-parto uma percentagem de 43% das mulheres que relatam formigueiro, queimaduras ou sensações de dormência nos pés e pernas durante a gravidez (Mabie, 2005; Sax & Rosenbaum, 2006; Briemberg, 2007).

A possível explicação para todos os sintomas do complexo dos pés são as suas alterações artrocinemáticas devido ao maior estriamento dos ligamentos plantares (Alvarez *et al.*, 1988) e a diminuição da propriocepção plantar que deixam as grávidas mais susceptíveis a futuros entorses e maiores sintomas algícos na região plantar dos pés (Lecturer & Solomon, 2011).

## **9.5. Desconfortos músculo-esqueléticos da cadeia cinética inferior pré e pós-gestação**

De todos os sintomas experimentados pelas grávidas, a lombalgia é, sem dúvida, a mais frequente, visto sua prevalência em pelo menos 50% das gestantes a nível mundial (Greenwood *et al.*, 2001; Novaes *et al.*, 2006). Porém, recentes publicações revelam que esse número pode alcançar uma marca de 70% (Mogren & Pohjanen, 2005; Mogren, 2006) e que 20% destas permanecem sob licença médica devido a isso, por um período de aproximadamente sete semanas durante a gravidez (Ostgaard *et al.*, 1994). A etiologia desse sintoma experimentado pelas grávidas é múltiplo e ainda obscuro, mas vários fatores têm sido considerados como possíveis determinantes da lombalgia, destacando-se o fator biomecânico (Stuge *et al.*, 2003).

Concomitantemente a lombalgia, a dor pélvica durante a gravidez vem tomando um espaço cada vez mais evidente na prática clínica, porém com etiologias não exatas e, portanto, ainda desconhecidas (O'Sullivan & Beales, 2007). A sua prevalência durante a gravidez é estimada numa percentagem de 22,5% (Wu *et al.*, 2008), os quais são divididos em 10% com sintomas moderados, 10% com sintomas intensos que requerem atenção médica e 2,5% dor severa e/ou incapacidades (Padua *et al.*, 2002). Segundo Wu e colaboradores (2002), algumas das incapacidades obtidas durante a gravidez em mulheres com dor pélvica são as mudanças de coordenação entre a rotação da bacia e do tórax, bem como dos padrões da marcha com velocidade mais lenta (Wu *et al.*, 2008).



Desta forma, os desconfortos musculoesqueléticos da extremidade inferior, além de permanecerem na coluna lombar (Orvieto *et al.* 1994; Kristiansson *et al.*, 1996; Carlson *et al.*, 2003; Ayanniyi *et al.*, 2006), na articulação sacroilíaca e na coxofemoral (Mogren & Pohjanen, 2005; Mogren, 2006), também permanecem nos joelhos e nos pés (Vullo *et al.*, 1996). Estima-se que aproximadamente 25% das gestantes apresentem pelo menos sintomas temporários (Borg-Stein *et al.*, 2005). Assim, durante esse período são comuns as desordens musculoesqueléticas em toda cadeia cinética inferior, as quais geram extensos problemas e incapacidades funcionais (Nicollas & Greive, 1992; Mocelim *et al.*, 2012).

Essas incapacidades funcionais resultam em morbidade e prejuízo na independência da gestante, principalmente em algumas atividades diárias como: agachar para pegar algum objeto, levantar de uma cadeira e até mesmo em uma simples atividade de caminhar (Fast *et al.*, 1987; Fast *et al.*, 1990; Wu *et al.*, 2004). Segundo Fast e colaboradores (1987) uma percentagem de 45,5% de grávidas com dor lombar apresentam irradiação para as extremidades inferiores que podem piorar ainda mais na realização das atividades diárias funcionais da gestante, principalmente na locomoção.

Levando em consideração que o andar é a forma mais trivial de locomoção da gestante, Alvarez e colaboradores (1988) explica que fatores hormonais, como a relaxina, tem um grande efeito sobre as articulações gerando instabilidades que podem levar a dor e disfunção funcional nos membros inferiores. Com base neste raciocínio, Vullo e colaboradores (1996) relatam que 31% das mulheres no período pós-parto queixavam-se de dor generalizada nos pés durante a gravidez. Similarmente, 42% destas mulheres, relatam dor em áreas específicas dos pés, como: calcanhar, planta do pé e antepé. Confirmando o aparecimento desses sintomas algícos por meio da ação da hormona relaxina, pesquisas tem demonstrado que durante a gravidez ocorre um aumento de 10 vezes mais desta hormona, a qual enfraquece as estruturas dos tecidos moles e aumenta a flexibilidade das articulações (Calguneri *et al.*, 1982, Maclennan *et al.*, 1986; Blecher & Richmond, 1998), em especial do complexo do pé, por este ser, a base estática e dinâmica de sustentação corporal da mulher grávida (Lecturer & Solomon, 2011).



## 9.6. Características antropométricas e adaptações dinâmicas do arco plantar e apoio dos pés para manutenção do controle postural e o risco de quedas durante a gravidez e período após o parto

Na literatura encontram-se alguns estudos sobre as mudanças da forma dos pés ao longo da gravidez. Alvarez e colaboradores (1988) e Wetz e colaboradores (2006) não relatam nos seus estudos um aumento do comprimento, largura e volume dos pés durante a gravidez. O aumento do volume dos pés em 57,2 milímetros entre o início e final da gestação é atribuído a maior retenção de líquido neste período. No entanto, após oito semanas do nascimento da criança ocorre apenas uma diminuição de 8,42 milímetros do volume dos pés (Alvarez *et al.*, 1988). O aumento da largura e comprimento dos pés tem sido explicado por Block e colaboradores (1985) pelo movimento inferior da cabeça do tálus em efeito ao aumento de peso e da relaxina. Todas essas alterações resultam em efeitos sobre a articulação subtalar, primeira articulação metacarpofalangeana e arco longitudinal medial (Blok *et al.*, 1985). Segundo Block e colaboradores (1985) tanto a região posterior do pé como a região média do pé da gestante apresentam um comportamento mais pronado que está associado com o rebaixamento de aproximadamente 1 cm do osso do tálus, o que pode promover uma diminuição da altura do arco estática e aumento do nível de movimento das articulações subtalar e primeira metatarsfalangeana (Nyska *et al.*, 1997).

Os efeitos da gravidez sobre o arco plantar ainda permanecem pouco claros (Jelen *et al.*, 2005). Dos poucos estudos realizados Jelen e colaboradores (2005) numa análise 3D pelo método de esfereofotogrametria avaliaram quatro mulheres grávidas nos três períodos da gravidez. Os autores verificaram que ainda permanece pouco claro a tendência aumentada ou diminuída da altura do arco plantar longitudinal medial durante a gravidez. Outro estudo, porém, com apenas um caso (Bohemen, 1996) relatou uma diminuição da altura do arco e um aumento da largura dos pés, onde essas mudanças ainda permanecem no período imediato ao pós-parto.

Em consequência, as alterações anatômicas dos pés associado as mudanças como: frouxidão ligamentar e do tecido mole, ao aumento de massa e a maior exigência da musculatura abduutora dos membros inferiores, pode ocorrer um maior estiramento da fáschia plantar. Como a fáschia plantar suporta o arco longitudinal medial a contribuição de todas essas mudanças podem realmente contribuir para diminuição da altura do arco plantar.



Segundo Wu e colaboradores (2002), um melhor entendimento dessas modificações resultaria em tratamentos profiláticos mais adequados para a sintomatologia álgica dessas mulheres, por ser o pé, a base de sustentação corporal para melhor equilíbrio postural durante a locomoção das gestantes.

A manutenção do equilíbrio na postura ereta é tarefa complexa, apesar de comum na vida diária, é de grande impacto ao longo da gravidez. Uma das possíveis explicações são as mudanças musculoesqueléticas que geram adaptações posturais na coluna vertebral e nos membros inferiores. O aumento da carga devido ao aumento da massa corporal aproximadamente 12 a 16 kg (Cogswell *et al.*, 1995; Jesen *et al.*, 1996) e o deslocamento superior e anteriormente do centro de gravidade (CG) (Fries & Hellebrandt, 1943) podem afetar o equilíbrio e o controle do movimento durante a gravidez (Mocelim *et al.*, 2012). Oliveira e colaboradores (2009) observaram uma diminuição do controle postural estático durante a gravidez em situações de redução da base de apoio dos pés. Ribas e Guirro (2007) encontraram uma redução significativa no equilíbrio postural durante o terceiro trimestre associado com aumento do deslocamento anteroposterior do movimento durante este período, dados também observados no estudo de Jang e colaboradores (2008). De acordo com Butler e colaboradores (2006) a estabilidade postural vai diminuindo gradualmente durante a gravidez e permanece diminuída até 6 a 8 semanas após o nascimento.

Toda a redução da estabilidade postural da mulher grávida aumenta o seu risco de quedas durante este período quando comparadas às mulheres não grávidas. Aproximadamente 27% das mulheres grávidas sofrem de quedas por volta do segundo trimestre de gravidez e aumentam as situações de risco de quedas a partir do terceiro trimestre (Dunning *et al.*, 2010). As mulheres que sofrem quedas podem passar por vários tipos de lesão como: fraturas ósseas, estiramento muscular e articular, ruturas de tecidos moles, deslocamento da placenta e ocasionalmente morte materna ou fetal (Weiss *et al.*, 1968; Pearlman *et al.*, 1990; Fildes *et al.*, 1992).

Na tentativa de manter o equilíbrio postural e melhorar o risco de quedas a gestante promove adaptações nos segmentos dos pés aumentando a sua base apoio e a distância entre eles (Butler *et al.*, 2006). De acordo com Foti e colaboradores (2000) o maior apoio dos pés contribui para maior controle da estabilidade postural ao longo da gravidez. Bird e colaboradores (1999) ao utilizar recursos simples como os parâmetros da impressão plantar avaliaram 25 mulheres com 12 semanas de gestação. Ao mensurar longitudinal e transversalmente as impressões plantares registradas sobre uma passarela, os autores observaram um aumento da base de sustentação do primeiro ao terceiro trimestre. Isso foi explicado como um mecanismo compensatório da gestante a fim de melhorar a estabilidade locomotora. Porém, essa tentativa pode ter importantes implicações no mecanismo funcional



dos pés, principalmente, no que se referem à absorção e distribuição das cargas, além de aumentar o potencial de lesões nas extremidades inferiores, tais como as relatadas por Vullo e colaboradores (1996), sendo a fasciíte plantar e a síndrome femoro-patelar as mais comuns. Corroborando com esses achados de Butler e colaboradores (2006) e Dumas e colaboradores (1995) ressaltam que a base de apoio dos pés é significativamente maior no final do terceiro trimestre de gestação em busca de maior controle da estabilidade postural. Na literatura alguns autores (Nyska *et al.*, 1997; Goldberg *et al.*, 2001, Ribeiro *et al.*, 2011) explicam o aumento da base de apoio dos pés pelo aumento da área de contacto dos mesmos em contacto com o chão. Segundo Ribeiro e colaboradores (2011) ocorre um aumento da área de contacto no retropé lateral e mediopé medial, o qual pode ser explicado pela maior oscilação médio lateral observado no estudo de Lymbery e Gilleard (2005).

Mediante estas alterações é necessário na prática clínica da fisioterapia e da educação física e áreas correlatas afins observar e promover programas de tratamentos enfatizando o equilíbrio postural e a prevenção de quedas através da manutenção do tônus e força muscular dos membros inferiores para melhorar a exigência sobre os segmentos dos pés em atividades funcionais estáticas e dinâmicas.

Segundo Lymbery e Gilleard (2005) e Mocelim e colaboradores (2012) as gestantes tentam maximizar a estabilidade postural e controlar a força gerada nos movimentos médios laterais ao longo dos trimestres de gestação ajustando a largura dos passos. Isso faz com que a mulher grávida passe a andar de forma a gerar mudanças nos segmentos articulares e musculares dos membros inferiores que acaba gerando sobrecargas plantares.

## **9.7. Dinâmica da marcha e a distribuição da carga sobre a superfície dos pés durante e após a gravidez**

Verificando os achados literários sobre as mudanças de equilíbrio e a forma das gestantes se adaptarem com o segmento dos pés para melhor controlo dos movimentos fica claro que as mudanças da marcha acontecem ao longo dos trimestres gestacionais. Uma confirmação dessas alterações é ressaltado pelo estudo de Lymbery e Gilleard (2005) ao comparar variáveis espaço temporais e a força de reação do solo durante a marcha de 13 mulheres grávidas com aproximadamente 38 semanas de gestação e oito semanas após o parto. Os autores constataram que elas apresentaram maior largura do passo em relação ao período após o parto. Além disso, observaram uma maior componente lateral da força reação do solo e o centro de pressão na fase inicial do apoio estático foi mais medial e pouco anterior,



quando comparado ao período pós-parto. Os autores explicam que o padrão da marcha com oscilação médio-lateral adotado por essas mulheres busca o máximo de estabilidade postural na fase de apoio do centro de massa.

Concordando com os achados acima Carpes e colaboradores (2008) também avaliaram a marcha de sete gestantes e as variáveis espaço temporais como o comprimento do passo e largura do passo. Todas essas variáveis aumentaram do segundo para o terceiro trimestre associado a um aumento do apoio simples e do apoio duplo do primeiro para terceiro trimestre, os quais permanecem alteradas até quatro meses após o parto. Com um propósito mais específico sobre atuação das forças externa aplicado sobre a cadeia cinética inferior da grávida, Albino e colaboradores (2011) avaliaram a força de propulsão de 13 gestantes. Eles verificaram uma diminuição desta força e também maior oscilação médio lateral ao longo dos trimestres gestacionais. Segundo os autores a diminuição da força de propulsão pode resultar em sobrecarga na ação muscular do tríceps sural.

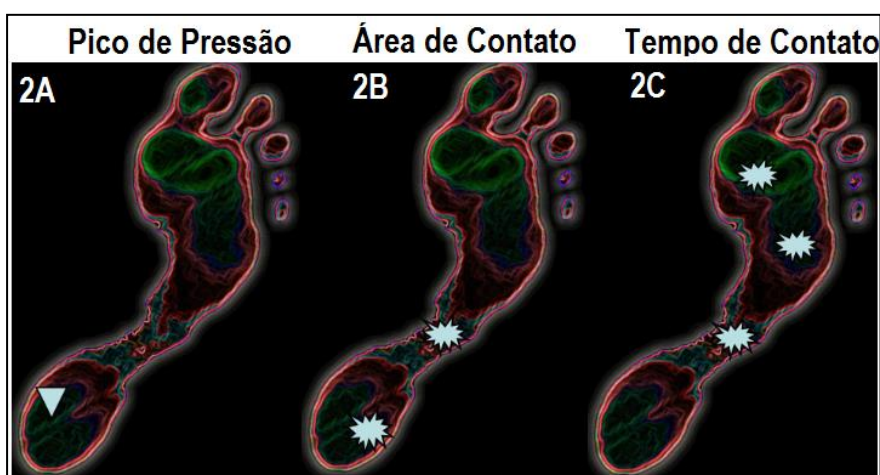
Além das variáveis espaço temporais, outro parâmetro não-invasivo que vem sendo utilizado para avaliar essa importante estratégia de locomoção das gestantes é a distribuição da pressão plantar. Segundo Orlin e McPoil (2000), essa é uma ferramenta clinicamente útil para detectar alterações da marcha e pontos da superfície plantar que recebem maior sobrecarga. Com esse propósito, Nyska e colaboradores (1997) almejavam avaliar a pressão plantar estática e dinâmica de 25 mulheres grávidas e 28 não grávidas, na última semana gestacional. Observaram que na posição estática a pressão foi maior na região posterior do pé, numa percentagem de 30% nas mulheres gestantes, bem como a área de contacto. Na pressão dinâmica observaram-se maiores, o tempo de contacto e o pico de pressão nas regiões laterais da superfície plantar. Já a geração de força no calcanhar aumentou aproximadamente 15% na perna direita e 10% na perna esquerda, quando comparado às mulheres não gestantes. A possível explicação foi dada pela combinação do deslocamento de massa mais anteriormente, a mudança mais em pronação do antepé, o acréscimo do volume do calcanhar e o acúmulo de tecido mole, gordura ou edema sobre os pés. Os autores relatam que os achados desse estudo explicam a dor nos pés das gestantes. No entanto, as grávidas não foram acompanhadas ao longo dos três trimestres de gestação.

Na mesma linha de raciocínio, Goldberg e colaboradores (2001) que avaliaram 30 grávidas, pelo menos uma vez a cada trimestre gestacional. Os autores observaram que o pico de pressão no terceiro trimestre de gestação, permaneceu aumentado no retropé e diminuído no antepé durante a marcha. No mesmo trimestre, também verificaram que houve um aumento do tempo de contacto, indicando uma velocidade reduzida da marcha e um aumento do impulso (integral da força). Porém, nesse estudo não houve grupo de controlo para comparação dos dados resultantes das grávidas.



Evoluindo para estudos mais atuais, Karadag-Saygi e colaboradores (2010) avaliaram as mudanças da pressão plantar no último trimestre de gestação e a oscilação do centro de pressão (COP) de trinta e cinco mulheres grávidas. Os autores observaram um aumento do pico de pressão sobre o antepé durante a postura estática e durante a marcha. Além disso, observou-se uma maior oscilação do COP na direção anteroposterior e um aumento do tempo de contacto no antepé promovendo um prolongamento da fase de apoio na região média do pé, o qual foi correlacionado com os sintomas de dor nos pés.

Para melhor esclarecer essa contradição de resultados, apenas um estudo foi encontrado na literatura, com a proposta de avaliar as gestantes longitudinalmente, ou seja, ao longo dos trimestres gestacionais. Ribeiro e colaboradores (2011) acompanharam a distribuição da pressão plantar estática e dinâmica durante o período de um ano correspondente ao último mês de cada trimestre de gestação de seis mulheres grávidas. Os autores observaram nenhuma diferença na pressão plantar durante a postura estática ao longo da gravidez. Porém, durante a marcha o pico de pressão e a força máxima na região medial do pé foi menor do primeiro para o terceiro trimestre. A força máxima aumentou no antepé medial do primeiro para o segundo trimestre. A área de contacto aumentou no retropé lateral e no mediopé ao longo do terceiro trimestre. O tempo de contacto aumentou no mediopé e antepé do primeiro para o terceiro trimestre (Figura 25). Assim, ao longo da gravidez observou-se que houve uma redistribuição das cargas plantares diminuindo no retropé e aumentando no mediopé e antepé, contrariamente aos achados nos estudos de Nyska e colaboradores (1997) e Golberg e colaboradores (2001) e de acordo com os achados de Karadag-Saygi e colaboradores (2010).



**Figura 25 - Representação das mudanças no pico de pressão, área de contacto e tempo de contacto durante a marcha ao longo dos trimestres de gestação. 2A: Diminuição do pico de pressão sobre retropé medial do 1.º para o 3.º e do 2.º para o 3.º trimestre. 2B: Aumento da área de contacto no retropé lateral do 2.º para o 3.º trimestre e no mediopé do 1.º para o 3.º trimestre. 2C: Aumento do tempo de contacto no mediopé e antepé medial e lateral do 1.º para o 3.º trimestre**

▽ Diminuição ✨ Aumento. (Adaptado por Ribeiro *et al.*, 2011).



Para melhor compreensão das adaptações da marcha apenas três estudos se direcionaram analisá-la de forma bidimensional e tridimensional. O primeiro estudo realizado por Foti e colaboradores (2000) analisaram tridimensionalmente a marcha de 15 gestantes no segundo e no terceiro trimestre, bem como um ano após o parto. Os autores observaram que na fase final do apoio houve um aumento significativo na abdução e extensão da coxofemoral, bem como da musculatura flexora plantar da articulação de tornozelo. Os dados encontrados são explicados como uma forma de compensação, devido ao aumento de peso e às mudanças na distribuição de massa no período de gravidez. Segundo os autores essas compensações podem promover sobrecargas musculares em membros inferiores que podem resultar em dor na coxofemoral, no joelho e no tornozelo.

O segundo realizado por Hagan e Wong (2010) avaliou a marcha de duas gestantes bidimensionalmente antes da gravidez, durante a gravidez (1, 2 e 3 trimestres) e no período de 12 a 16 semanas após o parto. Observaram que a velocidade da marcha, ângulo do coxofemoral e a inclinação pélvica muda durante a gravidez e retornam aos valores normais de antes da gravidez após o parto. No entanto, a flexão plantar de tornozelo permanece diminuída durante a gravidez e ainda permanece com 16 semanas após o parto.

Constatando-se todas essas alterações e sendo a marcha o exercício mais recomendado para as gestantes, onde 43% dela preferem o caminhar como forma de exercitar-se (Clapp, 2000), Foti e colaboradores (2000) reafirmaram a importância de promover medidas preventivas e curativas de problemas como lombalgia e dor em membros inferiores associados ao período gravídico.

## **9.8. Implicações clínicas do aumento da carga plantar na gestante: benefícios do calçado e do exercício físico para os membros inferiores**

Diante de todos os achados literários aqui evidenciados, é notório a necessidade de programas de tratamentos clínicos por meio de médicos, fisioterapeutas e educadores físicos direcionados ao desporto sobre as mudanças da marcha e sobrecargas plantares ao longo da gravidez. Um dos possíveis recursos terapêuticos com esse propósito seria a recomendação para gestante de um recurso mecânico passivo como o uso de palmilhas para suporte do arco longitudinal plantar (Fong *et al.*, 2012). A preposição teórica para indicação clínica das palmilhas seria a tentativa de melhorar a área de contacto dos pés e consequentemente aumentar a ativação proprioceptiva permitindo melhor elasticidade da fâscia plantar e



redistribuição das cargas sobre a superfície de apoio dos pés (Fong *et al.*, 2012). Diante desses achados pode-se inferir que talvez, durante o período de gravidez a utilização de palmilhas possa evitar e/ou amenizar os sintomas álgicos sobre a superfície dos pés e o possível surgimento de uma fasciite plantar (Vullo *et al.*, 1996). No entanto, ainda não existem comprovações científicas sobre os efeitos das palmilhas em gestantes sendo necessários futuros ensaios clínicos randomizados para comprovações clínicas.

Outra possível indicação de tratamento clínico conservador seria a utilização de calçados flexíveis e sem saltos que permitam maior segurança de equilíbrio em virtude do maior contacto dos pés com o solo e melhor desempenho dos membros inferiores com diminuição dos momentos de força sobre o joelho, em condições de desalinhamentos valgo ou varo, como já evidenciado em paciente com osteoartrite de joelhos (Sacco *et al.*, 2012). A inferência desses achados pode se estender para gestantes, uma vez que, durante a gravidez essas mulheres tendem a levar um desalinhamento em valgo dos joelhos com sobrecargas articulares e plantares (Sacco *et al.*, 2012), talvez o calçado flexível pudesse resultar na realização da marcha com menores sobrecargas articulares nos joelhos favorecendo menores sobrecargas no complexo tornozelo-pé, maior controle da estabilização postural e um menor gasto energético.

Elucidando a marcha ou caminhada como a atividade física mais recomendada para as gestantes, onde 43% dela preferem o caminhar como forma de exercitar-se (Clapp, 2000), essa atividade deve ser retreinada em consequência dos ajustes fisiológicos e biomecânicos advindos da gravidez. Ela deve ser realizada em uma velocidade lenta e confortável, com passos curtos para maior estabilidade e apoio dos pés com duração variada de acordo com a condição física da gestante (Santos-Rocha, 2013), o ideal é que seja uma atividade regular com pelo menos 15 minutos realizada três vezes na semana. Vale ressaltar que a intensidade não deve induzir ou resultar numa exaustão, devendo ser similar ao realizado em período prévio a gestação, de acordo com as recomendações do *American College of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG, 1985).

Dessa forma, o tratamento clínico conservador por meio dos exercícios terapêuticos e da atividade física moderada apresentam-se como fundamentais para a promoção de saúde e qualidade de vida da gestante, bem como no período pós-parto. No entanto, é de extrema valia ressaltar que os profissionais de saúde envolvidos devem ter total conhecimento das contra-indicações das gestantes para a prática ou não do exercício físico.

Nesse contexto o treinamento por meio de exercícios físicos para os membros inferiores deve ser programado e implementado de forma adequada e segura na intenção de garantir a redução dos efeitos negativos dos períodos caracterizados da gravidez e após o parto (Santos-



Rocha, 2013). Os exercícios podem ser iniciados com o foco voltado para o treinamento postural com conscientização da gestante para o realinhamento postural e posições articulares neutras nas diferentes posições corporais. Em seguida aumentar a resistência da musculatura extensora dos membros inferiores controlando a velocidade e o braço de alavanca que resulta no torque de força. Progredindo para controle e melhora do equilíbrio e coordenação motora com ativação dos músculos do core mantendo o alinhamento neutro da coluna. Evitar o excesso de instabilidade durante a execução dos exercícios a partir do final do segundo trimestre e durante todo o terceiro trimestre. Nesse momento da gestação, os exercícios devem ser realizados com a base de apoio reduzida e/ou utilizando recursos como a bola suíça e superfícies irregulares de forma segura, caso a gestantes apresente alguma condição de saúde desfavorável opta-se por uma variedade de estratégias utilizando a postura sentada. Além disso, manter a flexibilidade de toda a musculatura da cadeia cinética inferior. Já no período após o parto, a ordem de progressão dos exercícios físicos poderá ser inversa à da gravidez, ou seja, estável para o instável, como por exemplo, deitado para sentado ou em pé, movimentos isolados para integrados, progressivo aumento do braço de alavanca (torque) e de velocidade lenta à rápida (Santos-Rocha, 2013).

## 9.9. Referências bibliográficas

- Abramson, D., Roberts, S.M., & Wilson, P.D. (1934). Relaxation of the pelvic joints in pregnancy. *Surg Gynec Obstet.* 58, 595-613.
- ACOG (1985). Exercise during pregnancy and the postnatal period. Washington DC: American College of Obstetricians and Gynecologists.
- Albino, M.A.S., Mocclelin, A.S., Firmento, B.S., & Driusso, P. (2011). Modificações da força de propulsão da marcha durante a gravidez: efeito das alterações nas dimensões dos pés. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 33(7), 164-169.
- Alvarez, R., Stokes, A.F., Asprinio, D.E., Trevino, S., & Braun, T. (1988). Dimensional change of the feet in pregnancy. *J. Bone and Joint Surg.* 70A(2), 271-274.
- Ayanniyi, O., Sanya, A.O., Ogunlade, S.O., & Oni-Orisan, M.O. (2006). Prevalence and pattern of back pain among pregnant women attending ante-natal clinics in selected health care facilities. *African Journal of Biomedical Research* 9, 149-156.
- Balaskas, J. (1998). *New Natural Pregnancy: A practical holistic guide to wellbeing from conception to birth.* 2ª ed. United Kingdom: Gaia Books 30-42.
- Beaulieu, J.Q., Razzano, C.D., & Levine, R.B. (1976). Transient osteoporosis of the hip in pregnancy: Review of the literature and a case report. *Clin Orthop* 115, 165-166.
- Birch, K., Fowler, N.E., Rodacki, A.L., & Rodacki, C.L. (2003). Stature loss and recovery in pregnant women with and without low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 84(4), 507-512.
- Bird, A.R., Menz, H.B., & Hyde, C.C. (1999). The effect of pregnancy on footprint parameters. A prospective investigation. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 89(8), 405-409.



- Blecher, A.M., & Richmond, J.C. (1998). Transient laxity of an anterior cruciate ligament-reconstructed knee related to pregnancy. *Arthroscopy* 14(1), 77-79.
- Block, R.A., Hess, L.A, Timpano, E.V., & Serlo, C. (1985). Physiologic changes in the foot during pregnancy. *J Am Podiatr Med Assoc* 75(6), 297-299.
- Bohemen, E.K. (1996). Flatfeet in Pregnancy. *British Journal of Rheumatology* 35(4), 396-397.
- Borg-Stein, J., Dugan, S.A., & Gruber, J. (2005). Musculoskeletal aspects of pregnancy. *Am J Phys Med Rehabil* 84(3), 180-192.
- Briemberg, H.R. (2007). Neuromuscular diseases in pregnancy. *Semin Neurol* 27, 460-466.
- Bullock, J.E., Gwendolen, J.A., & Bullock, M.I. (1987). The relationship of low back pain to postural changes during pregnancy. *Aust J Physiother* 33(1), 11-17.
- Bullock-Saxton, J.E. (1991). Changes in posture associated with pregnancy and the early post-natal period measured in standing. *Physiotherapy Theory and Practice*. 7(2), 103-109.
- Butler, E.E., Colón, I., Druzin, M.L., & Rose, J. (2006). Postural equilibrium during pregnancy: Decreased stability with an increased reliance on visual cues. *Am J Obstet Gynecol*. 195(4), 1104-1108.
- Calguneri, M., Bird, H., & Wright, V. (1982). Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Ann Rheumat Dis* 4(2), 126-128.
- Carlson, H.L., Carlson, N.L., Pasternak, B.A., & Balderston, K.D. (2003). Understanding and managing the back pain of pregnancy. *Curr Womens Health Rep* 3(1), 65-71.
- Carpes, F.P., Griebeler, D., Kleinpaul, J.F., Mann, L., & Mota, C.B. (2008). Women able-bodied gait kinematics during and post pregnancy period. *Rev Bras Biomecânica* 9(16), 33-40.
- Cheng, N., Burssens, A., & Mulier, J.C. (1982). Pregnancy and post-pregnancy avascular necrosis of the femoral head. *Arch Orthop Trauma Surg* 100(3), 199-210.
- Cogswell, M.E., Serdula, M.K., Hungerford, D.W., & Yip, R. (1995). Gestational weight gain among average-weight and overweight women--what is excessive? *Am J Obstet Gynecol* 172(2 Pt 1), 705-712.
- Cote, K.P., Brunet, M.E., Gansneder, B.M., & Shultz, S.J. (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J Athl Train*, 40(1):41-6.
- Dumas, G.A., Reid, J.G., Wolfe, L.A., Griffin, M.P., & Mcgrath, M.J. (1995). Exercise, posture, and back pain during pregnancy. Part 2. Exercise and back pain. *Clin. Biomech* 10(2), 104-109.
- Dunne, F., Walters, B., Marshall, T., & Heath, D.A. 487-90. (1993). Pregnancy associated osteoporosis. *Clinical Endocrinology* 39(4), 487-490.
- Dunning, K., LeMasters, G., Levin, L., Bhattacharya, A., Alterman, T., & Lordo, K. (2003). Falls in works during pregnancy: risk factors, job hazards, and high risk occupations. *Am J Ind Med* 44(6), 664-672.
- Dunning, K., Lemasters, G., & Bhattacharya, A. (2010). A major public health issue: the high incidence of falls during pregnancy. *Matern Child Health J* 14(5), 720-725.
- Fast, A., Shapiro, D., Ducommun, E.J., Friedmann, L.W., Bouklas, T., & Floman, Y. (1987). Low-back pain in pregnancy. *Spine* 12(4), 368-371.
- Fildes, J., Reed, L., Jones, N., Martin, M., & Barrett, J. (1992). Trauma: the leading cause of maternal death. *J Trauma* 32(5), 643-645.
- Fong, D.T., Pang, K.Y., Chung, M.M., Hung, A.S., & Chan, K.M. (2012). Evaluation of combined prescription of rocker sole shoes and custom-made foot orthoses for the treatment of plantar fasciitis. *Clin Biomech* 27(10), 1072-1077.



- Foti, T., Davids, J.R., & Bagley, A. (2000). A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 82A(5), 625-632.
- Franklin, M.E., & Conner-Kerr, T. (1998). An analysis of posture and back pain in the first and third trimesters of pregnancy. *J Orthop Sports Phys Ther* 28(3), 133-138.
- Fries, E.C., & Hellebrandt, F.A. (1943). The influence of pregnancy on the location of the center of gravity, postural stability and body alignment. *Am J Obstet Gynecol* 46, 374-380.
- Gilleard, W.L., & Brown, J.M.M. (1996). Structure and function of the abdominal muscles in primigravid subjects during pregnancy and the immediate postbirth period. *Physical Therapy* 76(7), 750-762.
- Gilleard, W.L., Crosbie, J., & Smith, R. (2002). Static trunk posture in sitting and standing during pregnancy and early postpartum. *Arch Phys Med Rehabil*. 83(12), 1739-1744.
- Goldberg, J., Besser, M.P., & Silverstein-Selby, L. (2001). Changes in foot function throughout pregnancy. *Obstetrics & Gynecology* 97(4), 395.
- Golomer, E., Ducher, D., Arfi, G.S., & Sud, R. (1991). [Simple locomotion and during load carrying in pregnant women]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 20(3), 406-412.
- Greenwood, C.J., & Stainton, M.C. (2001). Back pain/Discomfort in pregnancy: invisible and forgotten. *J Perinat Educ* 10(1): 1-12.
- Guichet, J.M., Javed, A., Russell, J., & Saleh, M. (2003). Effect of the foot on the mechanical alignment of the lower limbs. *Clin Orthop Relat Res*, 415:193-201.
- Guskiewicz, K.M., & Perrin, D.H. (1996). Research and clinical applications of assessing balance. *J Sport Rehabil*, 5(1):45-63.
- Gutke, A., Östgaard, H.C., & Öberg, B. (2008). Association between muscle function and low back pain in relation to pregnancy. *J Rehabil Med* 40, 304-311.
- Hagan, L., & Wong, C.K. (2010). Gait pregnancy women: spinal and lower extremity changes from pre - to postpartum. *J Women's Health Phys Ther* 34(2), 46-56.
- Heckman, J.D., & Sassard, R. (1994). Musculoskeletal considerations in pregnancy. *J Bone Joint Surg Am* 76(11), 1720-1730.
- Ireland, M.L., & Ott, S.M. (2000). The effects of pregnancy on the musculoskeletal system. *Clin Orthop Relat Res* (372), 169-179.
- Jang, J., Hsiao, K.T., & Hsiao-Wecksler, E.T. (2008). Balance (perceived and actual) and preferred stance width during pregnancy. *Clin Biomech* 23(4), 468-476.
- Jelen, K., Tetkova, Z., Halounova, L., Pavelka, K., Koudelka, T., & Ruzicka, P. (2005). Shape characteristics of the foot arch: dynamics in the pregnancy period. *Neuro Endocrinol Lett* 26(6), 752-756.
- Jensen, R.K., Doucet, S., & Treitz, T. (1996). Changes in segment mass and mass distribution during pregnancy. *J Biomech* 29(2), 251-256.
- Karadag-Saygi, E., Unlu-Ozkan, F., & Basgul, A. (2010). Plantar pressure and foot pain in the last trimester of pregnancy. *Foot Ankle Int* 31(2), 153-157.
- Keenan, M.A., Peabody, T., Gronley, J., & Perry, J. (1991). Valgus deformities of the feet and characteristics of gait in patients who have rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg*, 73(2):237-47.
- Kristiansson, P., von Svardudd, K., & Schoultz, B. (1996). Back pain during pregnancy: A Prospective Study [Epidemiology]. *Spine* 21(6), 702-708.
- Lausten, G.S. (1991). Osteonecrosis of the femoral head during pregnancy. *Arch Orthop Trauma Surg* 110, 214-215.



- Lecturer, P.R., & Solomon, J. (2011). Comparison of ankle proprioception between pregnant and non pregnant women. *J Health and Allied Sciences* 10(2), 1-3.
- Lou, S.Z., Chou, Y.L., Chou, P.H., Lin, C.J., Chen, U.C., & Su, F.C. (2001). Sit-to-stand at different periods of pregnancy. *Clin Biomech* 16(3), 194-198.
- Lymbery, J.K., & Gilleard, W. (2005). The stance phase of walking during late pregnancy: temporospatial and ground reaction force variables. *J Am Podiatr Med Assoc* 95(3), 247-253.
- Mabie, W.E. (2005). Peripheral neuropathies during pregnancy. *Clin Obstet Gynaecol* 48, 57-66.
- MacLennan, A.H., Nicolson, R., & Green, R.C. (1986). Serum relaxin in pregnancy. *Lancet* 2(8501), 241-243.
- Moccellin, A.S., & Driusso, P. (2012). Adjustments in static and dynamic postural control during pregnancy and their relationship with quality of life: A descriptive study. *Fisioterapia* 34(5), 196-202.
- Mogren, I.M. (2006). BMI, pain and hyper-mobility are determinants of long-term outcome for women with low back pain and pelvic pain during pregnancy. *Eur Spine J* 15(7), 1093-1102.
- Mogren, I.M., & Pohjanen, A.I. (2005). Low back pain and pelvic pain during pregnancy: prevalence and risk factors. *Spine* 30(8), 983-991.
- Montella, B.J., Nunley, J.A., & Urbaniak, J.R. (1999). Osteonecrosis of the femoral head associated with pregnancy. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 81(6), 790-798.
- Moore, K., Dumas, G.A., & Reid, J.Q. (1990). Postural changes associated with pregnancy and their relationship with low back pain. *Clin Biomech* 5(3), 169-174.
- Nicholls, J.A., & Grieve, D.W. (1992). Posture, performance and discomfort in pregnancy. *Appl Ergon* 23(2), 128-132.
- Novaes, F.S., Shimo, A.K., & Lopes, M.H. (2006). Lombalgia na gestação. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* 14(4): 620-4.
- Nyska, M., Sofer, D., Porat, A., Howard, C.B., Levi, A., & Meizner, I. (1997). Planter foot pressures in pregnant women. *Isr J Med Sci* 33(2), 139-146.
- O'Sullivan, P.B., & Beales, D.J. (2007). Diagnosis and classification of pelvic girdle pain disorders, Part I: a mechanism based approach within a biopsychosocial framework. *Man Ther* 12: 86-97.
- Oliveira, L.F., Vieira, T.M., Macedo, A.R., Simpson, D.M., & Nadal, J. (2009). Postural sway changes during pregnancy: a descriptive study using stabilometry. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 147(1), 25-28.
- Orvieto, R., Achiron, A., Ben-Rafael, Z., Gelernter, I., & Achiron, R. (1994). Low-back pain of pregnancy. *Acta Obstet Gynecol Scand* 73(3), 209-214.
- Ostgaard, H.C., Zetherstrom, G., Roos-Hansson, E., & Svanberg, B. (1994). Reduction of back and posterior pelvic pain in pregnancy. *Spine* 19(8): 894-900.
- Padua, L., Padua, R., Bondi, R., Ceccarelli, E., Calandro, P., D'Amico, P., Mazza, O., & Tonalì, P. (2002). Patient-oriented assessment of back pain in pregnancy. *Eur Spine* 11, 272-275.
- Paul, J.A., Salle, H., & Frings-Dresen, M.H. (1996). Effect of posture on hip joint moment during pregnancy, while performing a standing task. *Clin Biomech*. 11(2), 111-115.
- Pearlman, M.D., Tintinalli, J.E., & Lorenz, R.P. (1990). A prospective controlled study of outcome after trauma during pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 162(6), 1502-1507.
- Pellicci, P.M., Zolla-Pazner, S., Rabhan, W.N., & Wilson, P.D., Jr. (1984). Osteonecrosis of the femoral head associated with pregnancy. Report of three cases. *Clin Orthop Relat Res* (185), 59-63.



- Ponnapula, P., & Boberg, J.S. (2010). Lower extremity changes experienced during pregnancy. *J Foot Ankle Surg* 49(5), 452-458.
- Ribas, S.I., & Guirro, E.C.O. (2007). Analysis of plantar pressure and postural balance during different phases of pregnancy. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 11(5), 391-396.
- Ribeiro, A.P., João S.M.A., & Sacco, I.C.N. (2013). Static and dynamic biomechanical adaptations of the lower limbs and gait pattern changes during pregnancy. *Women's Health*, 9(1), 99-108.
- Ribeiro, A.P., Trombini-Souza, F., Sacco, I.C.N., Ruano, R., Zugaib, M., & Joao, S.M.A. (2011). Changes in the plantar pressure distribution during gait throughout gestation. *J Am Podiatr Med Assoc* 101(5), 415-423.
- Ritchie, J.R. (2003). Orthopedic considerations during pregnancy. *Clin Obstet Gynecol* 46(2), 456-466.
- Santos-Rocha, R. (2013). Gravidez ativa - Atividade Física e Saúde na Gravidez e Pós-Parto. Ed. 1, Rio Maior: *Escola Superior de Desporto Rio Maior*, 258p.
- Sacco, I.C.N., Trombini-Souza, F., Butugan, M.K., Passaro, A.C., Arnone, A.C., & Fulher, R. (2012). Joint loading decreased by inexpensive and minimalist footwear in elderly women with knee osteoarthritis during stair descent. *Arthrit Care Res* 64, 368-374.
- Sacco, I.C.N., Trombini-Souza, F., Ribeiro, A.P., Gomes, A.A., Roveri, M.I., Silva, D.R.M.V., Cadamuro, L.G., Cagliari, M.F., & Souza, P.S. (2009). Alinhamento frontal estático do joelho e cargas plantares durante a marcha de adultos jovens assintomáticos. *Fisioter Pesq*, 16(1):70-75.
- Salvatore, C.A. (1961). Leg cramp syndrome in pregnancy. *Obst Gynecol* 17, 634-639.
- Sax, T.W., & Rosenbaum, R.B. (2006). Neuromuscular disorders in pregnancy. *Muscle Nerve* 34, 559-571.
- Sihvonen, T., Huttunen, M., Makkonen, M., & Airaksinen, O. (1998). Functional changes in back muscle activity correlate with pain intensity and prediction of low back pain during pregnancy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 79(10), 1210-1212.
- Snijders, C.J., Snijder, J.G.N., & Hoedt, T.H.E. (1984). Biomechanische modellen in het bestek van rugklachten tijdens de zwangerschap. *Tijdschr Sot Gezondheid* 62(4), 141-147.
- Stuge, B., Hilde, G., & Vollestad, N. (2003). Physical therapy for pregnancy-related low back and pelvic pain: a systematic review. *Acta Obstet Gynecol Scand* 82: 983-90.
- Taves, C., Charters, J., & Wall, J. (1982). The kinematics of treadmill walking during pregnancy. *Physio Can* 34, 321.
- Verderi, E. Programa de educação postural (2001). São Paulo: Phort.
- Vullo, V.J., Richardson, J.K., & Hurvitz, E.A. (1996). Hip, knee, and foot pain during pregnancy and the postpartum period. *J Fam Pract* 43(1), 63-68.
- Weiss HB, Songer TJ, & Fabio A. Fetal deaths related to maternal injury. *JAMA* 286(15), 1863-1868 (2001).
- Weiss, M., Nagelschmidt, M., & Struck, H. (1979). Relaxin and collagen metabolism. *Horm Metab Res* 11(6), 408-410.
- Wetz, H.H., Hentschel, J., Drerup, B. *et al.* (2006). Form- und Größenveränderungen des Fußes während der Schwangerschaft. *Orthopäde* 35(11), 1124-1130.
- Williams, D.S., McClay, I.S., & Hamil, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech*, 16:341-7.
- Wu, W., Meijer, O.Q., Jutte, P.C. *et al.* (2002). Gait in patients with pregnancy-related pain in the pelvis: an emphasis on the coordination of transverse pelvic and thoracic rotations. *Clin Biomech* 17(9-10), 678-686.



- Wu, W., Meijer, O.Q., Lamothe, C.J. *et al.* (2004). Gait coordination in pregnancy: transverse pelvic and thoracic rotations and their relative phase. *Clin Biomech* 19(5), 480-488.
- Wu, W.H., Meijer, O.G., Bruijn, S.M., Hu, H., *et al.* (2008). Gait in pregnancy-related pelvic girdle pain: amplitudes, timing and coordination of horizontal trunk rotations. *Eur Spine J* 17, 1160-1169.



## Notas sobre os autores

**Ana Paula Ribeiro** - Graduada em Fisioterapia com Pós-Doutorado em andamento pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). Doutorado em Ciências da Saúde pela Universidade de São Paulo (USP) e Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo. Coordenadora do Laboratório de Biomecânica e Reabilitação Musculoesquelética (LaBiREM), da Faculdade de Medicina da Universidade de Santo Amaro (UNISA). Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Ciências da Saúde da Universidade de Santo Amaro. Docente do Departamento de Fisioterapia da Universidade de Santo Amaro (UNISA) e da Faculdade Metropolitana Unidas (FMU). Professora do Programa de Residência em Traumatologia e Ortopedia e Urgência Hospitalar da Faculdade de Medicina da Universidade de Santo Amaro. Professora do Curso de Especialização em Biomecânica aplicada à Atividade Física e à Prática Clínica pelo Instituto Vita, São Paulo/SP. Membro do Corpo Editorial de Periódicos Internacionais (*Austin Sport Science*, *Journal of Women's Health*, *Journal of the American Society for Information Science and Technology* e *Health Sciences Research*). Membro do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Santo Amaro. Revisora *ad-hoc* de Agência de Fomento Internacional (*National Center of Science and Technology Evaluation Ministry of Education - NCSTE*). Revisora de periódicos Internacionais (6) e Nacionais (5). Possui experiência de Pesquisa em Fisioterapia, com ênfase nos seguintes temas: fotogrametria, postura corporal, antropometria dos pés, biomecânica da locomoção humana e da corrida, fasciite plantar, calçados esportivos, aspectos biomecânicos da gravidez, exercícios e reabilitação do sistema musculoesquelético.

CV-LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2074237462377879>

**Analiza Mónica Silva** - Agregação pela Universidade de Lisboa (2014). Pós-Doutoramento misto: *Columbia University, New York Obesity Research Centre, St. Luke's Roosevelt Hospital* e Faculdade de Motricidade Humana (FMH) - Universidade Técnica de Lisboa (2006-2008). Doutoramento em Motricidade Humana, FMH-Universidade Técnica de Lisboa (2005). Mestrado em Saúde e Condição Física, FMH-Universidade Técnica de Lisboa (2003). Licenciatura em Ciências do Desporto e Educação Física FMH-Universidade Técnica de Lisboa (1997). Investigadora Responsável em 1 projeto internacional e 4 projetos nacionais e Co-Investigadora em 2 projetos nacionais. Autora de 91 artigos internacionais com revisão por pares. Membro Adjunto da Faculdade,



*Pennington Biomedical Research Center*, Baton Rouge, LA 70808, USA. Membro do *Editorial Board* do *International Journal of Body Composition Research*. Premiada pelos trabalhos de investigação pela Universidade Técnica de Lisboa/Santander com prémio de Jovem Investigador em Motricidade Humana (2008), Menção Honrosa em Motricidade Humana (2009) e prémio de investigação em Motricidade Humana (2010). Membro do comité científico de congressos nacionais e internacionais. Membro da *International Society of Body Composition Research*. Membro da Sociedade Portuguesa de Cardiologia. Vogal do Núcleo de Nutrição e Atividade Física da Sociedade Portuguesa de Cardiologia (2010-2013). Coordenadora do Grupo de Investigação “Composição Corporal Funcional e Regulação Energética” no Laboratório de Exercício e Saúde da FMH. Coordenadora Adjunta de 1.º Ciclo em Ciências do Desporto. Coordenadora do menor em Exercício e Saúde. Professora do 2.º e 3.º Ciclos de estudos (Mestrado e Doutoramento) em diferentes Universidades nacionais e internacionais. Orientadora de pós-doutoramento, doutoramento, estágios de doutoramento orientadora de mestrado.  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8984-8600>,  
ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Analiza\\_Silva](https://www.researchgate.net/profile/Analiza_Silva)

**António Prieto Veloso** - Doutoramento no Ramo de Motricidade Humana na Especialidade de Ciências da Motricidade pela FMH. Professor Catedrático da Faculdade de Motricidade Humana (FMH) - Universidade de Lisboa. Presidente do Departamento de Desporto e Saúde da FMH. Coordenador do Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional da FMH. Investigador do Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana (CIPER) da FMH. Coordenador do grupo *Neuromechanics of Human Movement* do CIPER. Membro do *Board of Directors* da *International Society of Biomechanics in Sports* (ISBS) desde 2006. Vice-presidente da Sociedade Portuguesa de Biomecânica. Investigador Responsável de vários projetos financiados pela FCT. As suas áreas de interesse centram-se no desenvolvimento de metodologias experimentais, modelação e simulação para o estudo da carga mecânica no sistema músculo-esquelético, a implementação de metodologias de avaliação morfofuncionais *in vivo* em humanos, e estudos epidemiológicos para a avaliação de carga mecânica e o efeito de programas de exercício em condições como a osteoartrite, a gravidez, e o envelhecimento, bem como a influência do ambiente exterior e o profissional.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1068-1113>

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Antonio\\_Veloso](https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Veloso)

**Cristina Monteiro Bento** - Formação: Licenciatura em Bioquímica pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (1993); Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica (1997) e Doutoramento no Ramo de Motricidade Humana na Especialidade de Ciências da Motricidade (2005) pela Faculdade de Motricidade Humana da Universidade



Técnica de Lisboa. Histórico Profissional: Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa desde 1993. Atualmente: docente e regente das disciplinas de Bioquímica, Introdução à Bioquímica e Nutrição e Atividade Física nos cursos de primeiro ciclo; colaboradora nas unidades curriculares de Estudos Avançados em Fisiologia do Exercício do Doutoramento em Motricidade Humana; membro do Conselho Científico e do Conselho de Departamento de Desporto e Saúde. Áreas de Investigação: (1994 - 2006) Investigadora do Centro de Metabolismo e Endocrinologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Desde 2006, investigadora do Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa, desenvolvendo investigação nas áreas do metabolismo do magnésio, do balanço redox e dos sistemas endócrino e imunológico associado à prática de desporto/exercício, quer em atletas de competição quer em populações praticantes de exercício recreativo; a influência da nutrição e da atividade física no balanço energético e na composição corporal de praticantes de exercício; a influência de fatores genéticos na performance desportiva e na predisposição para o desenvolvimento de patologias não transmissíveis, analisando a influência da prática de exercício sobre o desenvolvimento e progressão das mesmas.

**CV-DeGóis:** <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=3222965043710600>

**Filomena Vieira** - Professora Auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana (FMH) da Universidade de Lisboa (UL). Doutoramento no Ramo de Motricidade Humana na Especialidade de Ciências da Motricidade pela Faculdade de Motricidade Humana. Vice-presidente do Conselho Pedagógico da FMH-UL. Integra o Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional da FMH-UL. Investigadora do grupo *Neuromechanics of Human Movement* do Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana (CIPER) da FMH-UL. Investigadora do projeto “Efeito da carga biomecânica no sistema músculo-esquelético na mulher durante a gravidez e pós-parto” financiado pela FCT (PTDC/DES/102058/2008). Coordenou os projetos de extensão à comunidade “A excelência técnica no futebol: identificação de fatores preditores de natureza morfológica, maturacional, mecânica e funcional do perfil do jovem atleta” e “Efeito cumulativo da carga mecânica na marcha e na saúde músculo-esquelética de crianças e adolescentes com diferentes morfologias e níveis de maturidade” integrados no grupo de investigação a que pertence no CIPER. Antropometrista critério da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK) responsável pela organização de cursos de certificação em Antropometria ISAK na FMH desde 2004. Coordenadora do curso “Maternidade Saudável: Prescrição do exercício na gravidez e pós-parto”.

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7547-5487>

**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Filomena\\_Vieira3](https://www.researchgate.net/profile/Filomena_Vieira3)



**Isabel Fragoso** - Doutoramento no Ramo de Motricidade Humana na Especialidade de Ciências da Motricidade pela Faculdade de Motricidade Humana. Professora Associada com Agregação da Faculdade de Motricidade Humana - Universidade de Lisboa onde leciona as unidades curriculares de Nutrição da Atividade Física e Cinantropometria. Coordenadora do Departamento de Ciências da Motricidade da FMH (2007-2011). Investigadora do Centro Interdisciplinar para o Estudo da Performance Humana (CIPER) da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa. Especializada em crescimento e maturação, tendo contudo outras áreas de interesse, tais como: a tipologia morfológica e composição corporal em populações características (obesos, atletas, grávidas e idosos). Coordena alguns projetos de investigação desde 1991, entre os quais se destacam: "Normas Antropométricas da População Infantil de Lisboa" e "Reavaliação Antropométrica da População Infantil de Lisboa" financiado pela Câmara Municipal de Lisboa; "Impacto do desporto federado, do desporto escolar e da actividade física regular feita após o horário escolar no estilo e qualidade de vida das crianças e dos adolescentes (11 a 16 anos) em função da sua idade óssea", financiado pela FCT. É Antropometrista Critério desde 2007 pela "The International Society for the Advancement of Kinanthropometry" (ISAK) e foi Vice Presidente da "International Society for Advancement of Kinanthropometry" (ISAK) entre 2004 e 2007. Representante portuguesa da Comissão Técnica TC-18 (Medições das Funções Humanas) criada pelo *Organization Committee of IMEKO (International Measurement Confederation)*, representada em Portugal pela RELACRE (Associação de Laboratórios Acreditados em Portugal).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1039-0554>

**João Brito** - Doutorado em "Fundamentos Metodológicos da Investigação em Atividade Física e Desporto" (INEF, Universidade de Lleida, Espanha); Mestre em Exercício e Saúde (FMH-UTL); Licenciado em Educação Física (ISEF-UTL); Professor Coordenador na ESDRM-IPS; Investigador no projeto PCTA - Laboratório de Investigação em Desporto e Saúde - IPS (ESDRM/ESSS), financiado pelo QREN-InAlentejo. Certificação profissional de *ACSM Certified Group Exercise Instructor* e *Certified Health Fitness Specialist*; experiência profissional como instrutor e/ou coordenador/diretor técnico da área *Fitness* no ginásios/*health clubs*: "Anatómico Ginásio" (1982-83); grupo "Health Club Soleil" - "Hotel Estoril Sol", "Hotel Méridien", "Hotel Sheraton", "Hotel da Praia da Oura" e "Health Club Amoreiras" (1984 a 1992); "Ginásio Físico e Forma" (1988 a 1990); "Centro de Dança Rui Horta" (1990 a 1992); "Ginásio Alto do Duque" (1988 a 1994); "Ginásio Physical" (1993 a 1995); "Ginásio Keep Fit" (1994 a 1997); grupo "Ginásios Craque" - "Ginásio Craque", "Ginásio Super-Craque" e "Ginásio Top-Craque" (1997 a 1999); "Health Club do Quality Hotel" (1999 a 2001); grupo "Health Club EM MOVIMENTO" (1997 a 2003); "Health Club Infante de Sagres" (2000 a 2003); "Ginásio



Glória's Gym" (2007 a 2008). Diretor do "Plano de Formação Nautilus em Portugal", empresa Gímnica, Lda. (1996 a 2003), constituído pelos cursos: "Curso Básico", "Avaliação e Prescrição do Exercício", "Programas de Exercício em Populações Especiais", "Métodos e Sistemas de Treino Avançado", "Treino Desportivo". Assessor de formação e comercialização das marcas de equipamentos de *cardiofitness* e treino da força para ginásios e *health clubs Nautilus* e *Star trac*. Formador nos cursos de "Formação de Monitores de Musculação e *Cardiofitness*" e de "Personal Trainer" no Centro de Estudos e Formação em Atividades Desportivas (CEFAD), Xistarca, Lisboa (1998 a 2002). Diretor da Certificação do ACSM ([American College of Sports Medicine](http://www.acsm.org)) em Portugal (1999 a 2003).

CV-DeGóis: <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=7212706313445683>

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4357-4269>

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Joao\\_Brito4](https://www.researchgate.net/profile/Joao_Brito4)

**Liliana Aguiar** - Doutorada em Motricidade Humana, na especialidade de Biomecânica, pela Faculdade de Motricidade Humana (FMH), na Universidade de Lisboa, com bolsa de doutoramento atribuída pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BD/41403/2007) (2015). Licenciada em Desporto, na variante de Condição Física, na Escola Superior de Desporto de Rio Maior (ESDRM), Instituto Politécnico de Santarém. Licenciada em Engenharia Mecânica, pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Professora auxiliar convidada na Faculdade de Motricidade Humana, dos cursos de Ciências do Desporto e Gestão do Desporto, das disciplinas de Didáctica das Atividades Físicas e Desportivas II (Fitness), Atividades Físicas e Desportivas II (Fitness) e Metodologia das Atividades Físicas (Localizada, Treino Funcional e Atividades Coreografadas). Docente no curso breve *Maternidade Saudável*, realizado na Faculdade de Motricidade Humana, em Setembro de 2015. Docente no Instituto Piaget no Campus Universitário de Almada, do curso de Motricidade Humana, da disciplina de Biomecânica. Integra o Centro de Investigação CIPER da FMH-UL (*Neuromechanics of Human Movement Group*). Investigadora do projeto "Efeito da carga biomecânica no sistema músculo-esquelético na mulher durante a gravidez e pós-parto" financiado pela FCT (PTDC/DES/102058/2008). Integra outros projetos de investigação financiados pela FCT. Instrutora de *Cycling*, Ginástica Localizada e Treino de Força.

CV-DeGóis: <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=1913373003419110>

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6799-974X>

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Liliana\\_Aguiar](https://www.researchgate.net/profile/Liliana_Aguiar)

**Marco Branco** - Doutoramento em Motricidade Humana na especialidade de Biomecânica (FMH-UL), 2016; Mestre em Desporto, especialidade em Condição Física e Saúde (ESDRM-IPS)



e Pós-Graduado em Exercício e Saúde, na especialização de Treino Personalizado (ESDRM-IPS); Licenciado em Desporto, variante de Condição Física (ESDRM-IPS). Assistente Convidado na ESDRM-IPS, nas unidades curriculares de Biomecânica, Controlo Motor, Saúde Pública e Atividade Física, e Karaté. Docente do Mestrado em Atividade Física em Populações Especiais, do Mestrado em Desporto, especialização em Condição Física e Saúde, e da Pós-graduação em Atividade Física na Gravidez e Pós-parto (ESDRM-IPS). Integra o Centro de Investigação CIPER da FMH-UL (*Neuromechanics of Human Movement Group*). Investigador do projeto “Efeito da carga biomecânica no sistema músculo-esquelético na mulher durante a gravidez e pós-parto” financiado pela FCT (PTDC/DES/102058/2008). Investigador no projeto PCTA - Laboratório de Investigação em Desporto e Saúde - IPS (ESDRM/ESSS), financiado pelo QREN-InAlentejo. Experiência profissional na área do *fitness*, coordenando vários ginásios na região de Santarém.

CV-DeGóis: <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=2388021285425257>

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5238-1069>

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Marco\\_Branco](https://www.researchgate.net/profile/Marco_Branco)

**Maria Raquel Silva** - Professora Auxiliar na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, no Porto e Coordenadora científico-pedagógica da Academia de Saúde e Lazer dessa Universidade. Investigadora principal no Centro de Investigação de Antropologia e Saúde da Universidade de Coimbra, onde participa em projetos de investigação financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Membro da Comissão Científica da Escola Nacional de Ginástica da Federação de Ginástica de Portugal (FGP) e integra o Instituto de Saúde Ambiental da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, como especialista nas áreas da Nutrição e do Exercício Físico. Pós-Doutorada em Neurociências pelo Instituto de Medicina Molecular da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. Doutorada em Ciências da Nutrição pela Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto. Licenciada em Desporto e Educação Física pela Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, em Junho de 2001, onde lhe foram atribuídos os prémios: “Prof. Doutor Jorge Olímpio Bento 2000/2001” e “Fundação Eng. António de Almeida” de Melhor Aluno de Licenciatura. Foi ginasta de competição, treinadora e juiz internacional de ginástica rítmica.

CV-DeGóis: <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=1598787303963863>

ORCID: [orcid.org/0000-0001-8170-3119](http://orcid.org/0000-0001-8170-3119)

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Raquel\\_G\\_Silva](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Raquel_G_Silva)

**Rafael Oliveira** - Doutorando em Ciência do Desporto na Universidade da Beira Interior (UBI); Mestre em Desporto, na especialidade de Condição Física e Saúde pela Escola Superior



de Desporto de Rio Maior do Instituto Politécnico de Santarém (ESDRM-IPS); Licenciado em Condição Física e Saúde no Desporto (ESDRM-IPS); Assistente Convidado na ESDRM-IPS; Monitor/colaborador do Laboratório de Investigação em Desporto da ESDRM-IPS; Técnico de exercício físico nos ginásios BestLife Fitness e Oxygen-Gym & Fitness.

**CV-DeGóis:** <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=5008036916496405>

**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Rafael\\_Oliveira32](https://www.researchgate.net/profile/Rafael_Oliveira32)

**Rita Santos Rocha** - Professora Coordenadora na Escola Superior de Desporto de Rio Maior (ESDRM) do Instituto Politécnico de Santarém (IPS), onde leciona nas unidades curriculares de Avaliação e Prescrição do Exercício e de Saúde Pública e Atividade Física. Foi Diretora (2011-2015) e Subdiretora (2006-2011) da ESDRM. Coordenadora do Mestrado em Atividade Física em Populações Especiais da ESDRM. Foi coordenadora dos cursos de pós-graduação em Exercício e Saúde, e em Atividade Física na Gravidez e Pós-parto da ESDRM. Como investigadora, integra a Unidade de Investigação do IPS e o centro de investigação CIPER - Centro Interdisciplinar de Estudo da Performance Humana (*Neuromechanics of Human Movement Group*) da Faculdade de Motricidade Humana (FMH) da Universidade de Lisboa, onde participa em vários projetos de investigação financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Investigadora Principal do projeto “Efeito da carga biomecânica no sistema músculo-esquelético na mulher durante a gravidez e pós-parto” financiado pela FCT (PTDC/DES/102058/2008). Foi coordenadora do projeto de I&D “Parque de Ciência e Tecnologia do Alentejo - Laboratório de Investigação em Desporto e Saúde” (PCTA-LIDS), do IPS, financiado pelo QREN-InAlentejo (2011-2015). Possui várias publicações em revistas científicas e em livro, e tem participado em projetos europeus de I&D. É revisora de várias revistas científicas internacionais. Membro da Comissão Científica da Escola Nacional de Ginástica da Federação de Ginástica de Portugal (FGP). Integra o *Professional Standards Committee* da *EuropeActive* (ex-European Health & Fitness Association-EHFA), que visa o desenvolvimento dos referenciais da formação na área do Fitness. No passado (1989-2002), foi treinadora de ginástica de grupo, instrutora de fitness (incluindo exercício para grávidas), e professora de educação física, no Clube Atlético de Alvalade, Ginásio Varequipe, e Colégio Moderno, em Lisboa. Doutorada em Motricidade Humana especialização de Saúde e Condição Física (2006), Mestre em Exercício e Saúde (2000), Licenciada em Ciências do Desporto (1996), pela FMH.

**CV-DeGóis:** <http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=7985182583171498>

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7188-8383>

**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Rita\\_Santos-Rocha](https://www.researchgate.net/profile/Rita_Santos-Rocha)

**Ruben Barakat Carballo** - Doutoramento em *Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Professor Titular (Catedrático) da *Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del*



*Deporte* - Instituto Nacional de Educación Física - Universidad Politécnica de Madrid, Espanha (FCAFD-INEF-UPM), Espanha. Diretor do grupo de investigação em "Atividade Física y Gestación" (FCAFD-INEF-UPM). Professor do Programa de Pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em Ciências da Atividade Física e do Desporto (UPM). Diretor do Programa de Pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em Ciências da Atividade Física e do Desporto da Universidade de Flores (UFLO), Argentina.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2111-7158>

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Ruben\\_Barakat](https://www.researchgate.net/profile/Ruben_Barakat)

**Teresa Paiva** - Médica neurologista, com a competência de Neurofisiologia. Professora Associada de Neurologia, aposentada, na Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. Professora Convidada do Instituto Superior Técnico, onde integra a comissão de acompanhamento da Licenciatura e Mestrado Integrado de Engenharia Biomédica, desde 2002. Organizadora do 1.º Laboratório de Medicina do Sono do país, em 1987. Criadora, em 2005, do primeiro Mestrado mundial em Ciências do Sono. Sócia fundadora da Associação Portuguesa do Sono. Fundadora e Diretora do Centro de Electroencefalografia e Neurofisiologia Clínica.

## Apoio

A presente publicação foi apoiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, através do FUNDO DE APOIO À COMUNIDADE CIENTÍFICA - FACC - Edição de publicações Não Periódicas de Natureza Científica

