

SUBESPAÇO VETORIAL EVOLUÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS CENTROS DE GRAVIDADE E MASSA EM GRÁVIDA

BARRETO, Ana Cristina Lopes y Glória¹; BRASIL, Roxana Macedo²; EVERTON, Adriana Nunes da Fonseca³; CARVALHO JUNIOR, Sergio⁴; BRITO, Diogo de Freitas^{1;5;6}; JUNIOR, Homero da Silva Nahum^{1;7}

Resumo

Durante a gravidez ocorreriam mudanças nos Centros de Gravidade (CG) e Massa (CM), as quais impactariam a postura, o equilíbrio e a marcha. Então, o objetivo foi modelar vetorialmente os respectivos deslocamentos. Demonstrou que as evoluções nas posições de CG e CM não seriam lineares, o primeiro tendo trajetória cranial em relação ao segundo, o que seria influenciado por proporções corporais, adaptações posturais e tipo de fibra muscular. Como consequência, na gravidez o subespaço vetorial não seria dotado de simetria, caracteristicamente pelo deslocamento anterior à borda da base suporte. Por conclusão, o modelo vetorial demonstrou que pequenos deslocamentos numéricos daqueles centros exigiriam magnitudes elevadas na adaptação postural, visando à manutenção da estabilidade e equilíbrio durante a marcha.

Palavras-chave: Biomecânica. Projeção. Álgebra linear. Gravidez. Matemática.

Abstract

During pregnancy, changes occur in the Centres of Gravity and Mass, which impact posture, balance, and gait. Therefore, the objective was to vectorially model the respective displacements. It demonstrated that the evolutions in the positions of the centre of gravity (CG) and centre of mass (CM) would not be linear, with the former having a cranial trajectory in relation to the latter, which would be influenced by body proportions, postural adaptations, and muscle fibre type. Consequently, in pregnancy the vector subspace would not be symmetrical, characteristically due to anterior displacement relative to the edge of the base of support. In conclusion, the vector model demonstrated that small numerical displacements of those centres would require high magnitudes in postural adaptation, aiming at maintaining stability and balance during gait.

Keywords: Biomechanics. Projection. Linear algebra. Pregnancy. Mathematics.

¹ Docentes do Curso de Educação Física do Centro Universitário Celso Lisboa;

² Docente Ph.D. em Educação Física;

³ Profissional de Educação Física da Adriana Nunes Consultoria de Corrida;

⁴ Pesquisador convidado Biodesa;

⁵ Docente do Curso de Gestão Desportiva e do Lazer do Centro Universitário Celso Lisboa;

⁶ Consultor Iceberg Business Academy;

⁷ Docente da Escola de Saúde da Universidade Cândido Mendes.

Introdução

A Álgebra Linear estuda estruturas lineares na forma de vetores, os quais seriam representações de dados estruturados, por exemplo tabelas. Quando satisfizessem determinadas condições, o conjunto de vetores formariam espaço vetorial. Os recursos de análise envolveriam sistema e transformação lineares, o primeiro entendido como conjunto de equações multivariadas. A segunda seria o mapeamento vetorial entre espaços por funções específicas, preservando operações por escalares (Boldrini, 1984; Steinbruch e Winterle, 1995).

Esse conhecimento seria volumosamente aplicado em 1) Engenharia como em análise estrutural, especificamente, referente às tensões e deformações (Almeida e Brito, 2020); 2) computação para processamento de imagem, projeção, rotação e translação de objetos tridimensionais, redes neurais e algoritmos de busca (Danka, 2025); 3) Física, por exemplo, em análise de circuitos, relatividade e mecânica (Gómez, 2020); 4) Administração, Economia, Ecologia e Genética, dentre outras (Anton e Rorres, 2012); e 5) Biomecânica na avaliação de movimento, equilíbrio e postura corporais (Lay, Lay e McDonald, 2020; Queiroz Júnior, 2022; Ferreira *et al.*, 2026).

Pelo exposto, aplicações gerais em Educação Física versariam sobre as projeções para explicar o equilíbrio. No contexto específico da Biomecânica, o corpo poderia ser modelado com espaço vetorial, possibilitando análise específicas de subespaços referentes ao tronco ou aos membros inferiores, dentre outros. No domínio do treinamento, as aplicações poderiam orientar o fortalecimento muscular inerente aos segmentos envolvidos na compensação postural (Nunes, 2017; Souza, 2020; Monteiro e Cavalcante, 2022).

A demanda imperativa residiria na compreensão dos conceitos de: Centro de Massa (CM) seria o ponto médio geométrico, assim, o local no qual a massa corporal se concentraria, ou seja, representaria a distribuição de matéria no corpo, dessa forma, se aplicada uma força externa nesse ponto, o corpo se moveria sem rotação; e Centro de Gravidade (CG), também denominado por baricentro, seria o ponto considerado de atuação da força peso resultante e equivalente de todos os segmentos corporais. Então, o CM dependeria da densidade do corpo, enquanto o CG da gravidade, portanto poderia ser influenciado pela posição e orientação do corpo, não sendo, em última análise, característica específica de corpos rígidos. Isso não invalidaria a proximidade deles na superfície da Terra, na qual, o campo gravitacional seria aproximadamente uniforme (Mochizuki e Amadio, 2003; Lemos, Teixeira e Mota, 2009; Alves *et al.*, 2017; Santos e

Lima, 2024). Dessarte, a decomposição de forças, o equilíbrio corporal e a análise de movimentos dependeriam da projeção vetorial, entendida como o componente de determinado vetor \vec{v} na direção de outro vetor \vec{u} (I).

$$\text{proj}_{\vec{u}}(\vec{v}) = \frac{\vec{v} \cdot \vec{u}}{\|\vec{u}\|^2} \cdot \vec{u} \quad (I)$$

Não obstante à necessidade, tal compreensão não seria suficiente, pois a existência de espaço vetorial exigiria que certo conjunto de vetores satisfizesse operações de adição e produto por escalar em consonância aos 10 axiomas (Tabela 1). Porque, o espaço vetorial seria um corpo, estrutura algébrica fundamental composta por um conjunto V , não vazio com as operações de adição vetorial e produto escalar (Steinbruch e Winterle, 1995). Desse conceito surgiria o subespaço vetorial, subconjunto do espaço seria, logo as condições: 1) conter o vetor nulo; 2) fechamento sob a adição vetorial; e 3) fechamento sob o produto escalar, válidas se manteriam. Na Educação Física poderiam representar a projeção do CM, a posição do corpo no espaço e postura correta (Tabela 2). Apoiado na exposição, objetivou-se modelar o sistema vetorial de deslocamento de CM e CG durante a gravidez.

Tabela 1: Axiomas do Espaço Vetorial, $\forall \vec{u}, \vec{v}, \vec{w} \in V$ e $\forall \alpha, \beta \in \mathbb{R}$.

| Axioma | Expressão |
|----------------------------|---|
| Fechamento da Adição | $\vec{u} + \vec{v} \in V$ |
| Comutatividade | $\vec{u} + \vec{v} = \vec{v} + \vec{u}$ |
| Associatividade | $(\vec{u} + \vec{v}) + \vec{w} = \vec{u} + (\vec{v} + \vec{w})$ |
| Elemento Neutro | $\exists \vec{0} \in V \vec{u} + \vec{0} = \vec{u}$ |
| Inverso Aditivo (oposto) | $\exists -\vec{v} \vec{v} + (-\vec{v}) = 0$ |
| Fechamento do Produto | $\alpha \vec{u} \in V$ |
| Distribuição Escalar | $\alpha(\vec{u} + \vec{v}) = \alpha \vec{u} + \alpha \vec{v}$ |
| Distribuição Vetorial | $(\alpha + \beta)\vec{u} = \alpha \vec{u} + \beta \vec{u}$ |
| Compatibilidade do Produto | $\alpha(\beta \vec{u}) = (\alpha\beta)\vec{u}$ |
| Identidade | $1\vec{u} = \vec{u}$ |

Fonte: adaptado de Steinbruch e Winterle (1995).

Tabela 2: Exemplo de Aplicação na Educação Física.

| Conceito | Aplicação | Exemplo |
|--------------------|---------------------------------|--|
| Projeção | Análise de forças de equilíbrio | Projeção do CM na base de apoio |
| Espaço Vetorial | Modelagem matemática | Vetores de equilíbrio em \mathbb{R}^3 |
| Subespaço Vetorial | Componentes de interesse | Vetores representativos da postura correta em equilíbrio |

Fonte: Os Autores (2026).

Metodologia

A simulação considerou uma mulher adulta jovem, livre de comorbidades e qualquer problema de saúde ortopédico ou reumatológico. Tomou-se 1,65 m como estatura, o CM estaria, aproximadamente, 55,00% do valor anterior, no centro da pelve, próximo à segunda vértebra sacral (Hay e Reid, 1985). Logo, situado à 0,91 m do solo, não desconsiderando o balanço postural manifesto na postura ortostática em repouso (Mochizuki e Amadio, 2009).

Resultados e Discussão

Considerando a gestante de pé, o CM teria o respectivo vetor posição (\overrightarrow{CM}) localizado no abdome, cuja projeção ($proj_{plano\ dos\ pés}$) na base de suporte ($proj_{plano\ dos\ pés}^{(\overrightarrow{CM})} = (x, 0)$) determinaria a manutenção do equilíbrio, pois a estabilidade seria indicada com a projeção dentro da base de suporte, caso contrário, risco de queda haveria. Exemplificando, se $x = 0,05$ m (= 5,0 cm), então $proj_{plano\ dos\ pés}^{(\overrightarrow{CM})} = (5, 0)$, indicando proximidade da borda anterior.

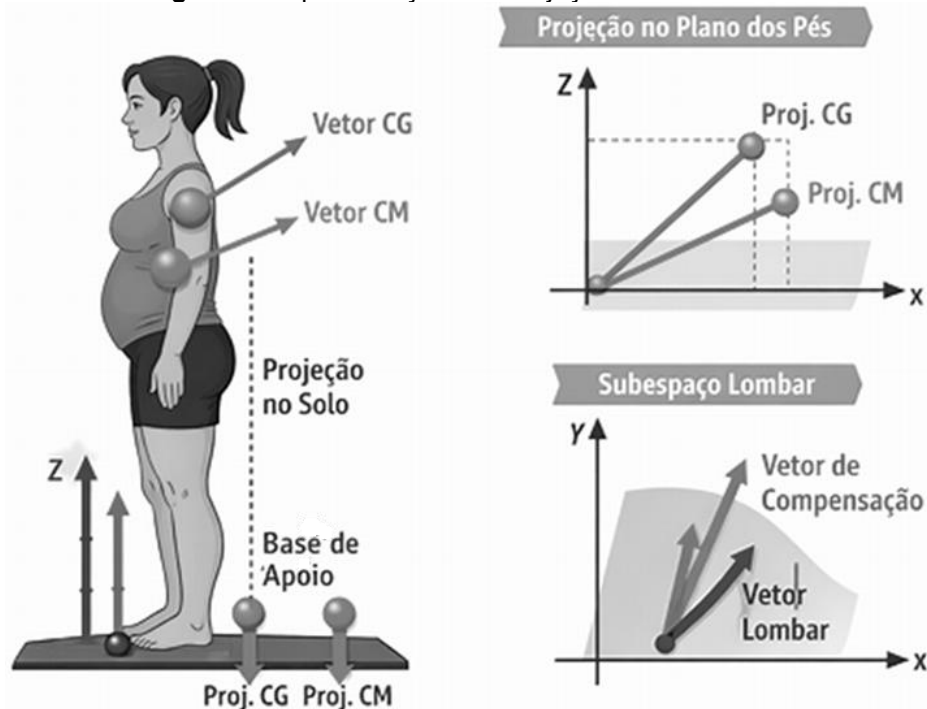
A representação do corpo em espaço vetorial tridimensional (\mathbb{R}^3), simplificada, com vetores para tronco, membros inferiores e membros superiores, cada qual representando posição ou força, então, todas as possíveis combinações para postura estariam contidas naquele espaço vetorial. Portanto, factível seria observar certo subconjunto, o subespaço de vetores lombares e pélvicos, por compensarem o deslocamento do CG na gravidez, particularmente, os primeiros teriam a magnitude elevada. De forma sucinta e comparativa, matematicamente, na não gravidez, o CM seria projetado centralmente, com vetores equilibrados, portanto o subespaço lombar seria neutro. Na gravidez, a projeção do CM seria anterior, com vetores desequilibrados, consequentemente, o subespaço vetorial lombar sofreria ampliação para compensar o deslocamento à frente.

Biologicamente, simultâneas seriam as compensações pela: 1) hiperlordose lombar em razão da massa (e do peso) anterior; 2) anteversão pélvica acentuada para suporte; e 3) inclinação posterior do tronco, associada à acomodação muscular, originando sobrecarga lombar e pélvica. Esse quadro explicaria os eventos de dores na pelve e lombalgia. Relevante destacar que as adaptações listadas requisitariam o aumento da frouxidão ligamentar, elevando a mobilidade articular, o que seria conquistado pela ação de

relaxina, progesterona e estrogênio (Mota *et al.*, 2020; Prudencio, 2021; Gomes e Barros, 2022; Belsani, 2023; Neves, Vilares e Frias, 2024; Silveira *et al.*, 2025; Bispo *et al.*, 2025; Faustino, Peixeiro e Frias, 2025). Em última análise, concomitantes seriam os aumentos no útero, promontório sacral, ângulo lombossacral, na rotação da sínfise púbica e sobrecarga ligamentar, favorecendo o parto e tornando as articulações instáveis.

A representação vetorial das adaptações refletiria o volume abdominal, o qual deslocaria o CG para cima e frente, enquanto o CM, localizado mais abaixo (Figura 1). No plano cartesiano, o subespaço lombar apresentaria o Vetor de Compensação como resultante da extensão do tronco e da inclinação lombar, o posicionamento posterior tenderia a compensar o deslocamento de CM e CG anteriormente, favorecendo o equilíbrio. Todavia, o módulo e a direção do Vetor de Compensação dependeriam da composição corporal, idade e proporções corpóreas (Baraúna e Adorno, 2001; Benetti *et al.*, 2005; Lerena, Gomes e Barela, 2006; Moreira *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2017; Yoseph *et al.*, 2025).

Figura 1: Representação das Projeções de CM e CG.



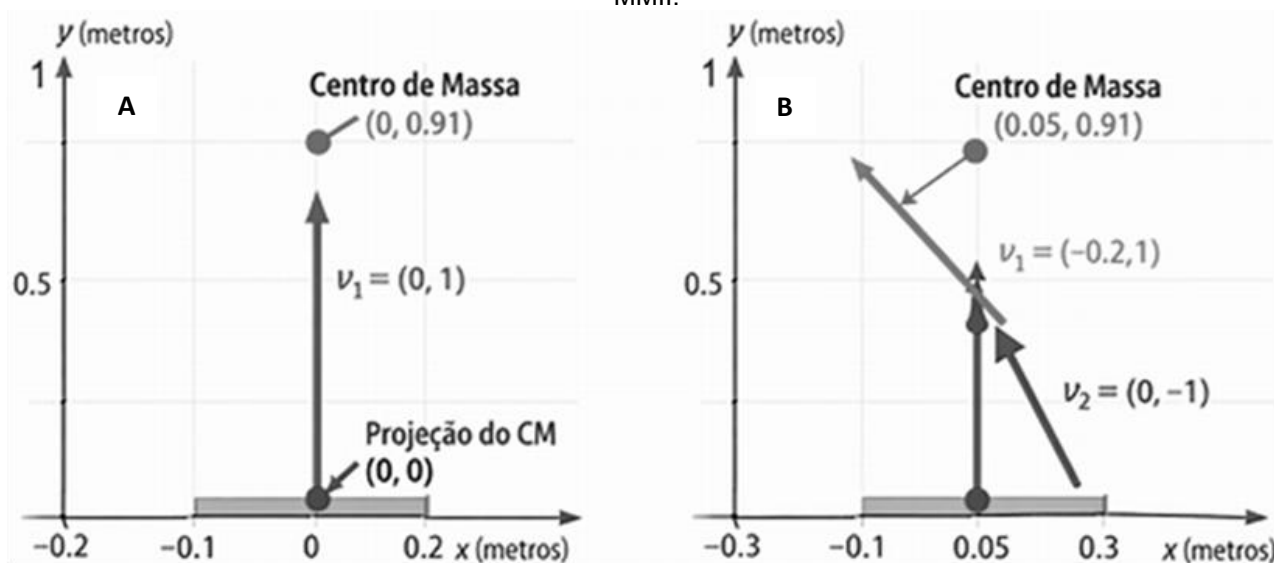
Fonte: Os Autores (2026).

Numericamente, na não gravidez (ng), o CM se encontraria à 0,91 m do solo, portanto a abscissa estaria centralizada, $x = 0,00$, ao passo que a coordenada, representando a altura do solo, seria $y = 0,91$, dessa forma, o vetor posição $\vec{r}_{ng} =$

(0,00; 0,91), cuja projeção no centro da base de apoio, $proj_{plano\ dos\ pés}^{(\vec{r}_{ng})} = (0,00; 0,00)$. Por conseguinte, no subespaço lombar, considerando a coluna ereta, a posição seria $\vec{v}_{ng\ lombar} = (0,00; 1,00)$, como os membros inferiores (MMII) sustentariam o peso, $\vec{v}_{ng\ MMII} = (0,00; -1,00)$. Sumariamente, o plano vertical guardaria simetria.

Na gestante (g), no terceiro trimestre, o CM se deslocaria anteriormente 5,00 cm, o que modificaria o vetor posição e a projeção no plano dos pés para, respectivamente, $\vec{r}_g = (0,05; 0,91)$ e $proj_{plano\ dos\ pés}^{(\vec{r}_g)} = (0,05; 0,00)$, ratificando a proximidade à borda. Consequentemente, os vetores de postura sofreriam alterações, porque o deslocamento do CM inclinaria o plano, afastando-o da característica simétrica, particularmente, pela inclinação posterior da lombar, $\vec{v}_g\ lombar = (-0,20; 1,00)$, em que pese a ausência de mudança em MMII (Figura 2). Demonstrando-se que deslocamentos pequenos tenderiam a exigir ajustes posturais caracteristicamente de elevadas magnitudes.

Figura 2: Projeção e Subespaço Vetorial no Equilíbrio da Não Grávida (A) e Grávida (B): v_1 = lombar e v_2 = MMII.

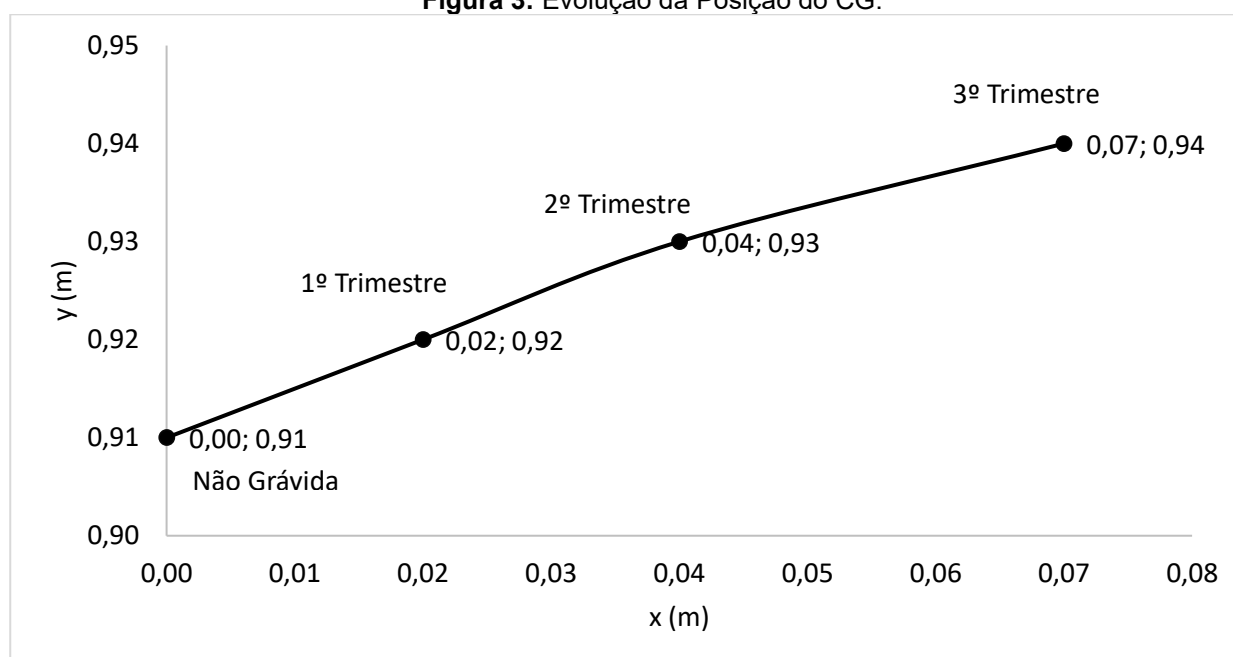


Fonte: Os Autores (2026).

Em estado não gestacional, CM e CG não apresentariam distância significativa, então, no condizente à análise de equilíbrio, considerar-se-ia as posições coincidentes. Entretanto, na gravidez, o CG daria superior deslocamento como reflexo às alterações posturais apresentadas, proporções corporais, idade e tipo de fibra muscular predominante. No primeiro trimestre (Figura 3), as alterações posturais seriam mínimas, mantendo CG e CM próximos, com deslocamento entre 1,00 cm e 2,00 cm. Nos três meses seguintes, a

lordose lombar se acentuaria, o volume abdominal elevaria o CG, podendo a distância entre os centros alcançar 4,00 cm. No último trimestre, a magnitude das compensações posturais se elevaria, dada a maior instabilidade, pois o CG estaria mais alto e projetado à frente, culminando em deslocamento de 5,00 cm a 7,00 cm (Quaresma, 2010; Mann *et al.*, 2010; Oliveira, 2018; Osuna, 2026).

Figura 3: Evolução da Posição do CG.



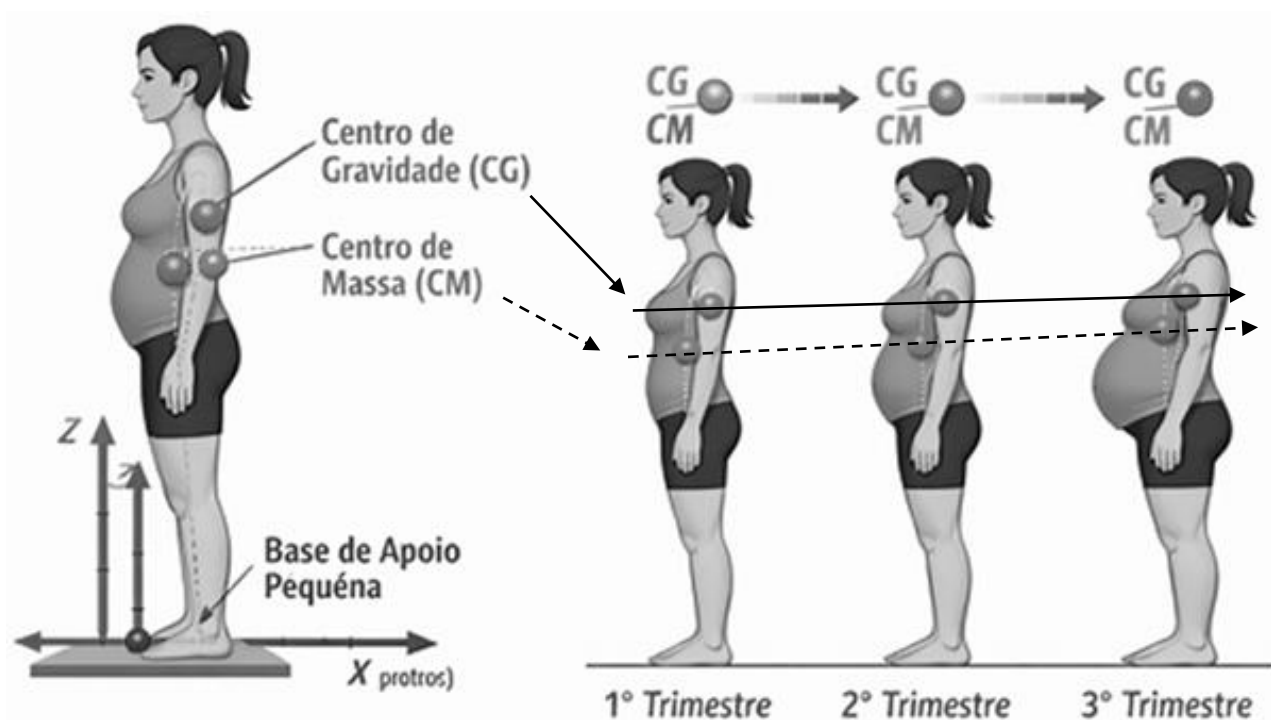
Fonte: Os Autores (2026).

O envelhecimento mitigaria a força muscular e propriocepção, dificultando ajustes posturais rápido e reduzindo a velocidade de marcha e o equilíbrio, isso combinado ao aumento da perda de massa óssea, favoreceria o risco de queda. Tal quadro explicaria, mesmo que parcialmente, a maior instabilidade em gestantes acima de 35 anos, sobretudo no último trimestre, requisitando exercícios de força para membros inferiores e equilíbrio (Baldo *et al.*, 2020; Osuna *et al.*, 2025).

Durante a gestação, a exigência de ativação muscular ampliar-se-ia, também, influenciada pela retenção hídrica, entretanto, a predominância de fibras Tipo I favoreceria o controle postural, comparativamente, àquelas do Tipo II, que seriam menos eficientes para ajustes finos. Dessarte, mulheres com o primeiro tipo apresentariam maior resistência (ou melhor controle) postural, de modo consequente, melhor compensariam o deslocamento do CG, especialmente na adoção de treinamento de resistência (Fonseca e Rocha, 2012; Imperatori *et al.*, 2025).

Com relação às proporções corporais, o momento (\vec{p}) de desequilíbrio, ou seja, a quantidade de movimento ($\vec{p} = massa \cdot \overrightarrow{velocidade}$), a qual indicaria a dificuldade de parar o corpo, maior seria no tronco mais longo, dado que essa característica por si deslocaria o CM cranialmente. A existência de membros inferiores curtos reduziria a base de apoio, comprometendo ajustes rápidos (Herr e Popovic, 2008; Knudson e Brusseau, 2021; Small e Neptune, 2024; Liu, 2025). A combinação dessas particularidades acentuaria o risco de queda na gravidez, pleiteando a consideração das proporções corporais na avaliação postural e ampliação da base de apoio, essa conquistada pela prática de exercícios de força e estabilidade (por exemplo, agachamentos), mobilidade e equilíbrio (por exemplo, afundo lateral), e alongamento (por exemplo, gato arrepiado, também conhecido como vaca e gato). Relevante evidenciar que além do objetivo primeiro, potencializando a estabilidade, esse conjunto de exercícios favoreceria a mobilidade de quadril, fortalecimento pélvico e alongamento lombar (Batista *et al.*, 2003; Almeida e Alves, 2009; Nascimento *et al.*, 2014; Nogueira e Santos, 2018; Silveira e Cabral, 2021; Campos *et al.*, 2021; Queiroz Júnior, 2022). A comparação dos deslocamentos de CG e CM (Figura 4) ilustraria o exposto, justificando a necessidade de maior ativação muscular e ampliação da base.

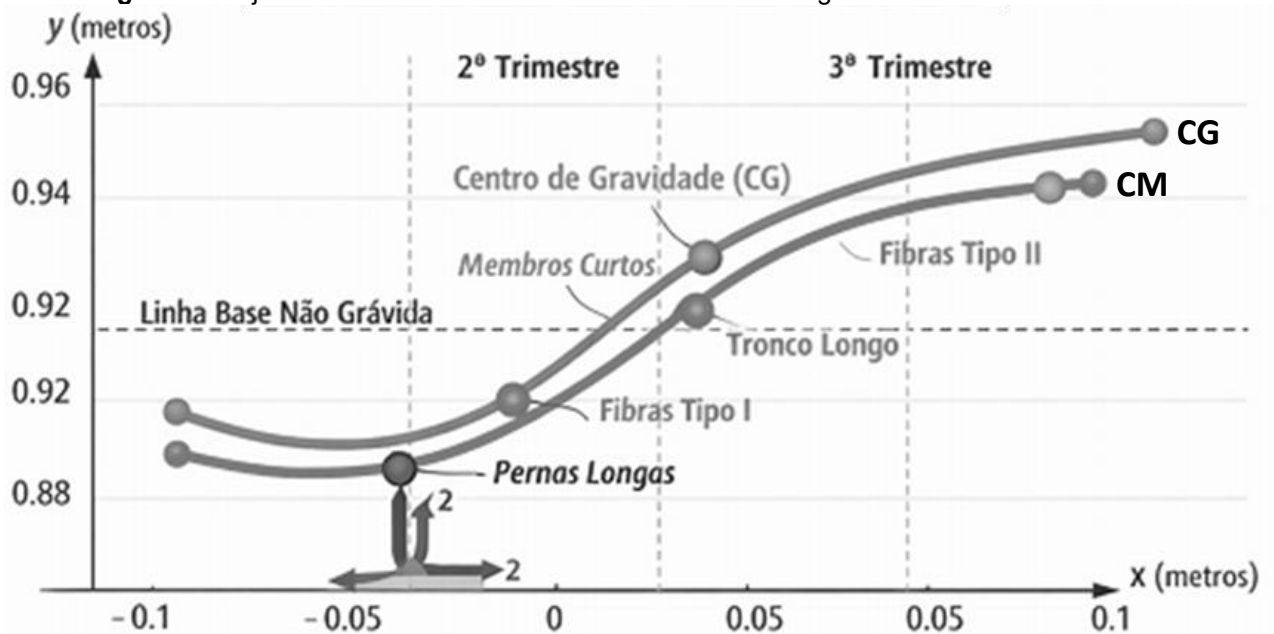
Figura 4: Comparação de CG e CM em Gestante com Tronco Longo e Membros Inferiores Curtos.



Fonte: Os Autores (2026).

Talvez, o aspecto detentor de particular relevância fosse a ausência de linearidade nas evoluções de CM e CG, salvo em gestação com particularidades corporais e biomecânicas ou modelo teórico simplificado, o que convergiria às influências de idade, composição corporal e proporções corpóreas, mas não se limitaria a tal coadunação, necessidade haveria de considerar: 1) alterações hormonais e ligamentares promovidas pelo domínio endócrino influenciariam as estabilidades articular e postural, e a resposta muscular dependeria da elasticidade e força, as quais não gozariam de uniformidade no tempo; 2) não constância das adaptações posturais, as quais deteriam características personalíssimas, possibilitando ajustes em velocidades distintas ou compensações assimétricas; e 3) o crescimento do feto não seria uniforme, mas em saltos, especialmente nos trimestres dois e três, logo o deslocamento do CG seria positivamente acelerado entre as semanas 14 e 36 (Figura 5).

Figura 5: Trajetórias CM e CG em Gestante com Tronco Longo e Membros Inferiores Curtos.



Fonte: Os Autores (2026).

Considerações Finais

O objetivo do estudo foi modelar o sistema vetorial de deslocamento de CM e CG durante a gravidez. Possível foi concluir que o modelo foi satisfatoriamente revelador, dado que a comparação com a não gestante demonstrou a reposição dos vetores projetados na base de suporte como consequência das adaptações mecânicas, influenciadas por aspectos fisiológicos, associados às características de comprimentos de tronco e membros

inferiores, sem negar o tipo muscular ou condição etária. Assim, a regularidade na prática de exercícios seria fundamental para manutenção da estabilidade, pelo ganho de força, o que culminaria na potencialização de mobilidade, equilíbrio e flexibilidade, sobretudo na consideração de segmentos como quadris, pelve e lombar.

Aos estudos futuros recomenda-se refazer o modelo, porém considerando distintas proporções e composições corporais, especialmente no condizente à relação entre os cumprimentos de tronco e membros inferiores, e percentuais de massas óssea e muscular. O acompanhamento longitudinal e comparativo de gestantes com predominância de tipos distintos de fibras musculares pormenorizaria numericamente as considerações realizadas. Novos modelos poderiam incluir a idade cronológica e distância entre quadris, as quais influenciariam os ajustes posturais e a distribuição de forças, respectivamente. Assim como, os níveis de relaxina, estrogênio e progesterona.

Referências

- ALMEIDA, NFA; ALVES, MVP. Exercícios físicos para gestantes. **Lecturas: Educación física y deportes**, año, 14, n. 131, a. 80, 2009.
- ALMEIDA, W; BRITO, F. **Geometria analítica e álgebra linear para engenharia**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2020.
- ALVES, RS *et al.* Análise intra e interavaliadores da projeção do centro de massa do corpo obtido por fotogrametria. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 24, n. 4, p. 349-355, 2017.
- ANTON, H; RORRES, C. **Álgebra linear com aplicações**. Porto Alegre (RS): Bookman, 2012.
- BALDO, LO. Gestação e exercício físico: recomendações, cuidados e prescrição. **Itinerarius Reflectionis**, v. 16, n. 3, 2020.
- BARAÚNA, MA; ADORNO, MLGR. Avaliação cinesiológica das curvaturas lombar e torácica das gestantes através do cifolordômetro e da fotogrametria computadorizada e sua correlação com a dor lombar. **Fisioterapia Brasil**, v. 2, n. 3, p. 145-155, 2001.
- BATISTA, DC *et al.* Atividade física e gestação: saúde da gestante não atleta e crescimento fetal. **Revista brasileira de saúde materno infantil**, v. 3, n. 2, p. 151-158, 2003.
- BELSANI, E. **Concentração de relaxina-2 de acordo com diabetes gestacional, obesidade e incontinência urinária específica da gestação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Fisioterapia) - Faculdade de Filosofia e Ciências. Universidade Estadual Paulista. Marília (SP), 2023.
- BENETTI, FA *et al.* Curvatura lombar e inclinação do tronco durante o período gestacional. **Revista de Ciência Médica**, v. 14, n. 3, p. 259-265, 2005.
- BISPO JV *et al.* Alterações ósseas e cartilaginosas na gestação e puerpério: impactos e abordagens terapêuticas. **Revista Corpus Hippocraticum**, v. 1, n. 1, 2025. Acessado em 5/4/2026. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-medicina/article/view/1216>

BOLDRINI, JL. **Álgebra linear**. São Paulo: Harbra, 1984.

CAMPOS, MSB *et al.* Posicionamento sobre Exercícios Físicos na Gestação e no Pós-Parto–2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 117, n. 1, p. 160-180, 2021.

CARVALHO, MECC *et al.* Lombalgia na gestação. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 67, n. 3, p. 266-270, 2017.

DANKA, T. **Mathematics of machine learning**: master linear algebra, calculus, and probability for machine learning. Birmingham (UK): Packt, 2025.

FAUSTINO, CSV; PEIXEIRO, RIG; FRIAS, AMA. Os desconfortos na gravidez: técnicas de alívio. *In* FRIAS, AMA; GALHANAS, AIR (Org.). **Saúde da grávida**: manual de cuidados especializado. Guarujá (SP): Editora Científica Digital, 2025, p. 75-94.

FERREIRA, CV *et al.* Obtenção de medidas dos ângulos da articulação do cotovelo utilizando o Mediapipe. **Revista de Geopolítica**, v. 17, n. 3, p. e1899, 2026.

FONSECA, CC, ROCHA, LA. Gestação e Atividade Física: Manutenção do programa de exercícios durante a gravidez. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 20, n. 1, p. 111-121, 2012.

GOMES, AP; BARROS, T. Efeitos da progesterona no metabolismo ósseo durante a gestação: uma revisão sistemática. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 33, n. 3, p. 209-217, 2022.

GÓMEZ, SL. **Vetores com aplicações em física**. São Paulo: Blucher, 2020.

HAY, JG; REID, JG. **As bases anatômicas e mecânicas do movimento humano**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1985.

HERR, H; POPOVIC, M. Angular momentum in human walking. **Journal of experimental biology**, v. 211, n. 4, p. 467-481, 2008.

IMPERATORI, FC *et al.* Dor lombar, flexibilidade e força muscular em mulheres ativas e sedentárias: um estudo comparativo transversal. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 17, n. 3, p. 204-214, 2025.

KNUDSON, DV; BRUSSEAU, TA. **Introduction to kinesiology**: studying physical activity. Champaign (USA): Human Kinetics, 2021.

LAY, DC; LAY, SR; MCDONALD, JJ. **Linear algebra and its applications**. London (UK): Pearson, 2020.

LEMOS, LFC; TEIXEIRA, CS; MOTA, CB. Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 17, n. 4, p. 83-90, 2009.

LERENA, MAM; GOMES, MM; BARELA, JA. Análise da oscilação lumbo-pélvica durante a marcha em esteira ergométrica. **Motriz**, v. 12, n. 1, p. 23-32, 2006.

LIU, JM. **Leveraging linear and angular momenta analyses to understand control and performance of sporting movements**. Thesis (Doctor of Philosophy) - Stevens Institute of Technology. Hoboken (USA), 2025.

MANN, L *et al.* Alterações biomecânicas durante o período gestacional: uma revisão. **Motriz**, v. 16, n. 3, p. 730-741, 2010.

MOCHIZUKI, L; AMADIO, AC. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de pressão. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 3, n. 3, p. 77-83, 2003.

MONTEIRO, GR; CAVALCANTE, VM. **IA para medição de escala de esforço em fisioterapia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecatrônica) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.

MOREIRA, LS *et al.* Alterações posturais, de equilíbrio e dor lombar no período gestacional. **Femina**, v. 39, n. 5, p. 241-244, 2011.

MOTA, AJ *et al.* O papel do estrogênio na preservação da densidade óssea durante a gravidez. **Revista Brasileira de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 63, n. 4, p. 300-307, 2020.

NASCIMENTO, SL *et al.* Recomendações para a prática de exercício físico na gravidez: uma revisão crítica da literatura. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 36, n. 9, p. 423-431, 2014.

NEVES, GF; VILARES, SG; FRIAS, AMA. Os desconfortos na gravidez: técnicas de alívio. In FRIAS, AMA; GALHANAS, AIR (Org.). **Manual da gravidez: diagnóstico, desenvolvimento e cuidados essenciais**. Guarujá (SP): Editora Científica Digital, 2024, p. 79-94.

NOGUEIRA, LF; SANTOS, FP. Benefícios do exercício físico para gestantes nos aspectos fisiológicos e funcionais. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 28, n. 54, p. 11-20, 2018.

NUNES, MO. **Modelo biomecânico de corpo inteiro com coordenadas naturais para análise de movimento humano**. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia. Rio de Janeiro, 2017.

OLIVEIRA, IS. **Biomecânica do apoio plantar: gravidez e pós-parto**. Tese (Doutorado em Ciências do Desporto) – Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro. Vila Real (Portugal), 2018.

OSUNA, CM *et al.* O exercício físico durante a gravidez. In FRIAS, AMA; GALHANAS, AIR (Org.). **Saúde da grávida: manual de cuidados especializado**. Guarujá (SP): Editora Científica Digital, 2025, p. 85-103.

OSUNA, CM. **Biomecânica del parto: posiciones maternas que facilitan la posición occipito-anterior**. Relatório de Estágio. Mestrado em Enfermagem de Saúde Materna e Obstétrica. Escola Superior de Enfermagem São João de Deus. Universidade de Évora. Évora (Portugal), 2026.

PRUDENCIO, CB. **Relação dos achados eletromiográficos dos músculos do assoalho pélvico com os níveis de relaxina ao longo da gestação e após o parto de mulheres com hiperglicemia gestacional e incontinência urinária específica da gestação**. Tese (Doutorado em Tocoginecologia) – Faculdade de Medicina. Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho. Botucatu (SP), 2021.

QUARESMA, CRP. **Alterações biomecânicas da coluna vertebral durante a gravidez**. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa (Portugal), 2010.

QUEIROZ JÚNIOR, WM. **Biomecânica: fundamentos físicos e análise de exercícios resistidos**. Monografia (Bacharelado em Física) – Faculdade de Física. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Federal do Pará. Belém (PA), 2022.

SANTOS, JPM; LIMA, MVA. Centro de massa em configurações pontuais: explorações com o Geogebra. **Intermaths**, v. 5, n. 1, p. 94-107, 2024.

SILVEIRA, GG *et al.* Efeitos das alterações hormonais na saúde óssea durante a gravidez e o puerpério. **Revista Corpus Hippocraticum**, v. 1, n. 2, 2025. Acessado em 5/4/2026. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-medicina/article/view/1193>

SILVEIRA, TS; CABRAL, FD. Benefícios da prática dos exercícios de Kegel aplicada em gestantes. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 12, p. 392-406, 2021.

SMALL, GH; NEPTUNE, RR. Angular momentum generation and control during a back handspring step out on the balance beam performed by female gymnasts. **Journal of Biomechanics**, v. 176, p. 112377, 2024.

SOUZA, ET. Embodiment (corporalização), soma e dança: alguns nexos possíveis. **Revista Brasileira de Estudos da Presença**, v. 10, n. 4, p. e92446, 2020.

STEINBRUCH, A; WINTERLE, P. **Álgebra linear**. Louveira (SP): Pearson, 1995.

YOSEPH, ET *et al.* Pregnancy-related spinal biomechanics: a review of low back pain and degenerative spine disease. **Bioengineering**, v. 12, n. 8, a. 858, 2025.