

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**

**JULIANA SOUZA MIRANDA**

**METODOLOGIA VIDEOGRAMÉTRICA PARA QUANTIFICAR  
O MOVIMENTO DA MANDÍBULA EM SUJEITOS COM  
DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR**

Mogi das Cruzes, SP

2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES**

**JULIANA SOUZA MIRANDA**

**METODOLOGIA VIDEOGRAMÉTRICA PARA QUANTIFICAR  
O MOVIMENTO DA MANDÍBULA EM SUJEITOS COM  
DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR**

Dissertação apresentada à comissão de Pós Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes, para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

**Orientador: Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante**

Mogi das Cruzes, SP

2009

### FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Miranda, Juliana Souza

Metodologia videogramétrica para quantificar o movimento da mandíbula em sujeitos com disfunção temporomandibular / Juliana Souza Miranda – 2009.

151 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade de Mogi das Cruzes, 2009

Área de concentração: Processamento de Sinais e Imagens Médicas

Orientador: Prof<sup>º</sup>. Dr<sup>º</sup>. Luciano Allegretti Mercadante

1. Temporomandibular - Disfunção 2. Videogrametria  
3. Ângulos articulares 4. Cêndilos - Trajetória I.  
Mercadante, Luciano Allegretti

CDD 612.76

**DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO  
EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

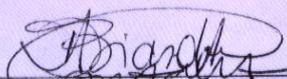
No dia 14/05/09 a candidata *Juliana Souza Miranda*, após realizar os créditos exigidos, ser aprovada no exame de Proficiência em Inglês, e no exame de Qualificação, apresentou o trabalho "Metodologia videogramétrica para quantificar o movimento da mandíbula em sujeitos com disfunção temporomandibular" para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Biomédica.

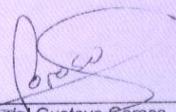
Os membros da banca consideram a candidata:

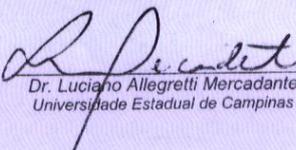
Dr<sup>a</sup> Daniela Aparecida Biasotto-Gonzalez  
Dr. Daniel Gustavo Goroso  
Dr. Luciano Allegretti Mercadante

**Conceito**

*Biasotto* *Aprovada*  
*Goroso* *Aprovado*  
*Allegretti* *Aprovado*

  
Dr<sup>a</sup> Daniela Aparecida Biasotto-Gonzalez  
Universidade Nove de Julho

  
Dr. Daniel Gustavo Goroso  
Universidade de Mogi das Cruzes

  
Dr. Luciano Allegretti Mercadante  
Universidade Estadual de Campinas

# DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho  
aos meus pais e ao  
meu irmão.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que guia sempre os meus caminhos.

Aos meus pais, Hermínio e Francisca, que sempre me incentivaram e acreditaram em mim. Sem o apoio de vocês não teria conseguido chegar até aqui. E ao meu querido irmão, Fábio. AMO VOCÊS.

Ao Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante, que além de conduzir a realização desse trabalho, com seu jeito alegre e espontâneo, se tornou um amigo.

Aos meus amigos de laboratório, Jefferson Marques, M<sup>a</sup> Carolina Mauro e Gabriela Fernandez, que sempre estiveram dispostos a me ajudar. A contribuição de vocês foi muito importante para a realização desse trabalho. Além disso, vocês me ajudaram também a suportar a distância e saudade de casa.

À Fernanda e ao Fábio Margotto, amizade que se iniciou nas aulas do mestrado e que está se tornando cada vez mais forte e verdadeira. Obrigada pelo carinho de vocês.

Aos companheiros do NPT, Leandro Suzuki, José Gustavo Padrão, Lyvyam Loss, Beatriz Jordão, Ivan Costa, Andréa Miranda, Luciane Bordini, Alessando Silva, Hélio Martucci, Terigi Scardovelli, Prof. Dr. Daniel Gustavo Goroso, Prof. Dr. Jean Jacques Bonvent, Dona Terezinha e Fabiane Silva.

Às Profas. Dras. Sílvia Martini Rodrigues e Annie France Slaets pela colaboração com as câmeras.

À Profa. Dra. Daniela Aparecida Biasotto-Gonzalez pelas colaborações de grande qualidade científica.

Aos voluntários que participaram da pesquisa, e aos Professores Artur Rosa, Paulo Mutarelli e Maria Renata Nassri, que cederam a sala para a realização das coletas dos dados e ajudaram na seleção de voluntários.

À Aline de Moraes, Daniella Isaac, Shênia Rabelo e Vanessa Allagio que apesar da distância se mostraram cada vez mais amigas.

À todos que estiveram comigo durante esse tempo e que acreditaram na realização desse trabalho.

## RESUMO

Analisar de forma quantitativa a movimentação da mandíbula em indivíduos com disfunção temporomandibular (DTM) é importante tanto para a avaliação de pacientes quanto para acompanhar os resultados do tratamento. Um dos métodos que pode ser utilizado para essa análise é a videogrametria, que fornece as coordenadas 3D de marcadores fixados aos segmentos de interesse, para obter sua posição e orientação no espaço. O objetivo desse trabalho consiste em propor e validar um método de análise da movimentação da mandíbula utilizando videogrametria; comparar os ângulos de abertura/fechamento e desvio lateral/medial da mandíbula, e a trajetória dos côndilos na abertura/fechamento, em sujeitos sem e com DTM e correlacioná-los. Participaram do estudo 24 sujeitos com idade média de 31.9 ( $\pm$  9.2) anos, sendo 12 sem DTM e 12 com DTM. As imagens dos marcadores esféricos não invasivos, fixados na face dos sujeitos em locais pré-determinados, durante 30 movimentos de abertura/fechamento da mandíbula, foram registradas por 4 câmeras digitais e processadas no sistema Dvideo<sup>®</sup> para obtenção das coordenadas 3D dos marcadores. Pela análise das trajetórias dos côndilos e dos ângulos  $\alpha$  (abertura/fechamento) e  $\beta$  (desvio lateral/medial), percebe-se a grande variabilidade dos dados encontrados, permitindo afirmar que o movimento de abertura/fechamento da mandíbula é bastante complexo e individual, onde um mesmo sujeito pode apresentar comportamentos diferentes durante a movimentação estudada, independente de ter ou não DTM. Os resultados também mostraram que a movimentação de cada articulação temporomandibular é independente, porém associadas e simultâneas. Foi possível diferenciar estatisticamente os grupos sem e com DTM, pelo valor máximo dos ângulos  $\beta$  de cada sujeito ( $r = -0.02$ ), e pelo máximo deslocamento na direção Z dos côndilos direito ( $r = 0.01$ ) e esquerdo ( $r = -0.01$ ).

**Palavras-chave:** Disfunção temporomandibular, videogrametria, ângulos articulares e trajetória dos côndilos.

## ABSTRACT

The quantitative way of analyzing the movement of the mandible in individuals with temporomandibular disorders (TMD) is important to evaluate patients and to monitor the results of treatment. The videogrammetry is one method that can be used for this analysis, which provides the 3D coordinates of markers fixed to the segments of interest, to obtain its position and orientation in space. The aim of this paper is to propose and validate a method of analyzing the movement of the mandible using videogrammetry; compare the angles of opening and closing; the lateral and medial deviation of the mandible and the pathway of opening and closing of the condyles, in individuals without and with TMD and correlate them. The sample consisted of 24 individuals, 12 without TMD and 12 with TMD, with a mean age of 31.9 ( $\pm 9.2$ ) years. The images of the noninvasive spherical markers, fixed on the face of each individual at predetermined sites, during 30 movements of opening and closing of the mandible were recorded by 4 digital cameras, and processed by Dvideo<sup>®</sup> system to obtain 3D coordinates of markers. Through the analysis of the trajectories of the condyles and angles  $\alpha$  (open/closed) and  $\beta$  (lateral/medial deviations) the great variability of results was noticed, making possible to affirm that the movement of opening and closing of the mandible is very complex and individual, where the same individual may present different behaviours during the studied movement, regardless of whether or not TMD is present. The results also showed that the movement of each temporomandibular joint is independent, but linked and simultaneous. It was statistically possible to differentiate the groups with and without TMD by the maximum value of angle  $\beta$  of each individual ( $r = -0.02$ ), and by the maximum displacement in Z direction of right ( $r = 0.01$ ) and left condyles ( $r = -0.01$ ).

**Keywords:** Temporomandibular disorders, videogrammetry, articular angles, trajectory of the condyles.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Características individuais dos sujeitos que participaram da pesquisa, quanto ao sexo, idade (anos), altura (cm) e peso (kg).....36
- Tabela 2:** Média dos erros das coordenadas 3D dos 32 pontos do sistema de calibração.....45
- Tabela 3:** Distância média, médias dos desvios médios, valores máximos dos desvios médios e porcentagem do desvio médio máximo em relação a média, em todos os *frames*.....46
- Tabela 4:** Valores dos coeficientes de correlação entre as curvas médias de cada grupo, para os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e para as coordenadas X, Y e Z dos côndilos direito e esquerdo entre os grupos sem e com DTM.....75
- Tabela 5:** Valores máximos e médios dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e dos deslocamentos dos côndilos direito e esquerdo nas coordenadas X, Y e Z no grupo sem DTM.....76
- Tabela 6:** Valores máximos e médios dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e dos deslocamentos dos côndilos direito e esquerdo nas coordenadas X, Y e Z no grupo com DTM.....77
- Tabela 7:** Valores dos coeficientes de correlação entre os valores máximos dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e para as coordenadas X, Y e Z dos côndilos direito e esquerdo de cada sujeito do grupo sem e com DTM.....78
- Tabela 8:** Número do sujeito, padrão de abertura, ruídos articulares durante o movimento de abertura/fechamento, classificação nos subgrupos de DTM segundo o RDC e sentido do desvio lateral/medial (ângulo  $\beta$ ) avaliado através da videogrametria.....79

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Ilustração de um crânio, evidenciando a fossa mandibular do osso temporal e o côndilo da mandíbula (Modificado de Netter, 1992).....19
- Figura 2:** Ilustração da ATM destacando a fossa articular, o côndilo articular, o tecido retrodiscal, o disco articular e os ligamentos colaterais. (modificado de [www.projeto homemvirtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf](http://www.projeto homemvirtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf)).....20
- Figura 3:** A (esquerda) - Ilustração de um crânio destacando o músculo masseter, o feixe profundo do músculo masseter e o músculo temporal e suas porções (1) anterior, (2) média e (3) posterior. B (direita) - Ilustração de um crânio destacando os músculos pterigóideo lateral superior e pterigóideo lateral inferior, os ligamentos esfenomandibular e estilomandibular e o músculo pterigóideo medial. (modificado de [www.projeto homemvirtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf](http://www.projeto homemvirtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf)).....21
- Figura 4:** Ilustrações de um crânio durante os movimentos: A (esquerda) - abertura / fechamento. B (central) – Protrusão. C (direita) – Desvios mediais/laterais.....22
- Figura 5:** Marcadores utilizados dispostos em dois sistemas rígidos, sendo um fixo na mandíbula, com 4 LEDs e outro no crânio, com 6 LEDs. (Modificado de Travers *et al.*, 2000) .....28
- Figura 6:** A (esquerda) – Arcos com os marcadores do tipo LEDs da cabeça e da mandíbula e apontador com LED de referência. B (direita) – Fixação do arco da mandíbula nos dentes incisivos. (Modificado de Fukui *et al.*, 2002).....29
- Figura 7:** A (esquerda) – Disposição das três câmeras de vídeo utilizadas o registro on-line dos marcadores. B (direita) - Marcadores ativos fixados nos vértices de duas estruturas de formato triangular, conectadas aos arcos da mandíbula e da maxila por meio de um *splint* de metal. (Modificado de Fushima *et al.*, 2003).....30
- Figura 8:** Disposição dos 3 marcadores no crânio, 1 nos dentes incisivos e 3 no aparato triangular. (Modificado de Ferrario *et al.*, 2005).....31
- Figura 9:** Disposição da câmera de vídeo e dos quatro marcadores construídos com esferas de acrílico branco sobre pedaços de papel preto, presos a um arco extra-oral. (Missaka *et al.*, 2008).....31
- Figura 10:** A (esquerda) - Molde da arcada dentária com as superfícies rígidas que serviram de base para os marcadores LEDs. B (direita) - Sujeito com os marcadores posicionados. (Fang e Kuo, 2008).....32
- Figura 11:** Representação esquemática da disposição das câmeras e da cadeira odontológica no ambiente de coleta.....37

<b>Figura 12:</b> Locais de fixação dos marcadores: Ponto medial do osso zigomático direito (4) e esquerdo (6), região do filtro labial (5), ponto medial da mandíbula, 1 cm abaixo da margem do lábio inferior (2) e a partir do ponto 2, foi medido 1 cm para baixo, ainda na linha média e depois 2 cm para o lado direito (1) e esquerdo (3) e região do côndilo da mandíbula direito (7) e esquerdo (8).....	38
<b>Figura 13:</b> Calibrador utilizado com os 32 marcadores (esferas de isopor) e o sistema de referência adotado (vermelho).....	39
<b>Figura 14:</b> A (esquerda) – Posição dos marcadores no sistema de referência mandíbula (1, 2 e 3) e no sistema de referência cabeça (4, 5 e 6). Também estão representados os vetores auxiliares a, b, c e d. B (direita) – Sistema de coordenadas da mandíbula e cabeça.....	42
<b>Figura 15:</b> Comportamento dos dados brutos (vermelho) e filtrados (azul) da coordenada Z do ponto quatro de um dos sujeitos analisados em função do tempo.....	47
<b>Figura 16:</b> Vista ampliada do comportamento dos dados brutos (vermelho) e filtrados (azul) em função do tempo.....	47
<b>Figura 17:</b> Gráfico dos ângulos $\alpha$ e $\beta$ e posições de abertura máxima e mínima. A (Superior): Valores máximos do ângulo $\alpha$ correspondem aos instantes de máxima amplitude de abertura da mandíbula. B (Inferior): Valores mínimos do ângulo $\alpha$ correspondem ao instante de máximo contato entre os lábios.....	48
<b>Figura 18:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo sem DTM.....	49
<b>Figura 19:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo sem DTM.....	49
<b>Figura 20:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo sem DTM.....	50
<b>Figura 21:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo sem DTM.....	50
<b>Figura 22:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo sem DTM.....	51
<b>Figura 23:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo sem DTM.....	51

<b>Figura 24:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo sem DTM.....	52
<b>Figura 25:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo sem DTM.....	52
<b>Figura 26:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo sem DTM.....	53
<b>Figura 27:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo sem DTM.....	53
<b>Figura 28:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo sem DTM.....	54
<b>Figura 29:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo sem DTM.....	54
<b>Figura 30:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo com DTM.....	55
<b>Figura 31:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo com DTM.....	55
<b>Figura 32:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo com DTM.....	56
<b>Figura 33:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo com DTM.....	56
<b>Figura 34:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo com DTM.....	57
<b>Figura 35:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo com DTM.....	57
<b>Figura 36:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo com DTM.....	58

<b>Figura 37:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo com DTM.....	58
<b>Figura 38:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo com DTM.....	59
<b>Figura 39:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo com DTM.....	59
<b>Figura 40:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo com DTM.....	60
<b>Figura 41:</b> Ângulos $\alpha$ (vermelho) e $\beta$ (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo com DTM.....	60
<b>Figura 42:</b> A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 1 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 1 sem DTM.....	61
<b>Figura 43:</b> A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 2 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 2 sem DTM.....	61
<b>Figura 44:</b> A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 3 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 3 sem DTM.....	61
<b>Figura 45:</b> A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 4 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 4 sem DTM.....	62
<b>Figura 46:</b> A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 5 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 5 sem DTM.....	62





**Figura 63:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 10 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 10 com DTM.....68

**Figura 64:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 11 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 11 com DTM.....68

**Figura 65:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 12 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 12 com DTM.....69

**Figura 66:** A (esquerda) - Valores das curvas médias ângulo  $\alpha$  para cada sujeito do grupo sem DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto). B (direita) - Valores das curvas médias ângulo  $\alpha$  para cada sujeito do grupo com DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto).....69

**Figura 67:** A (esquerda) - Valores das curvas médias ângulo  $\beta$  para cada sujeito do grupo sem DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto). B (direita) - Valores das curvas médias ângulo  $\beta$  para cada sujeito do grupo com DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto).....70

**Figura 68:** Valores médios dos ângulos  $\alpha$  dos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....71

**Figura 69:** Valores médios dos ângulos  $\beta$  dos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....71

**Figura 70:** Valores médios das coordenadas X em cm do côndilo direito nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....72

**Figura 71:** Valores médios das coordenadas X em cm do côndilo esquerdo nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....72

**Figura 72:** Valores médios das coordenadas Y em cm do côndilo direito nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....73

**Figura 73:** Valores médios das coordenadas Y em cm do côndilo esquerdo nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....73

**Figura 74:** Valores médios das coordenadas Z em cm do côndilo direito nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....74

**Figura 75:** Valores médios das coordenadas Z em cm do côndilo esquerdo nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeitos com desordem muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.....74

## LISTA DE ABREVIATURAS

ATM - Articulação temporomandibular.

DTM - Disfunção temporomandibular.

EMG - Eletromiografia.

RDC/TMD - *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders.*

3D - Tridimensional.

Hz - Hertz.

LED - Diodo Emissor de Luz.

s - segundos.

2D - Bidimensional.

Kg - Quilograma.

AVI – *Audio Video Interleave.*

mm - milímetros.

cm - centímetros.

DLT - *Direct Linear Transformation.*

# SUMÁRIO

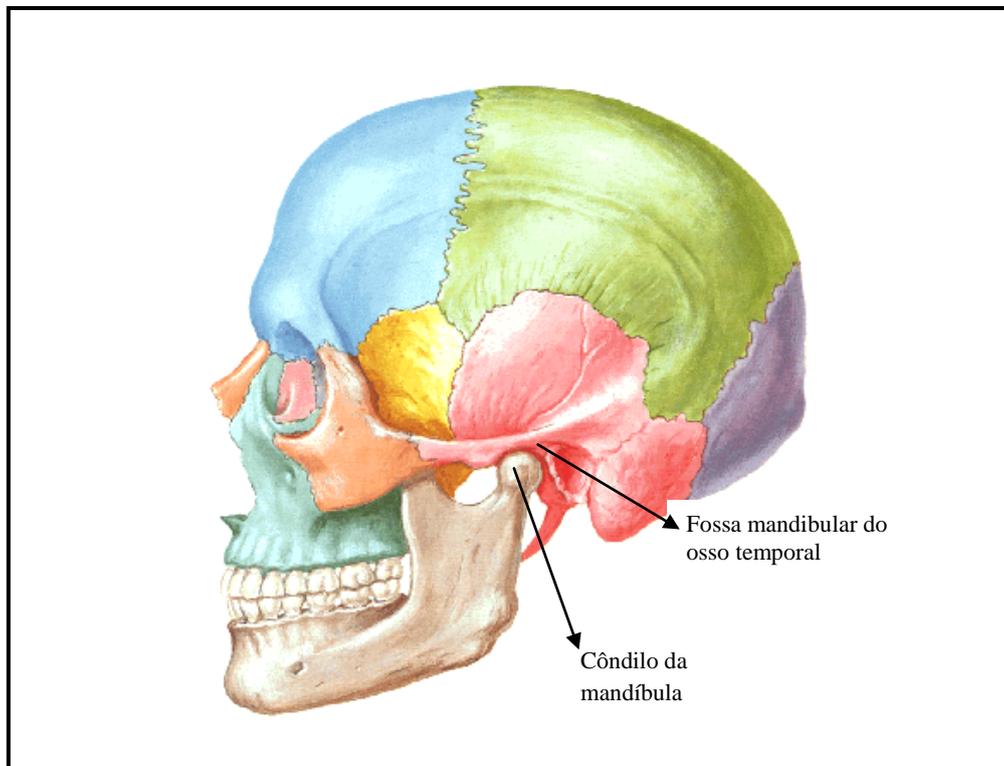
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	25
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4 ESTADO DA ARTE.....	27
4.1 ESTUDOS DA MOVIMENTAÇÃO DA MANDÍBULA UTILIZANDO VIDEOGRAMETRIA.....	27
4.2 ESTUDOS UTILIZANDO O RESEARCH DIAGNOSTIC CRITERIA FOR TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS (RDC/TMD) .....	32
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
5.1 AMOSTRA.....	35
5.2 AMBIENTE DE COLETA VIDEOGRAMÉTRICA.....	36
5.3 MATERIAIS.....	37
5.4 REGISTRO DAS SEQÜÊNCIAS DE IMAGENS.....	37
5.5 POSIÇÃO DOS MARCADORES.....	38
5.6 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO DAS CÂMERAS.....	39
5.7 SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL DAS CÂMERAS.....	39
5.8 PROCEDIMENTOS.....	40
5.9 MEDIÇÕES DAS COORDENADAS DE TELA E RECONSTRUÇÃO 3D DOS PONTOS DE INTERESSE.....	40
5.10 TRATAMENTO DOS DADOS.....	40
5.11 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	41
5.11.1 Construção dos Sistemas Locais.....	41
5.11.2 Ângulos Articulares.....	42
5.11.3 Trajetória do Cêndilo.....	43
6 RESULTADOS.....	45
6.1 Precisão do sistema e sistema empregado.....	45
6.2 Tratamento dos dados.....	46
6.3 Ângulos de abertura/fechamento e desvios lateral/medial.....	47
6.4 Trajetória dos cêndilos mandibulares.....	60

6.5 Curvas médias dos grupos sem DTM e com DTM.....	69
6.6 Comparações estatísticas entre os grupos.....	70
6.7 Comparações estatísticas entre as variáveis.....	74
6.8 Classificação dos sujeitos segundo o RDC/TMD.....	78
7 DISCUSSÃO.....	80
8 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS.....	88
APÊNDICES.....	93
ANEXOS.....	138

# 1 INTRODUÇÃO

A Articulação temporomandibular (ATM), juntamente com ligamentos, músculos, nervos e dentes, constituem o sistema estomatognático que é responsável pela sucção, mastigação, fala, deglutição, além de ter um papel importante na respiração e na manutenção da postura (OKESON, 2008).

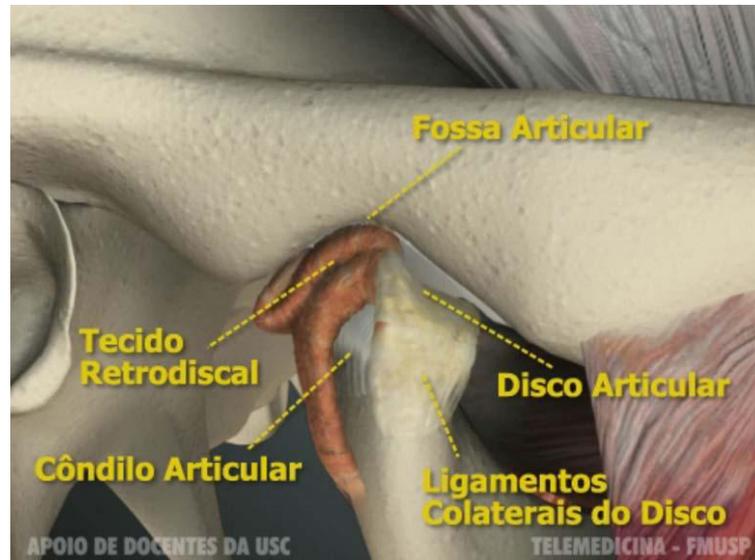
A ATM é uma das mais especializadas e complexas articulações do corpo humano, fazendo a ligação entre o côndilo mandibular e a fossa mandibular do osso temporal (Figura 1). O disco articular está localizado entre essas duas estruturas ósseas, sendo formado por tecido conjuntivo e não possui inervação e vascularização na sua parte central (OKESON, 2008). As principais funções do disco são proteger as superfícies articulares durante os movimentos mandibulares, impedindo o contato direto das estruturas ósseas, amortecer pressões e também auxiliar na limitação dos movimentos mandibulares, devido a presença de proprioceptores nas porções anteriores e posteriores (MOLINA, 1995).



**Figura 1:** Ilustração de um crânio, evidenciando a fossa mandibular do osso temporal e o côndilo da mandíbula (Modificado de Netter, 2000).

A porção posterior do disco é inserida a uma região denominada de tecido retrodiscal, que é altamente inervada e vascularizada e sua porção anterior está inserida no músculo

pterigóide lateral e no ligamento capsular (STEENKS & WIJER, 1996) (Figura 2). O disco divide a ATM em duas cavidades distintas que são preenchidas pela membrana sinovial, responsável por produzir o líquido sinovial (BUMANN & LOTZMANN, 2000).



**Figura 2:** Ilustração da ATM destacando a fossa articular, o côndilo articular, o tecido retrodiscal, o disco articular e os ligamentos colaterais. (Modificado de [www.projeto homem virtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf](http://www.projeto homem virtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf)).

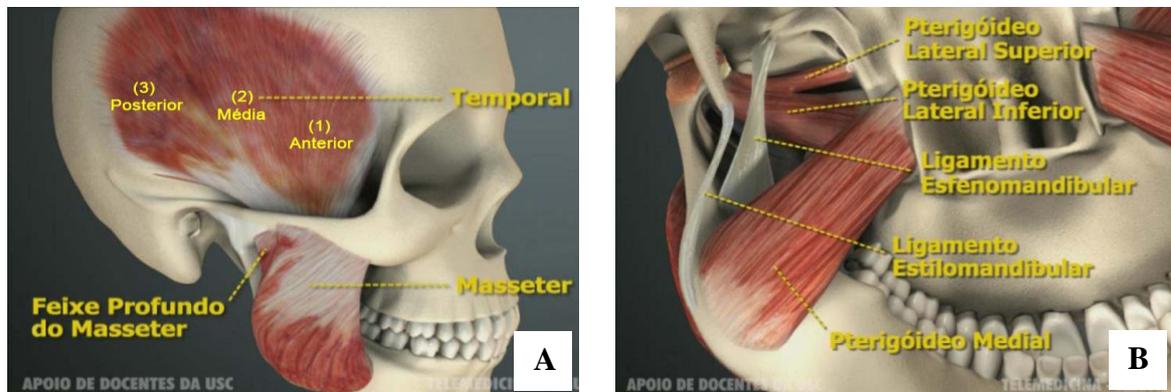
Os três principais ligamentos da ATM são os ligamentos colaterais, o capsular e o temporomandibular. Também existem dois ligamentos acessórios que são o esfenomandibular e estilomandibular. Esses ligamentos, juntamente com a cápsula articular e os músculos estabilizam a ATM (BIASOTTO-GONZALEZ, 2005).

O grupo denominado de músculos da mastigação é composto pelo masseter, temporal, pterigóide lateral e pterigóide medial. (Figura 3-A e 3-B). O músculo digástrico também é importante para o funcionamento da mandíbula, embora não seja considerado um músculo da mastigação (BIASOTTO-GONZALEZ, 2005).

O masseter tem duas porções: a superficial e a profunda. A contração de suas fibras faz a elevação da mandíbula e sua porção superficial pode ajudar no movimento de protrusão. O músculo temporal pode ser dividido em três feixes, o anterior que age na elevação da mandíbula, o médio que atua na elevação e retração e o posterior que tem função controversa, mas acredita-se que ele age conjuntamente com o feixe médio (OKESON, 2008).

O músculo pterigóide medial tem como função o movimento mediotrusivo, quando sua contração é unilateral e age no fechamento e na protrusão, na contração bilateral. Já o pterigóide lateral superior age no fechamento, e o inferior no movimento de lateralidade

quando sua contração é unilateral. Além disso, está ativo na protrusão e auxilia na abertura na contração bilateral (OKESON, 2008).



**Figura 3:** A (esquerda) - Ilustração de um crânio destacando o músculo masseter, o feixe profundo do músculo masseter e o músculo temporal e suas porções (1) anterior, (2) média e (3) posterior. B (direita) - Ilustração de um crânio destacando os músculos pterigóideo lateral superior e pterigóideo lateral inferior, os ligamentos esfenomandibular e estilomandibular e o músculo pterigóideo medial. (Modificado de [www.projeto homem virtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf](http://www.projeto homem virtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf)).

Para se estudar a função ou disfunção do sistema mastigatório é importante entender a mecânica da ATM, fato que se torna complexo devido as duas ATMs serem unidas pela mandíbula. Sendo assim, apesar de funcionarem de maneiras independentes, uma articulação sempre irá sofrer influência da outra (BIASOTTO-GONZALEZ, 2005; OKESON, 2008).

A ATM é capaz de realizar dois movimentos: rotação, que ocorre na cavidade articular inferior, quando o côndilo se movimenta em torno de um eixo fixo, se articulando contra a superfície inferior do disco articular e a translação, que ocorre na cavidade articular superior, entre a superfície superior do disco e fossa mandibular (OKESON, 2008).

O que acontece durante os movimentos da mandíbula é que ela está rotacionando em torno de um ou mais eixos e cada um dos eixos está transladando, gerando movimentos complexos onde as duas ATM sempre estão em atividade simultânea, porém dificilmente terão movimentos idênticos e conjuntos (MANUAL PROJETO HOMEM VIRTUAL – ARTICULAÇÃO TEMPOMANDIBULAR, 2003).

Assim, com ação dos músculos citados anteriormente, a mandíbula é capaz de realizar os movimentos de abertura/fechamento, protrusão (movimento condilar para frente e para baixo)/retrusão e desvios mediais/laterais (STEENKS & WIJER, 1996) (Figura 4).



**Figura 4:** Ilustrações de um crânio durante os movimentos: A (esquerda) - abertura / fechamento. B (central) - Protrusão. C (direita) - Desvios mediais/laterais. (Modificado de [www.projeto homem virtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf](http://www.projeto homem virtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf)).

O conjunto de distúrbios que envolvem a articulação temporomandibular (ATM), os músculos mastigatórios e estruturas associadas, é conhecido como disfunção temporomandibular (DTM) (OKESON, 2008). A DTM é usualmente manifestada por um ou mais sinais e sintomas, como dor, sons articulares, limitação dos movimentos da mandíbula e rigidez muscular. (McNELLY *et al.*, 2006).

A DTM é de origem multifatorial, tendo como principais fatores de risco a idade, sexo, frouxidão ligamentar, traumas, hábitos parafuncionais e o bruxismo (RODA *et al.*, 2007). Estudos de prevalência da doença mostram grande variabilidade dos dados, gerando resultados inconclusivos. Isso provavelmente ocorre devido à heterogeneidade da amostra, aos tipos de estudos e aos diferentes critérios diagnósticos utilizados. (De KANTER *et al.*, 1993).

De acordo com Rudy *et al.* (1996), os subtipos mais comuns de DTM parecem ser dor miofacial, deslocamento de disco, artrose e combinação de dor muscular e articular. Esses dados são semelhantes aos do estudo de Truelove *et al.* (1992).

No estudo de Von Korf *et al.* (1993), os autores avaliaram a probabilidade do início da DTM em uma população definida, e verificaram que o risco de se ter DTM é 50 % maior em mulheres do que em homens, e entre a idade de 18 e 44 anos. Além disso, nesse estudo, os sujeitos com depressão severa demonstraram ser mais suscetíveis do que os não deprimidos, apesar desses valores não serem significativos.

Na revisão sistemática realizada por LeResche (1997), de acordo com os estudos encontrados na base de dados Medline a partir de 1993, a DTM é duas vezes mais comum em mulheres, tendo sua maior incidência entre jovens e adultos de meia idade.

A dor é o principal motivo que levam as pessoas a procurarem tratamento para DTM (DWORKIN *et al.*, 1990). Segundo Von Korff *et al.* (1991), essa procura pelo tratamento é

maior por pessoas com dor recente e intensa, do que por pessoas com dores crônicas na população clínica. Segundo o mesmo autor, as mulheres também são responsáveis pelo maior número de tratamentos, na proporção de 5 mulheres para cada 1 homem tratado.

O método mais utilizado para classificar as DTMs é o *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (RDC/TMD), proposto por Dworkin e LeResche em 1992. Esse sistema classifica as DTMs em dois eixos. O eixo I está relacionado com os aspectos clínicos das DTMs, subdividido em três grupos, sendo estes: desordens musculares, onde a dor miofascial está incluída, sendo os principais músculos acometidos o masseter e o temporal; deslocamento de disco, que podem ser com redução ou sem redução, sendo que os deslocamentos sem redução podem ser acompanhados ou não de limitação dos movimentos da mandíbula; e as artralguas, artrite e artrose, que são as condições que afetam diretamente as estruturas ósseas da articulação. O eixo II é utilizado para verificar as incapacidades relacionadas à dor e às condições psicológicas do paciente (RODA *et al.*, 2007; BRANCO *et al.*, 2008).

Exame clínico e adequada anamnese são os principais instrumentos para avaliação das DTMs. No entanto, em alguns casos esses procedimentos não são suficientes e, a partir dos dados obtidos, deve-se lançar mão de exames complementares, como radiografia transcraniana, radiografia panorâmica, tomografia computadorizada, ressonância magnética além da eletromiografia (EMG) (MORAES *et al.*, 2002). A utilização desses exames deve ser criteriosa e utilizada realmente quando há necessidade, como, por exemplo, quando se quer verificar o comportamento de estruturas internas, como o posicionamento do disco articular ou em casos que o profissional desconfia de alguma alteração degenerativa do côndilo articular.

A EMG de superfície dos músculos mastigatórios faz parte da avaliação quantitativa dos pacientes com DTM mio gênica. Esta avaliação das características elétricas desses músculos durante a realização de certos movimentos pode ajudar os profissionais quantificar algum tipo de alteração, que pode ser utilizada para monitorar a progressão da doença, assim como o efeito do tratamento. (FERRARIO *et al.*, 2002).

O estudo de variáveis cinemáticas do movimento humano através do registro de imagens digitais, chamado videogrametria, está cada vez mais difundido nas diferentes áreas de conhecimento. A videogrametria é utilizada em pesquisas por laboratórios em todo o mundo. No Brasil, por exemplo, é utilizada na análise da marcha (ARAÚJO *et al.*, 2005; DO CARMO *et al.*, 2005), na movimentação da caixa torácica ( LOULA *et al.*, 2004; SARRO &

BARROS, 2005) e no esporte de alto rendimento (SILVATTI, SARRO & BARROS, 2005; DERPÁ & BRENZIKOFER, 2004).

A videogrametria fornece as coordenadas 3D em função do tempo de pontos de interesse definidos por marcadores fixados a quaisquer segmentos do corpo, de forma que possibilite a descrição do movimento desse segmento. Apesar de ser um método de análise que está cada vez mais sendo utilizado, ainda são encontradas algumas dificuldades como a complexidade para operar esses sistemas, além das particularidades específicas de cada sistema, e recursos humanos capacitados a interpretar os resultados. (ARAÚJO *et al.*, 2005).

## 2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta um método de obtenção das variáveis cinemáticas do movimento da mandíbula por videogrametria, e aplica este método na comparação desta movimentação entre sujeitos sem e com DTM. A principal diferença entre o método proposto e os métodos encontrados na literatura, que também utilizam videogrametria para analisar variáveis cinemáticas da movimentação da mandíbula, está na colocação de forma não invasiva dos marcadores. O papel destes marcadores é definir a posição da mandíbula em cada *frame*, e obter a descrição do movimento realizado. Os trabalhos encontrados na literatura utilizam aparatos ou dispositivos onde os marcadores estão colocados, e que são fixados na arcada dentária do sujeito. Outra maneira de posicionar estes marcadores é diretamente sobre a pele do sujeito. Apesar da colocação de aparatos fixados dentro da boca poderem interferir na movimentação da mandíbula, quando se coloca os marcadores diretamente na pele, a movimentação da pele sobre os ossos é uma fonte de erro na descrição do movimento. No entanto, procedimentos de verificação dos erros associados ao método proposto podem ser realizados.

É possível apontar outras vantagens do uso da videogrametria em relação aos diferentes métodos encontrados na literatura, como a facilidade e custos dos procedimentos de marcação do sujeito; a não utilização de dispositivos fixados na arcada dentária; a utilização de câmeras de vídeos digitais para obtenção das seqüências de imagens; e a flexibilidade, disponibilidade e custo do Sistema Dvideo<sup>®</sup> (FIGUEROA *et al.*, 2003), desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação em Biomecânica (FEF-UNICAMP), pois é um sistema não comercial, aberto, permitindo quantificar, interferir e compreender as considerações realizadas. Neste sentido, entende-se que essa metodologia é passível de utilização futura em clínicas com interesse em DTM, a fim de quantificar variáveis que possibilitem auxiliar no diagnóstico e no acompanhamento do tratamento dos pacientes. A limitação principal está na automatização de todo o processo que envolve um longo período de tempo entre a coleta e os resultados.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Comparar quantitativamente a movimentação da mandíbula de sujeitos sem e com DTM.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Propor e validar um método de análise da movimentação da mandíbula por videogrametria.
- Comparar os ângulos de abertura/fechamento e desvio lateral/medial da mandíbula, e as trajetórias dos côndilos na abertura/fechamento da mandíbula, nos grupos sem e com DTM e correlacioná-los.

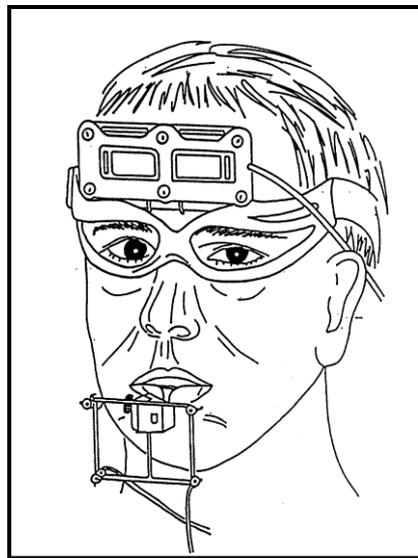
## 4 ESTADO DA ARTE

A disfunção temporomandibular é em geral estudada a partir de informações do movimento da mandíbula, uma vez que a DTM está ligada a alterações mecânicas desta movimentação. São encontrados estudos que analisam o sinal eletromiográfico dos músculos masseter, porção superficial, e temporal, feixe anterior, responsáveis pelo fechamento da mandíbula, durante diferentes atividades (Ferrario *et al.*, 2002, Suvinem *et al.*, 2003, Galo *et al.*, 2006). A DTM também é estudada a partir da análise de variáveis cinemáticas da movimentação da mandíbula, obtidas por sensores eletromagnéticos (Yoon *et al.*, 2006, Yoon *et al.*, 2007, Baltali *et al.* 2008a e Baltali *et al.*, 2008b) ou videogrametria. Os trabalhos utilizando videogrametria estão apresentados a seguir. Também serão apresentados os trabalhos que utilizam o protocolo RDC/TMD.

### 4.1 ESTUDOS DA MOVIMENTAÇÃO DA MANDÍBULA UTILIZANDO VIDEOGRAMETRIA

Travers *et al.* (2000) realizaram um estudo com o objetivo de verificar as relações entre o movimento dos dentes incisivos e a translação dos côndilos durante a movimentação máxima de abertura e fechamento da mandíbula. A amostra foi composta por 27 mulheres com idade entre 23 e 35 anos, sem sinais e sintomas de DTM. O movimento 3D dos dentes incisivos e dos côndilos direito e esquerdo foram gravados a uma frequência de 100 Hz utilizando o sistema Optotrak<sup>®</sup>. Os marcadores utilizados foram dispostos em dois sistemas rígidos, sendo um fixo na mandíbula e outro no crânio (Figura 5). Na mandíbula foram utilizados quatro diodos emissores de luz (*LEDs*), que são marcadores ativos, dispostos em uma base retangular de bronze que foi adaptada para ser fixada nos incisivos inferiores, de modo que não gerasse interferência na movimentação e na oclusão. No crânio foram utilizados seis *LEDs* fixados em uma base retangular acoplada a uma armação de óculos (Figura 5). Os sujeitos deveriam repetir o movimento de abertura/fechamento por cerca de 20 s, iniciando a movimentação a partir da máxima intercuspidação (contato máximo dos dentes). O software DAP<sup>®</sup> foi utilizado para armazenar os dados da movimentação da mandíbula e da cabeça e também para calcular a movimentação da mandíbula sem a interferência da movimentação da cabeça. Além disso, também foram calculadas variáveis relativas aos seis graus de liberdade do movimento da mandíbula, a movimentação dos

côndilos e dos incisivos. Para as análises, o início e o fim de cada movimento de abertura/fechamento foram selecionados manualmente baseado nas alterações verticais mínimas e máximas do movimento dos dentes incisivos. Os autores verificaram que no movimento de abertura máxima a movimentação dos incisivos não está relacionada com o movimento de translação do côndilo, porém, está moderadamente correlacionada com o movimento de rotação da mandíbula. Outro resultado obtido foi que durante o movimento de abertura/fechamento, indivíduos saudáveis apresentam considerável variação no movimento de translação do côndilo.

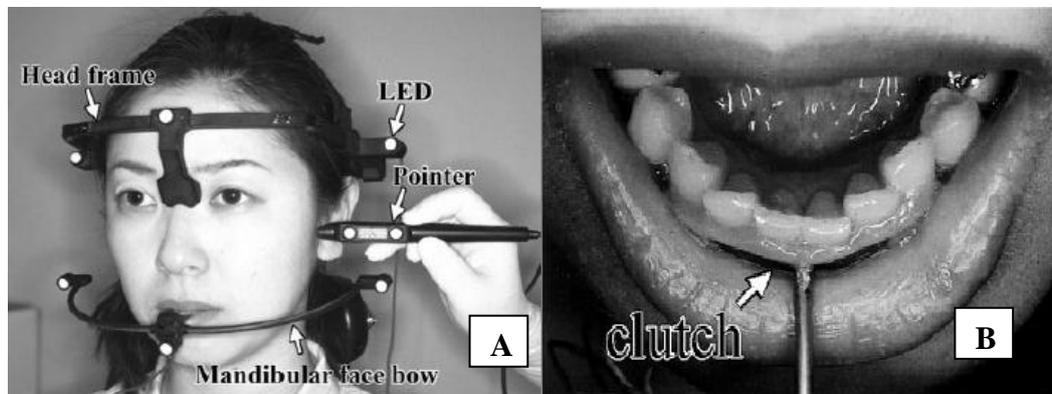


**Figura 5:** Marcadores utilizados dispostos em dois sistemas rígidos, sendo um fixo na mandíbula, com 4 LEDs e outro no crânio, com 6 LEDs. (Modificado de Travers *et al.*, 2000).

Buschang *et al.* (2001) utilizando a mesma coleta realizada por Travers *et al.* (2000), apresentaram estudo com o objetivo de validar a relação entre os movimentos de máxima protrusão e desvios laterais dos dentes incisivos e o movimento de translação do côndilo. Foram analisados quatro repetições do movimento de protrusão e desvios laterais para cada sujeito. Verificou-se que o movimento de translação do côndilo está moderadamente relacionado com o movimento dos dentes incisivos durante a protrusão e desvios laterais, com valores mais significativos do que em relação ao movimento de abertura. Além disso, observaram que durante o movimento de desvio lateral, a movimentação dos incisivos fornece uma medida mais precisa da translação do côndilo contra-lateral e que essas medidas não são influenciadas pela repetição dos movimentos.

Fukui *et al.* (2002) realizaram um estudo com 21 mulheres sem DTM, com idade média de 22 anos, com o objetivo de avaliar a relação entre a morfologia facial e o

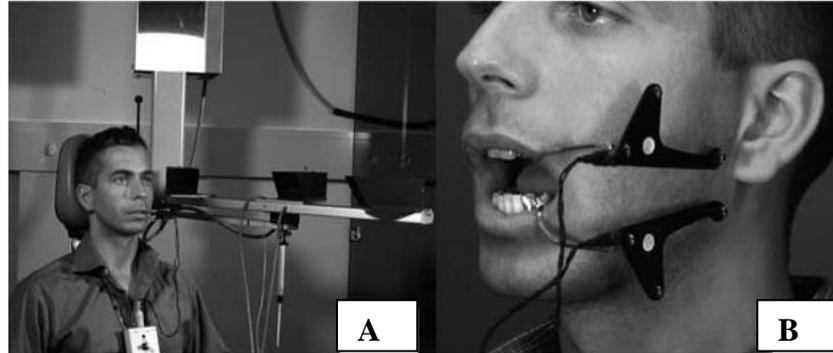
movimento de abertura máxima da mandíbula e a movimentação dos côndilos mandibulares. Os dados da morfologia facial foram obtidos usando imagens radiográficas (análise cefalométrica) e os movimentos mandibulares foram gravados utilizando um sistema composto por duas câmeras digitais, um processador de imagens e dois arcos com marcadores do tipo *LEDs*, sendo que um estava fixo na região da testa e outro foi fixado por meio de um *cluster* a região inferior dos dentes incisivos (Figura 6). As informações da movimentação da mandíbula e dos côndilos, em relação a cabeça, foram analisadas utilizando regressão múltipla, considerando esses segmentos corporais como corpos rígidos. Os movimentos dos côndilos foram registrados através de um apontador rígido que possuía um *LED* de referência, fixado a pele do sujeito na região do côndilo, determinada pela palpação manual. Os movimentos mandibulares foram gravados durante uma série de 30 s de movimentos de abertura/fechamento máximos da mandíbula. Após análises os autores obtiveram como resultado que o movimento de máxima abertura da mandíbula varia de acordo com a inclinação dos ramos da mandíbula, com o comprimento da mandíbula e com o comprimento da base anterior do crânio. Examinando os componentes da movimentação dos côndilos e da morfologia facial, nenhuma correlação significativa foi encontrada.



**Figura 6:** A (esquerda) - Arcos com os marcadores do tipo *LEDs* da cabeça e da mandíbula e apontador com *LED* de referência. B (direita) - Fixação do arco da mandíbula nos dentes incisivos. (Modificado de Fukui *et al.*, 2002).

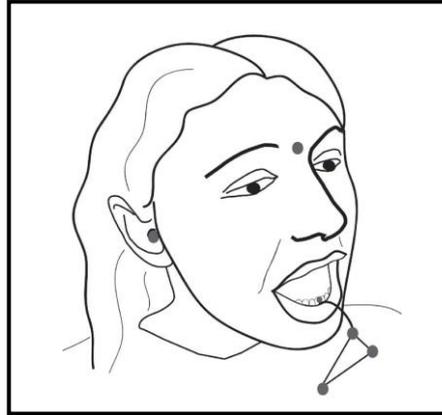
Fushima *et al.* (2003) realizaram um estudo para avaliar os efeitos da mastigação no espaço articular da ATM em um grupo de sujeitos sem DTM, através de exames de ressonância magnética e análise do movimento mandibular utilizando o Sistema *Optoeletronic jaw-tracker*. No sistema utilizado, três câmeras de vídeo realizaram o registro on-line dos marcadores ativos fixados nos vértices de duas estruturas de formato triangular, conectadas aos arcos da mandíbula e da maxila por meio de um *splint* de metal (Figura 7). Os movimentos mandibulares foram gravados durante a mastigação de cubos de carne e pão,

durante no mínimo 20 ciclos por pelo menos 20 s. Assim, através da descrição da movimentação da ATM, os autores obtiveram como resultado que durante a mastigação unilateral o espaço articular do lado da ATM de balanço reduz mais do que na ATM do lado de trabalho, demonstrando a eficiência da metodologia utilizada para o objetivo proposto.



**Figura 7:** A (esquerda) - Disposição das três câmeras de vídeo utilizadas o registro on-line dos marcadores. B (direita) - Marcadores ativos fixados nos vértices de duas estruturas de formato triangular, conectadas aos arcos da mandíbula e da maxila por meio de um *splint* de metal. (Modificado de Fushima *et al.*, 2003).

Ferrario *et al.* (2005) avaliaram o movimento de abertura/fechamento em 27 sujeitos sem DTM, utilizando um sistema com seis câmeras, com o objetivo de mensurar a contribuição dos componentes de rotação e translação da mandíbula para o movimento de abertura máxima, além de verificar se há diferença nesses componentes em relação ao sexo. O sistema utilizado era composto por câmeras de infravermelho de alta resolução associadas a um processador de vídeo que forneceu as coordenadas 3D de sete marcadores, dispostos de modo que três marcadores se localizassem no crânio, um na região dos dentes incisivos e três marcadores fixos num aparato de formato triangular, colado à gengiva, abaixo dos dentes incisivos (Figura 8). A análise de três repetições do movimento de abertura máxima obteve como resultado que a rotação é 77 % mais importante que a translação para a realização desse movimento, e que isso não é influenciado pelo sexo. Além disso, os autores afirmam que esse método de avaliação não invasiva é útil na comparação de indivíduos saudáveis e com DTM e na avaliação dos resultados do tratamento, por fornecer uma medida quantitativa.



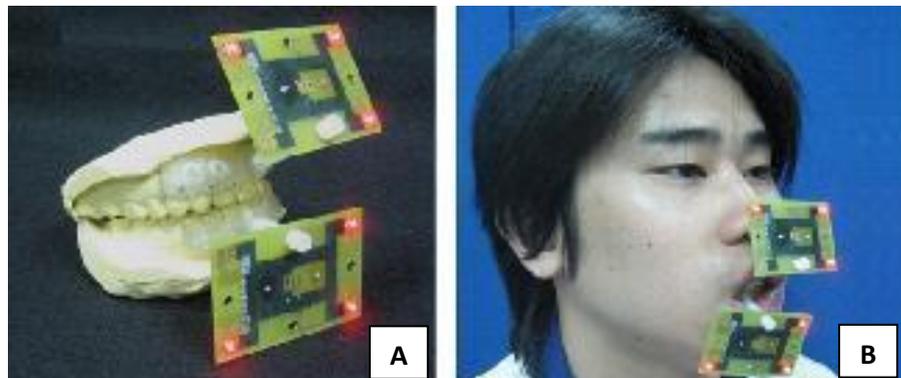
**Figura 8:** Disposição dos 3 marcadores no crânio, 1 nos dentes incisivos e 3 no aparato triangular. (Modificado de Ferrario *et al.*, 2005).

Mais recentemente Missaka *et al.* (2008) desenvolveram um equipamento *wireless* para rastrear a posição da mandíbula em tempo real durante os movimentos de abertura e fechamento. Um sistema de análise das informações também foi desenvolvido para verificar o comportamento da mandíbula por meio de computação gráfica. Foi utilizada uma câmera de vídeo para registro das imagens, e quatro marcadores construídos com esferas de acrílico branco sobre pedaços de papel preto, que estavam presos a um arco extra-oral, com ganchos para fixação desse arco nos dentes (Figura 9). Para testar o sistema construído, um sujeito foi orientado a realizar um movimento de abertura/fechamento com a mandíbula em retração e um movimento de abertura/fechamento livre. Após análises, os resultados obtidos comprovam que o método desenvolvido é capaz de capturar e processar dados do movimento de abertura e fechamento da mandíbula em 2D.



**Figura 9:** Disposição da câmera de vídeo e dos quatro marcadores construídos com esferas de acrílico branco sobre pedaços de papel preto, presos a um arco extra-oral. (Missaka *et al.*, 2008).

Fang e Kuo (2008) no artigo *Modelling of mandibular movement* descrevem a criação de um articulador virtual que, segundo eles, é uma ferramenta útil para analisar os movimentos da mandíbula. O articulador é um aparelho que simula a função dos arcos dentários e o movimento oclusivo, sendo muito importante para entender os conceitos e a funcionalidade da oclusão de maneira individual. O sistema utilizado é composto por duas câmeras digitais que registram a movimentação de três marcadores do tipo *LEDs*, fixados em uma superfície rígida (Figura 10). O sujeito de pesquisa era orientado a realizar os movimentos de abertura/fechamento, desvio lateral/medial e protrusão/retração, sendo 20 movimentos de cada. Com o objetivo de reconstruir o modelo da mandíbula, imagens de tomografia computadorizada do molde dos dentes do sujeito foram realizadas. As imagens foram feitas a partir dos moldes para evitar exposição do sujeito a radiação. Cada superfície rígida onde os marcadores estavam colocados foi presa nos dentes anteriores do sujeito, na arcada superior e inferior. Após os cálculos da trajetória da mandíbula e feita a correspondência com as imagens do moldes e a animação 3D dos movimentos, os autores verificaram que essa ferramenta de diagnóstico proposta por eles é útil para estudar a oclusão em situações estáticas e dinâmicas e pode ser utilizada com diferentes objetivos, como diagnóstico clínico, educação, treinamento e pesquisas.



**Figura 10:** A (esquerda) - Molde da arcada dentária com as superfícies rígidas que serviram de base para os marcadores *LEDs*. B (direita) - Sujeito com os marcadores posicionados. (Fang e Kuo, 2008).

## 4.2 ESTUDOS UTILIZANDO O RESEARCH DIAGNOSTIC CRITERIA FOR TEMPOROMANDIBULAR DISORDERS (RDC/TMD)

O *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD)*, é um conjunto de critérios de diagnóstico para pesquisa das DTM, desenvolvido por Dworkin e LeResche, em 1992. No RDC/TMD são abordados conjuntamente os aspectos clínicos e

psicossociais que permitem a padronização e a reprodutibilidade das informações nas pesquisas sobre DTM. Pereira Jr *et al.* (2004), fizeram a tradução oficial do RDC/TMD para a língua portuguesa. Segundo os autores, a utilização de um mesmo questionário/formulário, universalmente aceito e validado, permitirá a padronização e a replicação dos métodos de pesquisa nos diversos centros de pesquisa no Brasil e no mundo que investigam as formas mais comuns de DTM.

Devido a natureza complexa e multifatorial das dores crônicas, o RDC/TMD é dividido em dois eixos, com o objetivo de abranger os aspectos físicos e psicológicos da DTM. No eixo I, são avaliadas as características físicas da disfunção, fornecendo dados para auxiliar no diagnóstico e no eixo II são avaliadas as condições psicossociais do paciente, fornecendo dados sobre depressão, ansiedade e os efeitos da dor crônica no organismo. (DWORKIN & LERESCHE, 1992).

O RDC/TMD eixo I é composto por um questionário sobre o estado geral de saúde do indivíduo, sobre sua saúde oral, além de algumas perguntas que tem como objetivo avaliar o estado psicológico. Todas as perguntas devem ser respondidas a menos que o sujeito se recuse.

A parte da avaliação clínica inicia com o relato do indivíduo sobre o local da dor e depois é feita a avaliação do padrão de abertura. As medidas de abertura sem auxílio e sem dor, abertura máxima sem auxílio, abertura máxima com auxílio e do *overbite*, devem ser feitas com uma régua milimetrada. As medidas de excursão lateral direita e esquerda, assim como a protrusão também são realizadas. A avaliação dos ruídos da ATM durante a abertura/fechamento é feita através da palpação e classificados como estalidos ou crepitação grosseira ou fina. Os ruídos durante os movimentos de lateralidade e protrusão também são classificados (DWORKIN & LERESCHE, 1992).

A palpação muscular e articular, com o objetivo de avaliar a sensibilidade dessas estruturas é realizado por último. Dworkin e LeResche (1992) recomendam o uso de pressões padronizadas de 1 kg para os músculos extra-orais e 0,5 kg para as articulações e músculos intra-orais. O indivíduo deve dizer se sente dor durante a palpação e a dor deve ser classificada como leve, moderada ou severa. Se o sujeito relatar apenas uma pressão no local da palpação, deve ser registrado como sem dor.

O RDC/TMD eixo I classifica inicialmente as disfunções em três grupos: Grupo I que são os diagnósticos musculares, grupo II, as desordens de deslocamento de disco, e grupo III, os diagnósticos articulares. Assim, o indivíduo pode receber até cinco diagnósticos, sendo um

diagnóstico muscular somado a um diagnóstico do grupo II e um do grupo III para cada articulação (DWORKIN & LERESCHE, 1992).

O objetivo do RDC/TMD eixo I, que se refere às condições clínicas de DTM, é padronizar os critérios para os fins de pesquisa, baseados no estágio atual dos conhecimentos sobre as DTM. Os métodos de avaliação e os critérios de classificação foram criados para maximizar a confiabilidade das pesquisas e minimizar a variabilidade nos métodos de exame e julgamento clínico que possam influenciar o processo de classificação das desordens (DWORKIN & LERESCHE, 1992).

John *et al.* (1995) afirmam que apesar da confiabilidade dos sinais e sintomas encontrados com o uso do RDC/TMD serem amplamente divulgados, o mesmo não ocorre com a confiabilidade dos diagnósticos definidos a partir do RDC/TMD. Sendo assim, no artigo *Reliability of clinical temporomandibular disorder diagnoses*, esses autores se propuseram a verificar se os itens que compõem o RDC/TMD realmente são os necessários para se fazer os diagnósticos clínicos dos tipos mais comuns de DTM. Para isso, foram envolvidos na pesquisa 30 examinadores especialistas em DTM de 10 centros internacionais de pesquisa, além de 230 pessoas com DTM e saudáveis. Os coeficientes de correlação interclasse foram calculados para caracterizar a confiabilidade. Após as análises, os itens do RDC/TMD demonstraram uma confiabilidade suficientemente alta para se fazer o diagnóstico dos tipos mais comuns de DTM, suportando o seu uso em pesquisas clínicas e as tomadas de decisões na prática.

Procurando comprovar também a confiabilidade do RDC/TMD, Schmitter *et al.* (2008) realizaram um estudo com 149 sujeitos com DTM e 43 sujeito sem DTM, com o objetivo de identificar quais itens do RDC/TMD comparados aos achados dos exames de ressonância magnética, utilizado como padrão-ouro na avaliação da posição do disco articular e que também auxilia na avaliação de condições degenerativas do côndilo, tem maior precisão para auxiliar no correto diagnóstico de DTM de origem articular. Através dos testes estatísticos *Random Forest* ([www.stat.berkeley.edu/users/breiman/RandomForests/cc\\_home.htm](http://www.stat.berkeley.edu/users/breiman/RandomForests/cc_home.htm)), que é útil na avaliação de precisão do diagnóstico já que cobre todos os componentes do exame clínico efetivamente, pesando a contribuição de cada item para esse fim, os autores obtiveram como resultado que, a validade do exame clínico está principalmente ligada a 16 itens, que se mostraram sensíveis para diferenciar as ATM saudáveis das com deslocamento de disco, além dos deslocamentos de disco com redução e sem redução e os casos de artrose e não artrose.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 AMOSTRA

Foram selecionados 24 sujeitos, com idade entre 15 e 48 anos ( $31.9 \pm 9.2$ ), divididos em dois grupos, cada um formado por 12 sujeitos. O primeiro grupo, denominado grupo sem DTM, foi formado por 8 sujeitos do sexo feminino e 4 do sexo masculino, sem histórico dos sinais e sintomas da disfunção temporomandibular, e o segundo grupo, denominado grupo com DTM, foi formado por 11 sujeitos do sexo feminino e um do sexo masculino, com sinais e sintomas da DTM.

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Mogi das Cruzes, sob número CAAE – 0117.0.237.000-7 (anexo A).

Antes da sessão de filmagem, os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice A), e depois recebiam as orientações de como seria realizado o procedimento.

A avaliação dos sujeitos para classificação nos grupos foi feita através do RDC/TMD eixo I (anexo B), que é composto por um questionário com 31 perguntas, associado a um formulário de avaliação clínica que foi realizado por uma fisioterapeuta, para verificar a presença ou ausência de sons articulares ou dor, palpação extra-oral e intra-oral dos músculos mastigatórios, bem como a mensuração dos movimentos mandibulares.

A tabela 1 apresenta as características individuais dos sujeitos que participaram da pesquisa, quanto ao sexo, idade (anos), altura (cm) e peso (kg).

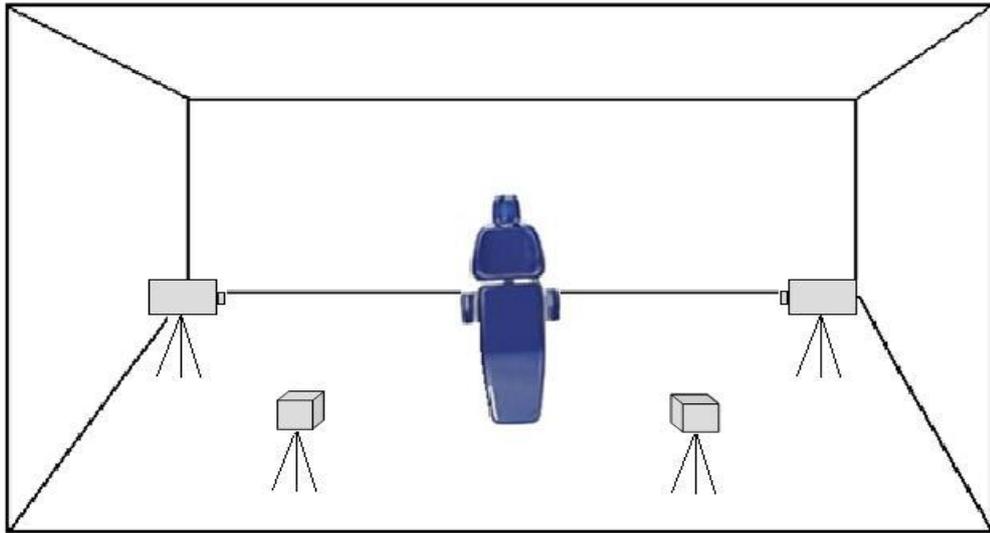
**Tabela 01:** Características individuais dos sujeitos que participaram da pesquisa, quanto ao sexo, idade (anos), altura (cm) e peso (kg)

Sujeitos sem DTM				
Sujeito	Sexo	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	M	26	170	80
2	F	24	165	59
3	F	28	166	55
4	F	25	157	51
5	M	27	180	98
6	F	38	155	56
7	M	20	166	60
8	F	36	165	82
9	F	41	168	56
10	M	21	173	68
11	F	26	169	59
12	F	41	164	90
Média (DP)		34.4 ( $\pm$ 10.3)	166.5 ( $\pm$ 6.6)	67.8 ( $\pm$ 15.7)
Sujeitos com DTM				
Número	Sexo	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	F	32	170	54
2	F	41	165	60
3	F	21	168	76
4	F	32	157	58
5	M	46	176	97
6	F	48	163	59
7	F	24	160	57
8	F	44	159	55
9	F	35	160	54
10	F	15	---	67
11	F	40	---	57
12	F	35	158	54
Média (DP)		29.4 ( $\pm$ 7.5)	163.6 ( $\pm$ 6.13)	62.33 ( $\pm$ 12.7)

\* Dado não obtido.

## 5.2 AMBIENTE DE COLETA VIDEOGRAMÉTRICA

As coletas foram realizadas na sala de pesquisas da Clínica de Odontologia da Universidade de Mogi das Cruzes. O ambiente contava com uma cadeira odontológica que foi disposta no centro da sala, de maneira a permitir o melhor enquadramento da área de interesse pelas câmeras. Para aumentar o contraste dos marcadores com o ambiente, a região atrás da cadeira odontológica foi coberta por panos pretos. A Figura 11, a seguir, mostra a disposição das câmeras e da cadeira odontológica.



**Figura 11:** Representação esquemática da disposição das câmeras e da cadeira odontológica no ambiente de coleta.

### 5.3 MATERIAIS

Para o registro das seqüências de imagens, foram utilizadas quatro câmeras de vídeos digitais da marca Panasonic<sup>®</sup> (modelo PV-GS15LB-S), quatro tripés, e quatro iluminadores, posicionados acima de cada câmera. Outra câmera de vídeo digital da marca JVC<sup>®</sup> (modelo GR-DVL310U), foi utilizada para converter as imagens das fitas para o computador. Uma lanterna também foi utilizada para fazer a sincronização das câmeras por meio do sinal luminoso registrado simultaneamente nas diferentes câmeras.

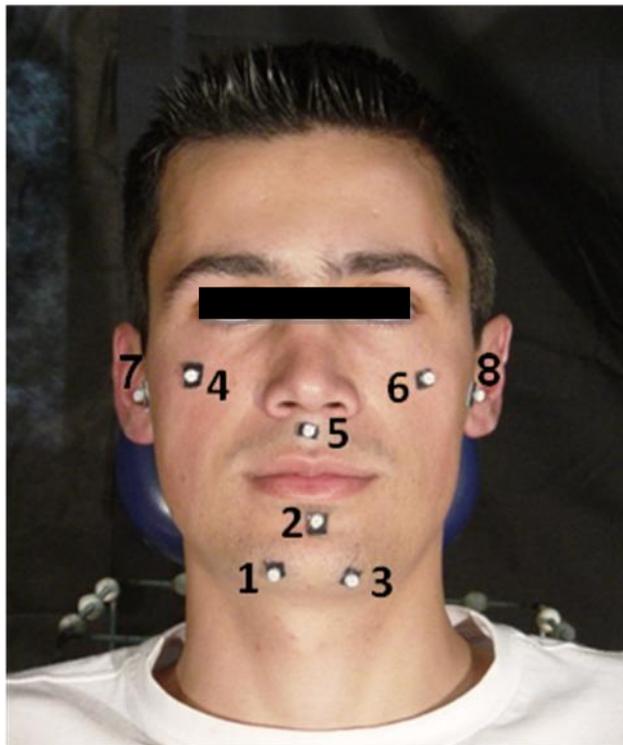
### 5.4 REGISTRO DAS SEQÜÊNCIAS DE IMAGENS

O registro das seqüências de imagens de cada câmera foi feito em fita miniDV a 30 Hz, no formato AVI e transferidas para o computador. Posteriormente foi feito o desentrelaçamento das linhas pares e ímpares seguido de interpolação das linhas vazias, fornecendo uma nova seqüência de imagem a 60 Hz para cada câmera. Este procedimento de desentrelaçamento foi realizado no Sistema Dvideo<sup>®</sup> (FIGUEROA *et al.*, 2003). As câmeras foram ajustadas todas nas mesmas condições. A abertura usada foi de 1/250 s; o foco e o ajuste de branco foram definidos automaticamente em cada câmera e bloqueados durante a filmagem a fim de manter as mesmas condições durante a coleta.

## 5.5 POSIÇÃO DOS MARCADORES

Foram utilizados oito marcadores de formato esférico de 0.5 mm de diâmetro cobertos por fita retrorrefletiva, para que a luz emitida pelos iluminadores fosse refletida apenas na direção de cada câmera. A fixação dos marcadores na face do indivíduo foi feita com fita dupla-face.

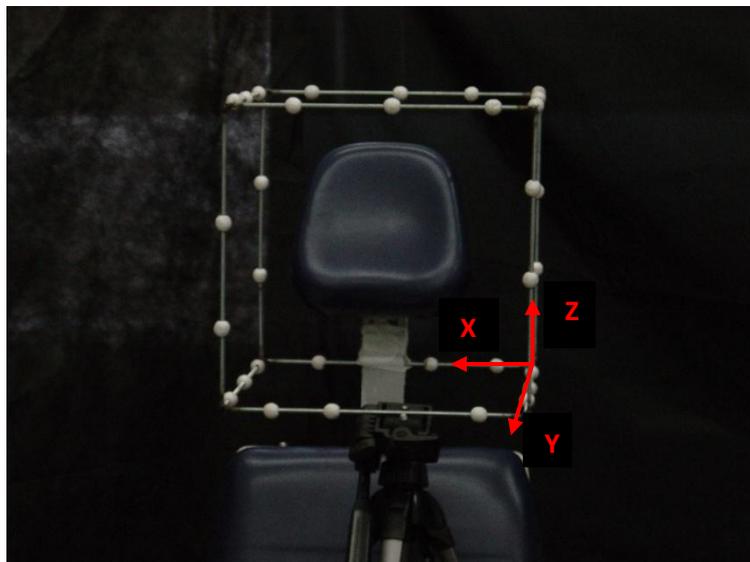
Os locais de fixação dos marcadores foram definidos como sendo o ponto medial do osso zigomático direito (4) e esquerdo (6), região do filtro labial (5), ponto medial da mandíbula, 1 cm abaixo da margem do lábio inferior (2) e a partir do ponto 2, foi medido 1 cm para baixo, ainda na linha média e depois 2 cm para o lado direito (1) e esquerdo (3). A posição do côndilo direito (7) e esquerdo (8) também foram utilizadas. Na figura 12, os pontos estão apresentados.



**Figura 12:** Locais de fixação dos marcadores: Ponto medial do osso zigomático direito (4) e esquerdo (6), região do filtro labial (5), ponto medial da mandíbula, 1 cm abaixo da margem do lábio inferior (2) e a partir do ponto 2, foi medido 1 cm para baixo, ainda na linha média e depois 2 cm para o lado direito (1) e esquerdo (3) e região do côndilo da mandíbula direito (7) e esquerdo (8).

## 5.6 SISTEMA DE CALIBRAÇÃO DAS CÂMERAS

Foi delimitado um volume no formato de um cubo, utilizando hastes de metal de 38 cm de comprimento, onde foram dispostos 32 marcadores feitos de esferas de isopor de 0.5 cm de diâmetro. As coordenadas 3D dos marcadores foram descritas em relação a um sistema global, determinadas a partir das distâncias entre os marcadores do sistema de calibração, medidas manualmente utilizando um paquímetro digital. A figura 13 mostra o calibrador e o sistema de referência adotado.



**Figura 13:** Calibrador utilizado com os 32 marcadores (esferas de isopor) e o sistema de referência adotado (vermelho).

A origem do sistema no calibrador foi definida como sendo a extremidade pósteroinferior esquerda, com a seguinte orientação: eixo X na direção látero-lateral com sentido para direita, eixo Y na direção ântero-posterior com sentido para frente e eixo Z na direção vertical com sentido para cima.

## 5.7 SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL DAS CÂMERAS

Para sincronizar as câmeras utilizadas na coleta de dados foi utilizado um sinal luminoso emitido por uma lanterna. A sincronização dos quadros nas diferentes câmeras foi feita pela identificação do *frame* onde inicia o sinal luminoso.

## 5.8 PROCEDIMENTOS

Para iniciar a filmagem, foram necessárias quatro pessoas previamente treinadas para operar as câmeras de vídeo e segurar os iluminadores junto a lente das câmeras. Primeiro o calibrador era nivelado e filmado por 10 segundos. Após isso, o sujeito era posicionado na cadeira odontológica de modo confortável e com as costas e cabeça apoiada no encosto e a cabeça dentro do volume calibrado, no plano de *Frankfurt*, paralelo ao solo. Quando recebia um sinal, ele acendia a lanterna próxima a face e depois iniciava os movimentos de abertura e fechamento da mandíbula. Os sujeitos foram orientados a realizar 32 movimentos de abertura e fechamento em velocidade e amplitude de movimento confortáveis, sem forçar a abertura máxima, nem a posição de contato máximo entre os dentes.

## 5.9 MEDIÇÕES DAS COORDENADAS DE TELA E RECONSTRUÇÃO 3D DOS PONTOS DE INTERESSE

A medição das coordenadas de tela dos marcadores nas quatro seqüências de imagens foi feita no sistema Dvideo<sup>®</sup> (FIGUEROA *et al.*, 2003) por rastreamento semi-automático, em função da necessidade de intervenção do operador em determinados trechos. A reconstrução 3D das coordenadas dos pontos de interesse nos sujeitos também foi feita no sistema Dvideo<sup>®</sup>, utilizando as posições de tela nas quatro câmeras, baseado no método DLT (AZIZ e KARARA, 1971).

## 5.10 TRATAMENTO DOS DADOS

Todos os procedimentos de tratamento dos dados foram realizados no software MATLAB<sup>®</sup> Versão 7.6 (R2008a). As coordenadas 3D em função do tempo dos oito marcadores utilizados foram suavizadas utilizando um filtro digital do tipo *Butterworth*, passa-baixa, de 4ª ordem, com frequência de corte de 1.5 Hz para eliminar os ruídos existentes. Foram testados filtros de 3ª e 4ª ordem e frequências de corte de 6, 3 e 1.5 e 1 Hz. A escolha da frequência de corte foi baseada na análise visual das curvas de cada coordenada, considerando que o movimento de abertura/fechamento da boca é cíclico e contínuo.

## 5.11 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS

### 5.11.1 Construção dos Sistemas Locais

Foram definidos dois sistemas de referências, sendo um fixo na mandíbula e outro fixo no crânio. O sistema fixo na mandíbula foi construído em cada *frame* utilizando os marcadores **1**, **2** e **3**, definidos pelos vetores unitários básicos  $\mathbf{i}_m$ ,  $\mathbf{j}_m$  e  $\mathbf{k}_m$ . (Figura 14 – A e 14 B). O vetor unitário  $\mathbf{j}_m$ , que corresponde a direção látero-lateral foi definido pelos pontos 1 e 3, dado por:

$$\mathbf{j}_m = \frac{(\mathbf{P3} - \mathbf{P1})}{|\mathbf{P3} - \mathbf{P1}|} \quad (1)$$

onde  $\mathbf{P3}$  e  $\mathbf{P1}$  são os vetores posição dos pontos 3 e 1 respectivamente; e  $|\mathbf{P3} - \mathbf{P1}|$  é o módulo do vetor  $\mathbf{P3} - \mathbf{P1}$ .

Foram definidos dois vetores auxiliares com origem no ponto 2, sendo o vetor  $\mathbf{a} = \mathbf{P3} - \mathbf{P2}$  e o vetor  $\mathbf{b} = \mathbf{P1} - \mathbf{P2}$ . A partir desses vetores foi definido o vetor unitário  $\mathbf{i}_m$ , perpendicular aos vetores  $\mathbf{j}_m$ ,  $\mathbf{a}$  e  $\mathbf{b}$ , dado por:

$$\mathbf{i}_m = \frac{(\mathbf{b} \times \mathbf{a})}{|\mathbf{b} \times \mathbf{a}|} \quad (2)$$

onde  $\mathbf{b}$  e  $\mathbf{a}$  são os vetores auxiliares;  $\mathbf{b} \times \mathbf{a}$  é o produto vetorial de  $\mathbf{b}$  por  $\mathbf{a}$ ; e  $|\mathbf{b} \times \mathbf{a}|$  é o módulo do produto vetorial de  $\mathbf{b}$  por  $\mathbf{a}$ . O vetor unitário  $\mathbf{k}_m$  foi definido pelo produto vetorial do vetor  $\mathbf{i}_m$  pelo vetor  $\mathbf{j}_m$ .

O sistema de referência fixo no crânio foi construído em cada *frame*, de maneira similar ao da mandíbula, utilizando os marcadores 4, 5 e 6, e definido pelos vetores unitários básicos  $\mathbf{i}_c$ ,  $\mathbf{j}_c$  e  $\mathbf{k}_c$ . (Figura 14 – A e 14 B). O vetor unitário  $\mathbf{j}_c$  corresponde à direção látero-lateral e foi definido pelos pontos 4 e 6, dado por:

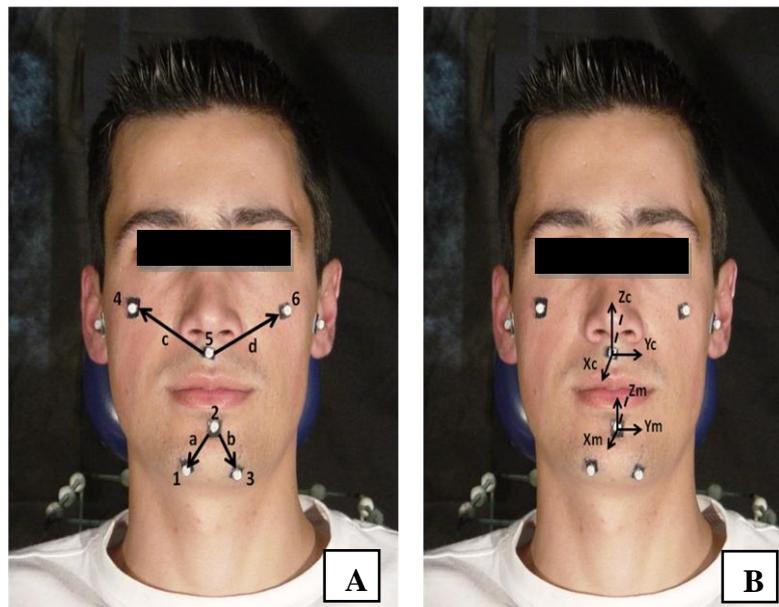
$$\mathbf{j}_c = \frac{(\mathbf{P6} - \mathbf{P4})}{|\mathbf{P6} - \mathbf{P4}|} \quad (3)$$

onde  $\mathbf{P6}$  e  $\mathbf{P4}$  são as coordenadas do vetor posição dos pontos 6 e 4 respectivamente; e  $|\mathbf{P6} - \mathbf{P4}|$  é o módulo do vetor  $\mathbf{P6} - \mathbf{P4}$ .

Também foram definidos dois vetores auxiliares com origem no ponto 5, sendo o vetor  $\mathbf{c} = \mathbf{P4} - \mathbf{P5}$  e o vetor  $\mathbf{d} = \mathbf{P6} - \mathbf{P5}$ . A partir desses vetores foi definido o vetor unitário  $\mathbf{i}_c$ , perpendicular aos vetores  $\mathbf{j}_c$ ,  $\mathbf{c}$  e  $\mathbf{d}$ , dado por:

$$\mathbf{i}_c = \frac{(\mathbf{d} \times \mathbf{c})}{|\mathbf{d} \times \mathbf{c}|} \quad (4)$$

onde  $\mathbf{d}$  e  $\mathbf{c}$  são os vetores auxiliares;  $\mathbf{d} \times \mathbf{c}$  é o produto vetorial de  $\mathbf{d}$  por  $\mathbf{c}$ ; e  $|\mathbf{d} \times \mathbf{c}|$  é o módulo do produto vetorial de  $\mathbf{d}$  por  $\mathbf{c}$ . O vetor unitário  $\mathbf{k}_c$  foi definido pelo produto vetorial do vetor  $\mathbf{i}_c$  pelo vetor  $\mathbf{j}_c$ .



**Figura 14:** A (esquerda) - Posição dos marcadores no sistema de referência mandíbula (1, 2 e 3) e no sistema de referência crânio (4, 5 e 6). Também estão representados os vetores auxiliares a, b, c e d. B (direita) - Sistema de coordenadas da mandíbula e crânio.

### 5.11.2 Ângulos Articulares

Foram calculados os ângulos  $\alpha$ , entre os vetores  $\mathbf{i}_c$  e  $\mathbf{i}_m$ , e o ângulo  $\beta$  entre os vetores  $\mathbf{j}_c$  e  $\mathbf{j}_m$ , também em todos os *frames*. O início e o fim de cada ciclo de abertura/fechamento foi definido pelos valores máximos e mínimos do ângulo  $\alpha$ , obtidos pelas definições do produto escalar entre vetores. O movimento de abertura/fechamento da mandíbula ocorre predominantemente no plano sagital, e foi definido pelo ângulo entre os vetores  $\mathbf{i}_m$  e  $\mathbf{i}_c$ . O

desvio lateral/medial ocorre predominantemente no plano transversal e foi definido pelo ângulo entre os vetores  $\mathbf{j}_m$  e  $\mathbf{j}_c$ .

### 5.11.3 Trajetória dos Cêndilos

As posições dos cêndilos direito e esquerdo, descritas em relação ao sistema global no instante inicial de abertura, que corresponde ao início do ciclo, é definida pela posição dos marcadores 7 e 8 no primeiro *frame*. A partir do início do movimento a posição dos cêndilos não corresponde a posição dos marcadores 7 e 8, uma vez que eles não acompanham a movimentação da mandíbula. As posições dos cêndilos no início do movimento, dadas pelos vetores  $\mathbf{P7}$  e  $\mathbf{P8}$  em relação ao sistema global podem ser descritas em relação ao sistema mandíbula, com origem em  $\mathbf{P2}$ , utilizando a matriz de rotação entre esses dois sistemas e a posição da nova origem, dada por:

$${}^{M1}[\mathbf{P7}_1] = [M_{GM1}]^{-1} \cdot ( {}^G[\mathbf{P7}_1] - {}^G[\mathbf{P2}_1] ) ; {}^{M1}[\mathbf{P8}_1] = [M_{GM1}]^{-1} \cdot ( {}^G[\mathbf{P8}_1] - {}^G[\mathbf{P2}_1] ) \quad (5)$$

Onde  ${}^{M1}[\mathbf{P7}_1]$  e  ${}^{M1}[\mathbf{P8}_1]$  são os vetores posição dos pontos 7 e 8, descritos no sistema mandíbula com origem em P2, no *frame* 1;  $M_{GM1}$  é a matriz mudança de base do sistema global para o sistema mandíbula, no *frame* 1;  ${}^G[\mathbf{P7}_1]$  e  ${}^G[\mathbf{P8}_1]$  são os vetores posição dos pontos 7 e 8 descritos no sistema global, no *frame* 1;  ${}^G[\mathbf{P2}_1]$  é o vetor posição do ponto 2 descrito no sistema global, no *frame* 1; e  $[M_{GM1}]^{-1}$  representa a matriz inversa de  $M_{GM1}$ , também no *frame* 1. A matriz  $M_{GM1}$  representa a rotação e a diferença  ${}^G[\mathbf{P7}_1] - {}^G[\mathbf{P2}_1]$  representa a translação entre os dois sistemas.

A matriz  $M_{GM1}$  é obtida a partir das matrizes  $M_1$  e  $G$ , sendo  $M_1$  obtida pelos vetores básicos  $\mathbf{i}_m$ ,  $\mathbf{j}_m$  e  $\mathbf{k}_m$  do primeiro *frame* e  $G$  a base canônica, construída a partir do sistema de calibração. A matriz  $M_{GM1}$  é dada por:

$$M_1 = M_{GM1} \cdot G \quad (6)$$

Os vetores  ${}^{M1}[\mathbf{P7}_1]$  e  ${}^{M1}[\mathbf{P8}_1]$  que representam as posições dos cêndilos direito e esquerdo descritas no sistema mandíbula, no *frame* 1, se mantêm constantes durante todo o movimento, desprezando-se as movimentações da pele sobre os ossos, pois a mandíbula é um

sistema rígido. Desta forma, temos as posições dos côndilos direito e esquerdo, descritas em relação ao sistema mandíbula, em todos os *frames*.

As posições dos côndilos descritas no sistema crânio com origem em P5 em todos os *frames*,  ${}^{Cn}[\mathbf{P7}_n]$  e  ${}^{Cn}[\mathbf{P8}_n]$ , determinam as trajetórias destes côndilos durante o movimento realizado e, assim, a posição ou movimentação da cabeça não influencia na trajetória dos côndilos. Podem ser obtidas pelos vetores  ${}^{M1}[\mathbf{P7}_1]$  e  ${}^{M1}[\mathbf{P8}_1]$ , e pela matriz mudança de base  $M_{MC}$  do sistema mandíbula para o sistema crânio, em cada *frame*. As matrizes  $M_{MC}$  de cada *frame* podem ser obtidas a partir das matrizes  $M_n$  e  $C_n$ , definidas pelos vetores básicos  $\mathbf{i}_n$ ,  $\mathbf{j}_n$  e  $\mathbf{k}_n$  dos sistemas locais, mandíbula e crânio, onde  $n$  corresponde ao número do *frame*.

Assim, a trajetória dos côndilos fica definida pelos vetores  ${}^{Cn}[\mathbf{P7}_n]$  e  ${}^{Cn}[\mathbf{P8}_n]$ , dados por:

$${}^{Cn}[\mathbf{P7}_n] = [M_{MCn}]^{-1} \cdot ({}^{M1}[\mathbf{P7}_1] - {}^{Mn}[\mathbf{P5}_n]) ; \quad {}^{Cn}[\mathbf{P8}_n] = [M_{MCn}]^{-1} \cdot ({}^{M1}[\mathbf{P8}_1] - {}^{Mn}[\mathbf{P5}_n]) \quad (7)$$

Onde  ${}^{Cn}[\mathbf{P7}_n]$  e  ${}^{Cn}[\mathbf{P8}_n]$  são os vetores posição dos pontos 7 e 8, descritos no sistema crânio com origem em P5, no *frame*  $n$ ;  $M_{MCn}$  é a matriz mudança de base do sistema mandíbula para o sistema crânio, no *frame*  $n$ ;  ${}^{M1}[\mathbf{P7}_1]$  e  ${}^{M1}[\mathbf{P8}_1]$  são os vetores posição dos pontos 7 e 8 descritos no sistema mandíbula, no *frame* 1;  ${}^{Mn}[\mathbf{P5}_n]$  é o vetor posição do ponto 5 descrito no sistema mandíbula, no *frame*  $n$ , que representa a rotação entre os dois sistemas; e  $[M_{MCn}]^{-1}$  representa a matriz inversa de  $M_{MCn}$ , no *frame*  $n$ .

## 6 RESULTADOS

### 6.1 PRECISÃO DO SISTEMA E SISTEMA EMPREGADO

Dois procedimentos para verificar a precisão do sistema empregado foram realizados. Primeiramente verificou-se a qualidade das medidas do sistema de calibração que tem grande importância na precisão. Para verificar o erro associado a essa medida, as coordenadas 3D de cada um dos 32 pontos do sistema de calibração foram reconstruídas separadamente, a partir da posição medida dos outros pontos. Dessa forma, pode-se associar um valor de erro à reconstrução, advindo do sistema de calibração. Foi determinada a média dos valores dos erros entre o valor medido e o valor reconstruído para todos os pontos em cada coordenada. A tabela 2, a seguir, apresenta a média dos erros das coordenadas 3D dos 32 pontos do sistema de coordenadas.

**Tabela 2:** Média dos erros das coordenadas 3D dos 32 pontos do sistema de calibração.

	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
Média dos erros (cm)	0.15	0.11	0.06

Outro procedimento para verificar os erros associados à determinação da posição dos pontos de interesse foi realizado utilizando a distância entre os marcadores posicionados na mandíbula e crânio. Assim, foram obtidas três distâncias para cada um dos segmentos, em cada um dos *frames*. Para cada dois pontos foi calculada a média da distância em todos os *frames*, e determinado o desvio médio em cada medida, considerando que estas distâncias deveriam permanecer constantes em todos os *frames*. Os maiores valores encontrados entre os desvios médios nos diferentes sujeitos para cada distância entre dois pontos, variaram de 0.10 a 0.15 cm. A principal fonte de erro associado aos dados é devida a movimentação da pele sobre as estruturas ósseas, movimentação essa que durante o movimento é maior na mandíbula que no crânio. A tabela 3 apresenta a distância média entre os pontos, as médias dos desvios médios, os valores máximos dos desvios médios e a porcentagem do desvio médio máximo em relação a média entre os pontos 1 a 6, para todos os sujeitos em todos os *frames*.

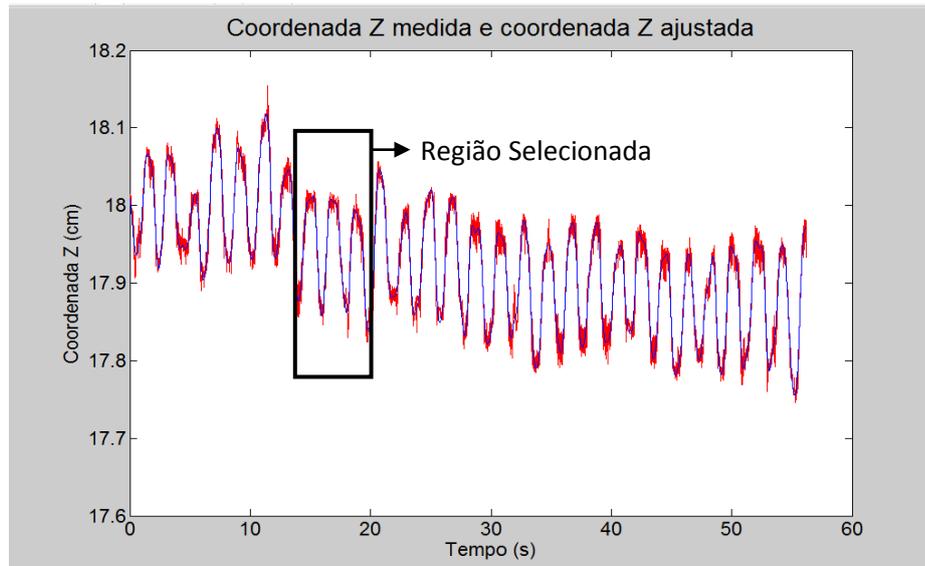
**Tabela 3:** Distância média, médias dos desvios médios, valores máximos dos desvios médios e porcentagem do desvio médio máximo em relação a média, em todos os *frames*.

	Pontos 1-2	Pontos 2-3	Pontos 1-3	Pontos 4-5	Pontos 5-6	Pontos 4-6
Distâncias médias (cm)	2.54	2.65	3.12	6.66	6.36	10.93
Médias dos desvios médios (cm)	0.07	0.09	0.06	0.05	0.06	0.05
Máximos dos desvios médios (cm)	0.13	0.15	0.14	0.10	0.13	0.11
% do máximo em relação a média	5.12	5.66	4.49	1.50	2.04	1.01

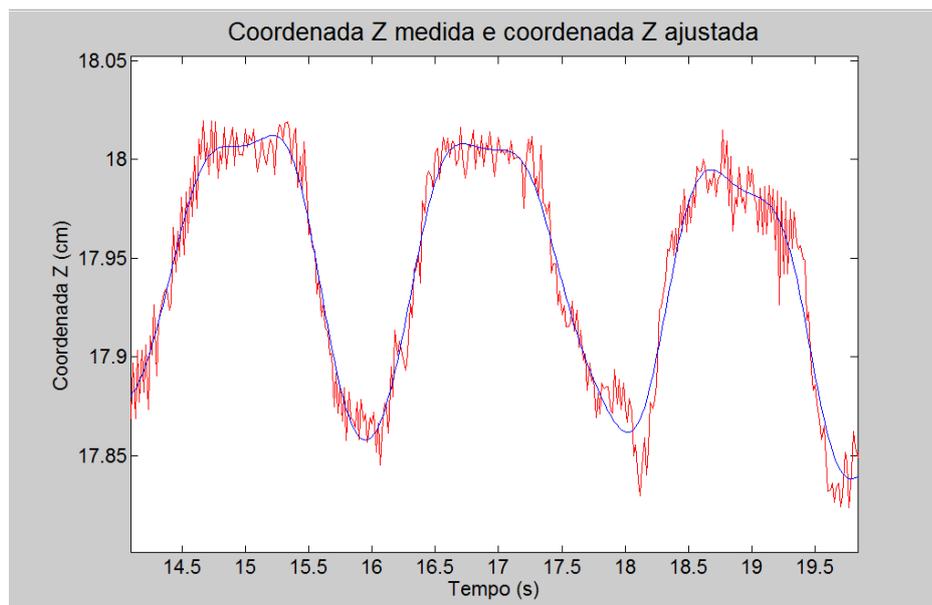
Foi realizado um estudo piloto com o objetivo de definir os locais de colocação dos marcadores, de modo que a interferência da movimentação da pele sobre os ossos fosse mínima, além das condições da coleta, como iluminação e sincronização das câmeras, assim como a frequência de corte e o tipo de filtro. Para isso foi selecionado um sujeito do sexo masculino, 24 anos, sem sinais e sintomas de DTM. O sujeito foi orientado a realizar 5 movimentos de abertura/fechamento da mandíbula, e posteriormente foram calculados as distâncias entre diferentes pares de pontos, a fim de quantificar os erros associados a movimentação dos marcadores na pele sobre as estruturas ósseas, e os ângulos de abertura/fechamento e desvios laterais/mediais. Os resultados foram apresentados no 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (Miranda, Marques e Mercadante, 2008) (apêndice B, anexo C).

## 6.2 TRATAMENTO DOS DADOS

A figura 15 a seguir mostra o comportamento dos dados brutos (vermelho) e filtrados (azul) da coordenada Z do ponto quatro de um dos sujeitos analisados, para ilustrar o efeito do filtro *Butterworth*, de 4ª ordem, com frequência de corte de 1.5 Hz. A figura 16 mostra uma imagem ampliada do efeito do filtro utilizado.



**Figura 15:** Comportamento dos dados brutos (vermelho) e filtrados (azul) da coordenada Z do ponto quatro de um dos sujeitos analisados em função do tempo.



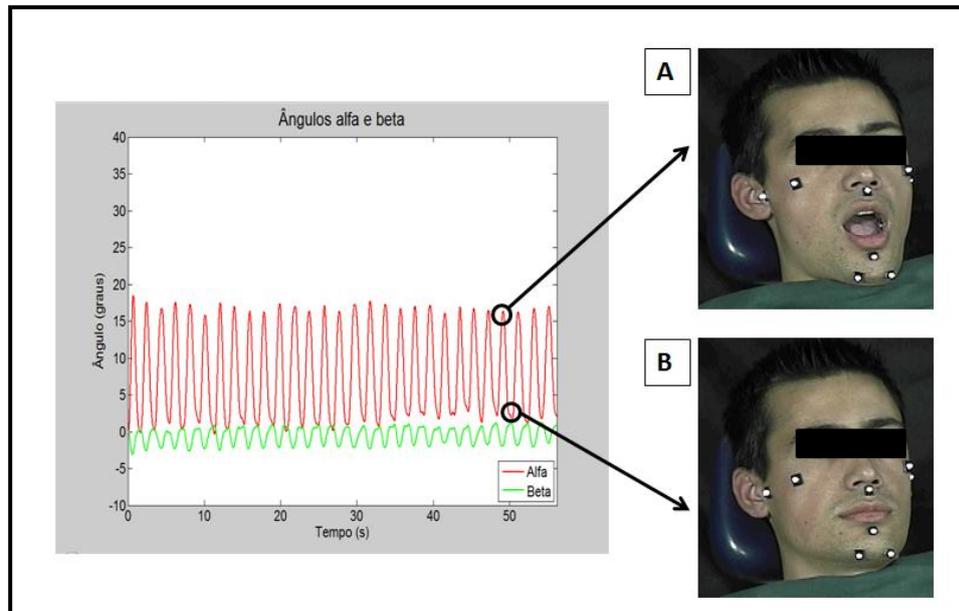
**Figura 16:** Vista ampliada do comportamento dos dados brutos (vermelho) e filtrados (azul) da coordenada Z do ponto quatro de um dos sujeitos analisados em função do tempo.

### 6.3 ÂNGULOS DE ABERTURA/FECHAMENTO E DESVIO LATERAL/MEDIAL

Foram calculados os ângulos  $\alpha$  (abertura/fechamento) e  $\beta$  (desvio lateral/medial) em função do tempo, suficientes para a descrição quantitativa do movimento da mandíbula.

O instante do início do movimento de abertura da boca foi definido como o instante onde se encontra o primeiro mínimo do ângulo entre os vetores  $\mathbf{i}$  dos dois sistemas. Portanto,

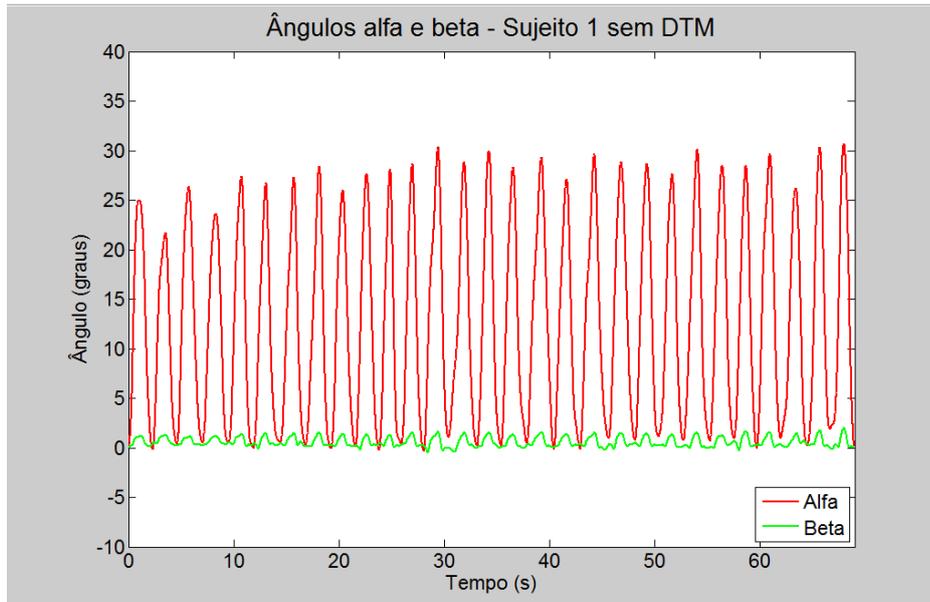
para cada sujeito foi identificado o início dos outros 28 ciclos também pelos mínimos, e subtraído o valor do primeiro mínimo em todos os outros ciclos, tanto do ângulo  $\alpha$  de abertura/fechamento quanto do ângulo  $\beta$  de desvio lateral/medial. Assim, os valores máximos dos ângulos  $\alpha$  correspondem aos instantes de maiores amplitudes de abertura da mandíbula, ou seja, é o instante onde termina o movimento de abertura e inicia o fechamento da mandíbula (Figura 17).



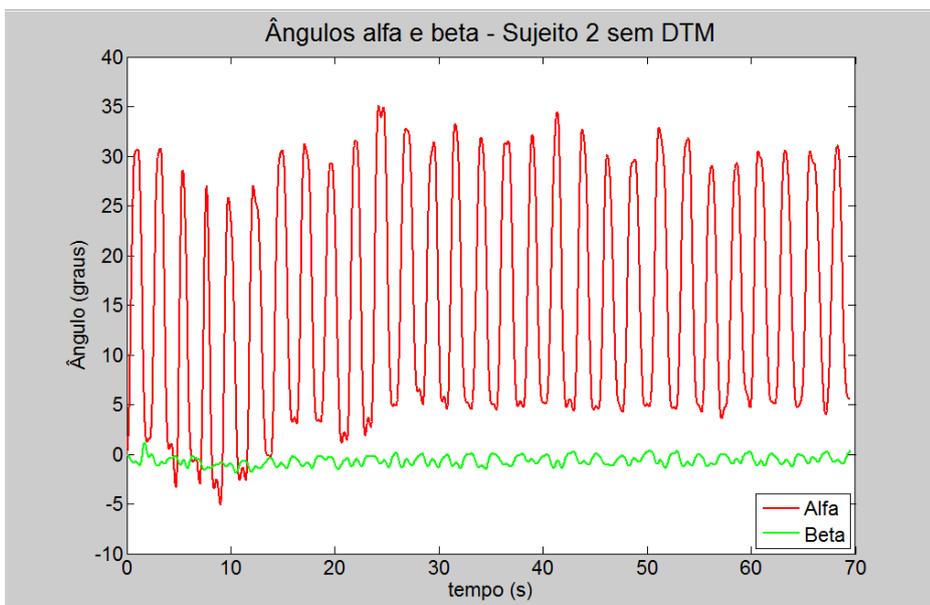
**Figura 17:** Gráfico dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e posições de abertura máxima e mínima. A (Superior): Valores máximos do ângulo  $\alpha$  correspondem aos instantes de máxima amplitude de abertura da mandíbula. B (Inferior): Valores mínimos do ângulo  $\alpha$  correspondem ao instante de máximo contato entre os lábios.

Para análise dos ângulos  $\beta$ , é importante observar que os valores positivos, correspondem ao movimento da mandíbula para a direita e os valores negativos, ao movimento da mandíbula para a esquerda.

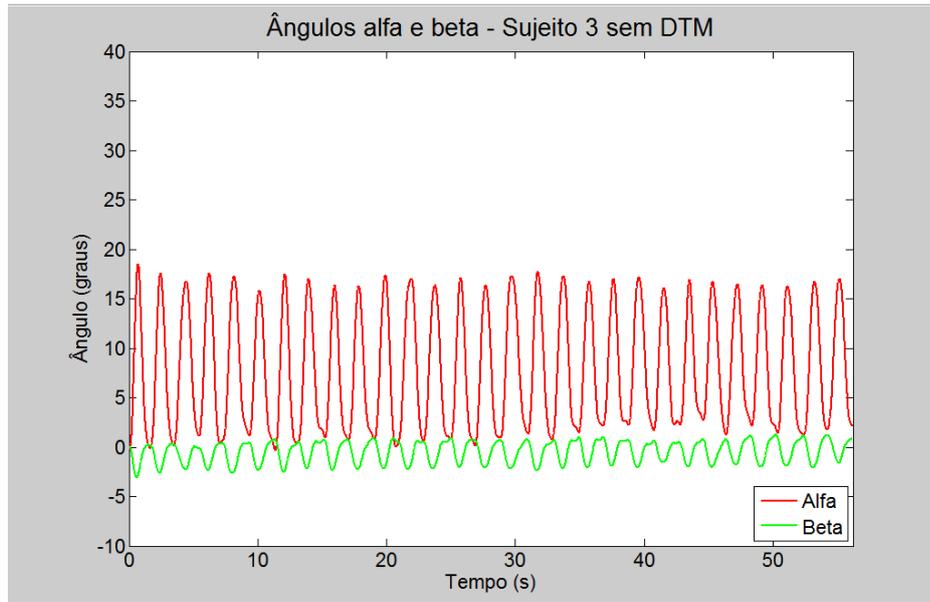
As figuras 18 a 29 mostram o comportamento dos ângulos alfa (vermelho) e beta (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula, para cada um dos sujeitos do grupo sem DTM. Para fins de comparação, os valores máximos e mínimos dos eixos das coordenadas foram mantidos constantes em todos os gráficos (de  $-10^\circ$  a  $40^\circ$  para os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$ ).



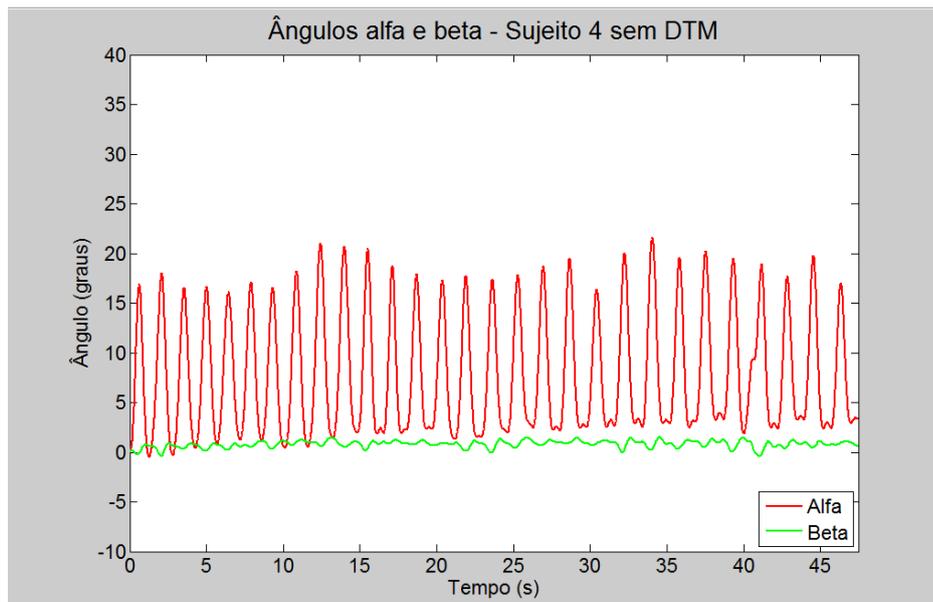
**Figura 18:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo sem DTM.



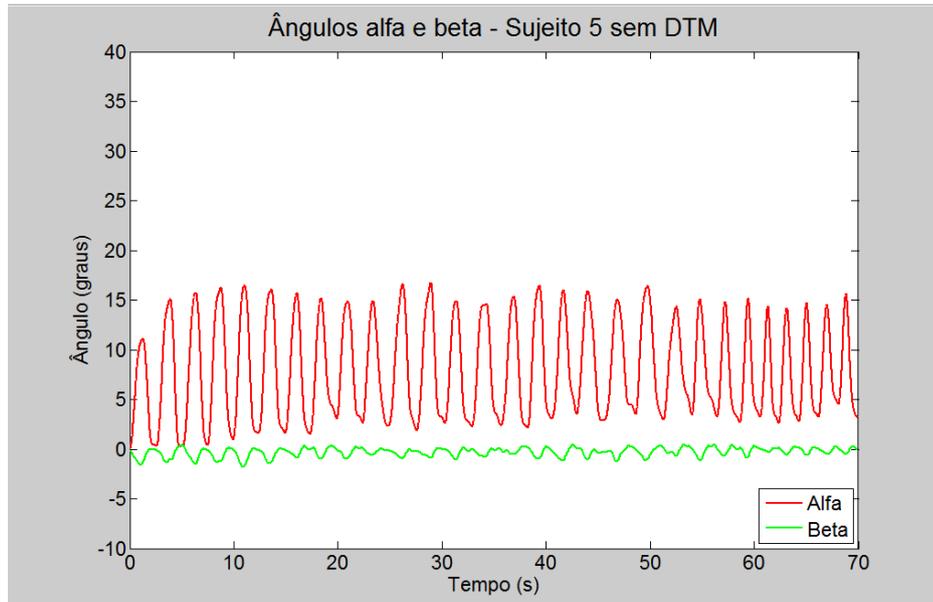
**Figura 19:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo sem DTM.



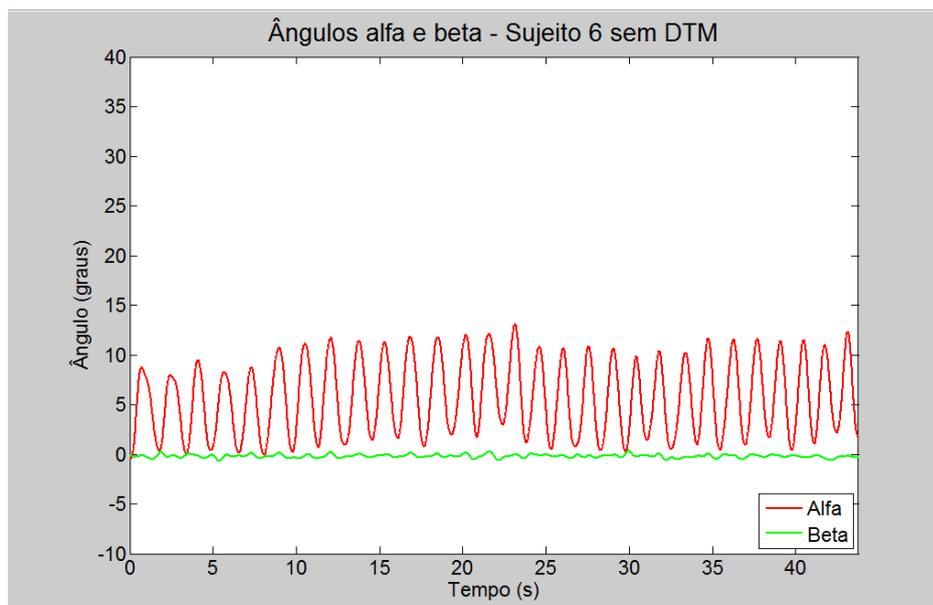
**Figura 20:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo sem DTM.



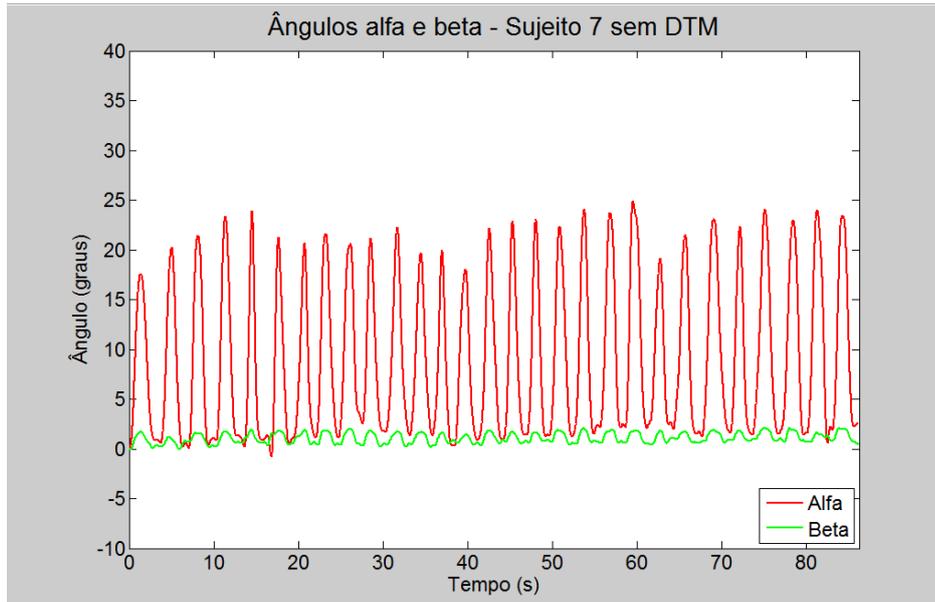
**Figura 21:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo sem DTM.



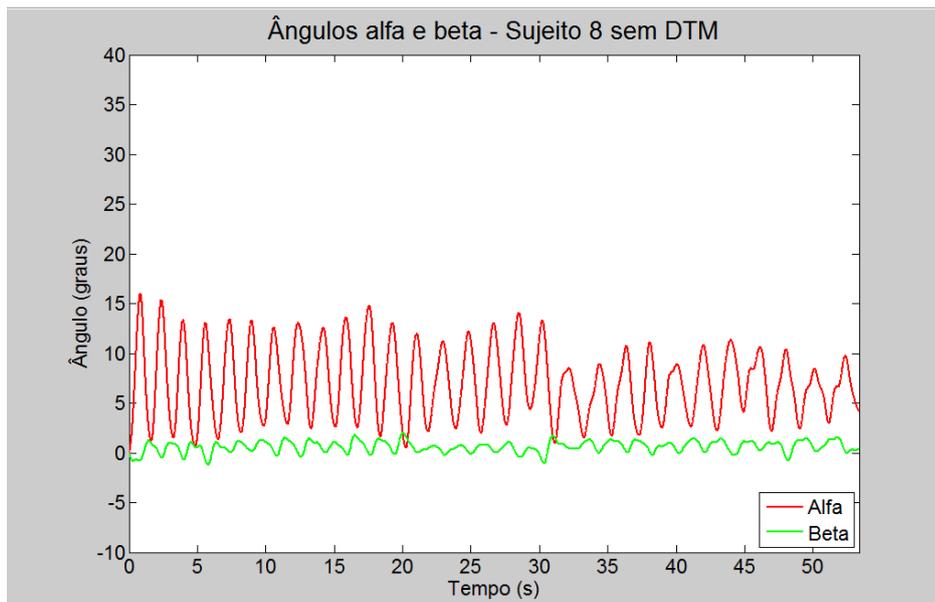
**Figura 22:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo sem DTM.



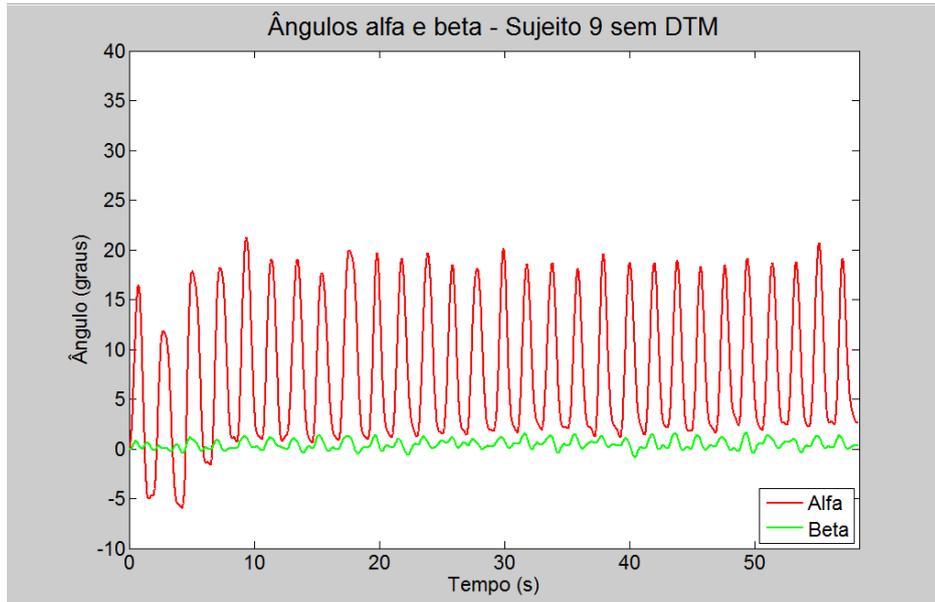
**Figura 23:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo sem DTM.



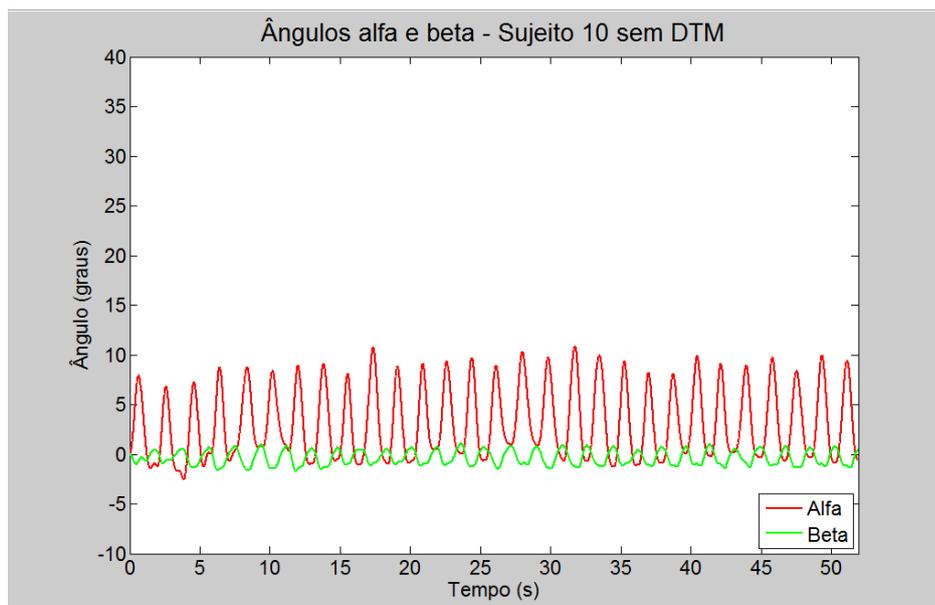
**Figura 24:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo sem DTM.



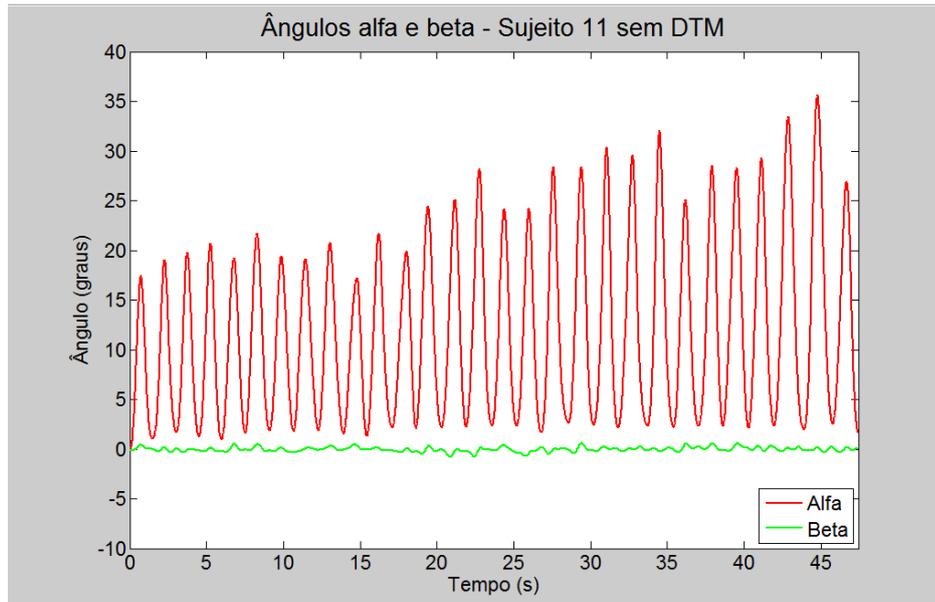
**Figura 25:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo sem DTM.



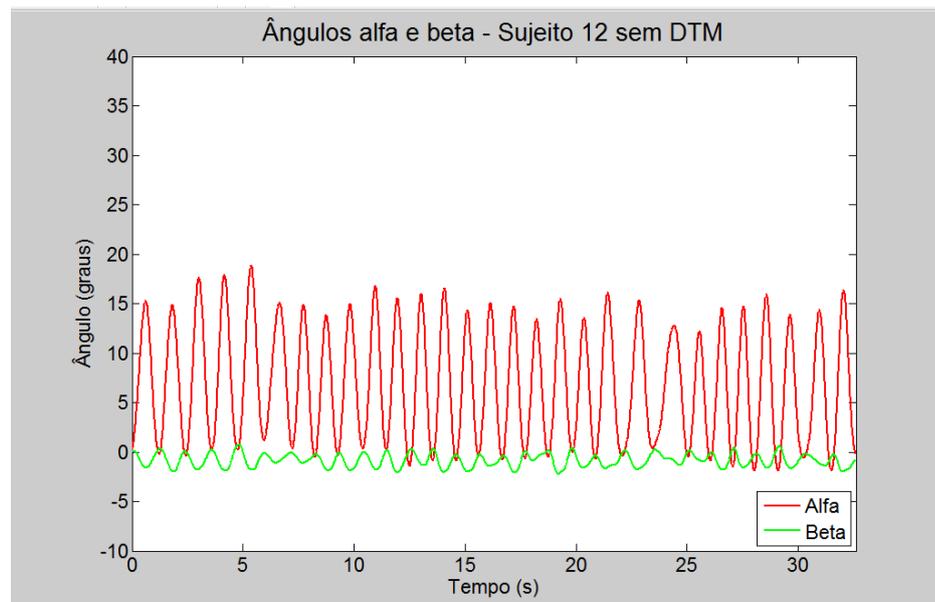
**Figura 26:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo sem DTM.



**Figura 27:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo sem DTM.

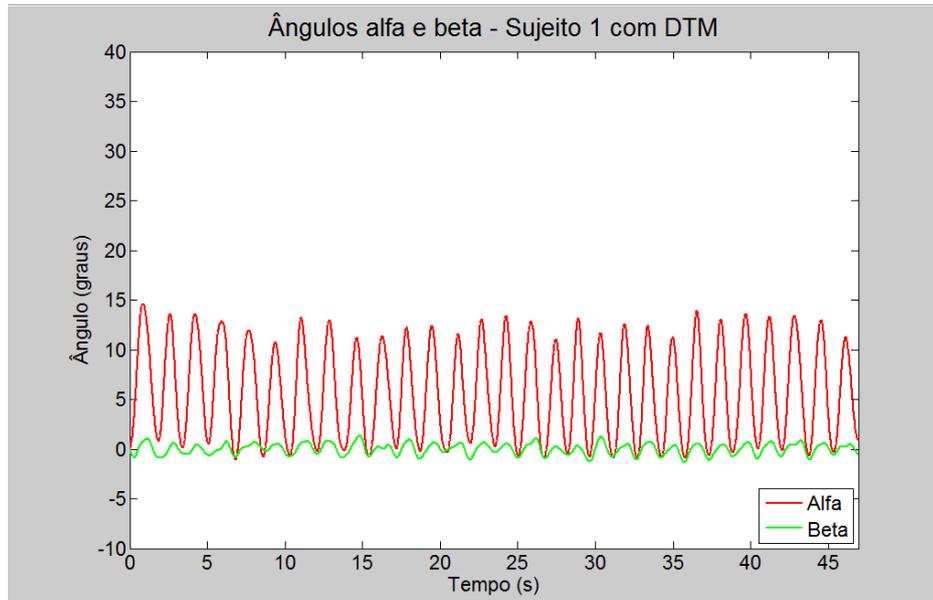


**Figura 28:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo sem DTM.

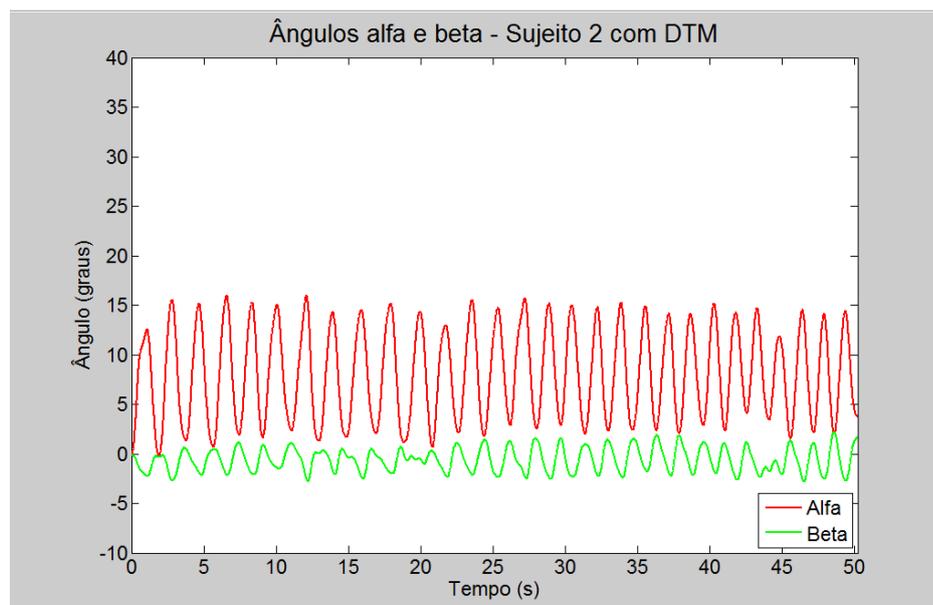


**Figura 29:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo sem DTM.

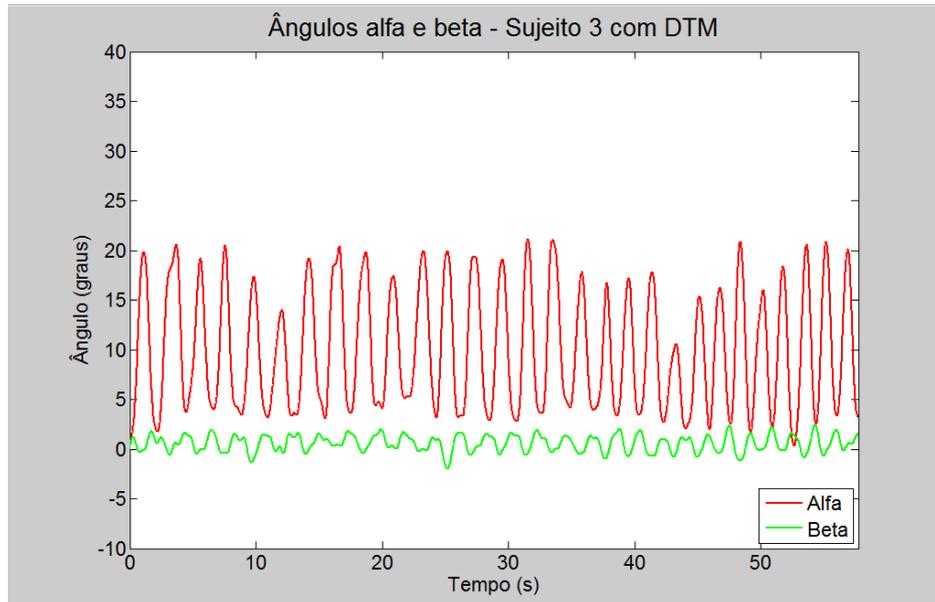
As figuras 30 a 41 mostram o comportamento dos ângulos alfa (vermelho) e beta (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula, para cada um dos sujeitos do grupo com DTM. Para fins de comparação, os valores máximos e mínimos dos eixos das coordenadas foram mantidos constantes em todos os gráficos (de  $-10^\circ$  a  $40^\circ$  para os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$ ).



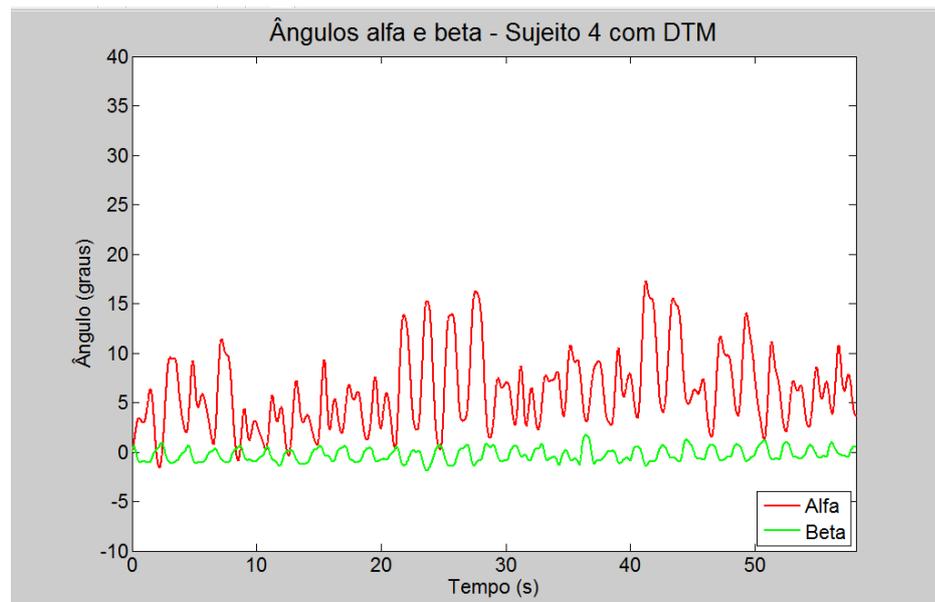
**Figura 30:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo com DTM.



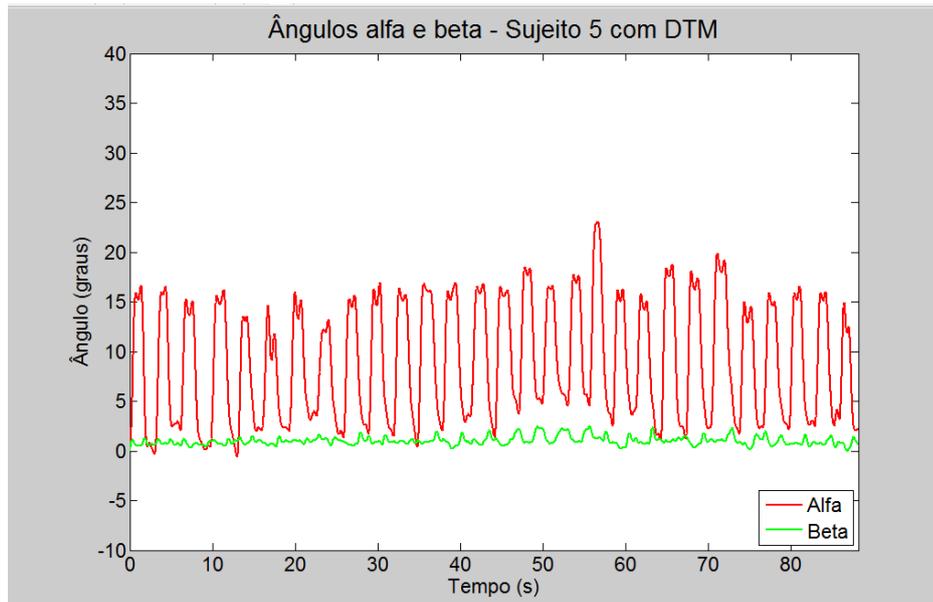
**Figura 31:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo com DTM.



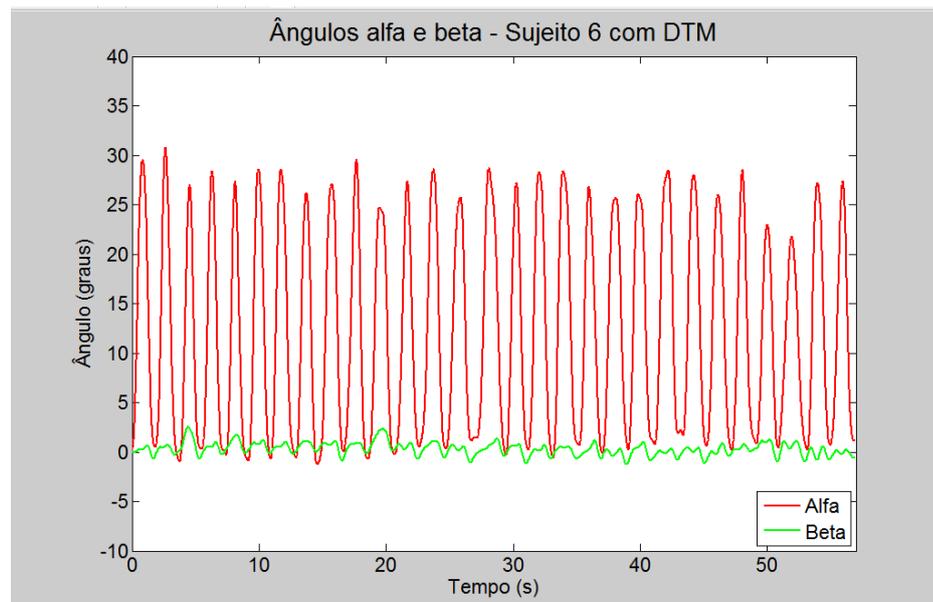
**Figura 32:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo com DTM.



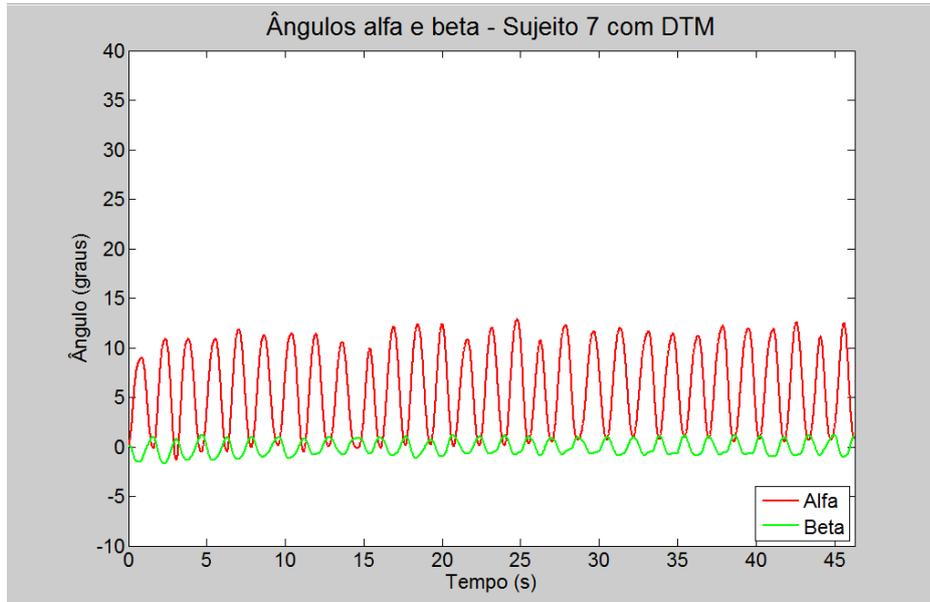
**Figura 33:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo com DTM.



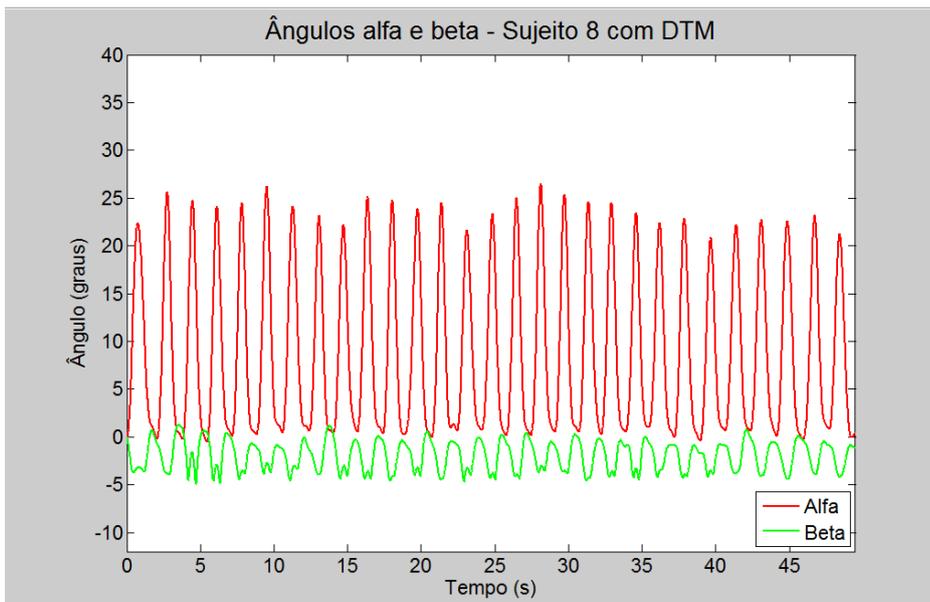
**Figura 34:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo com DTM.



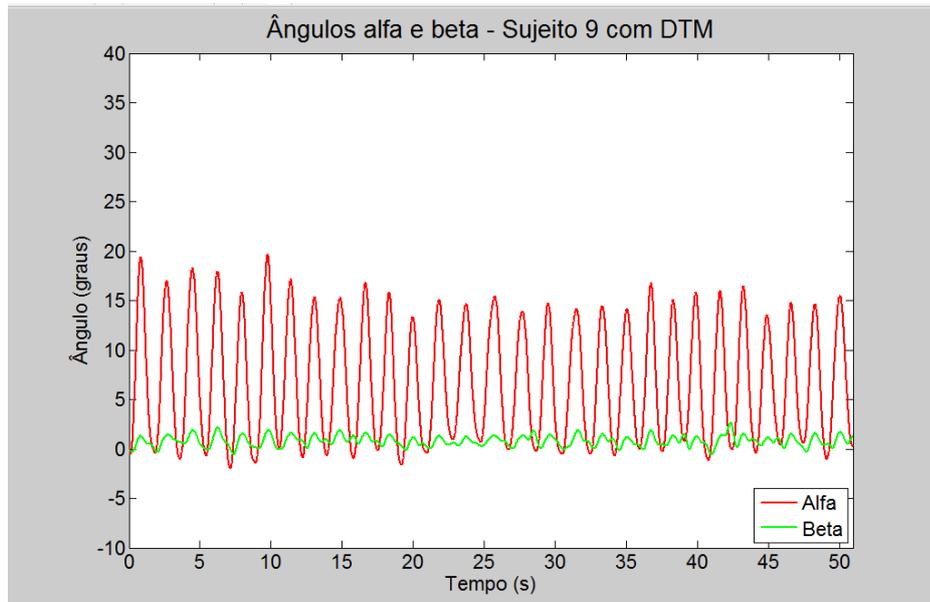
**Figura 35:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo com DTM.



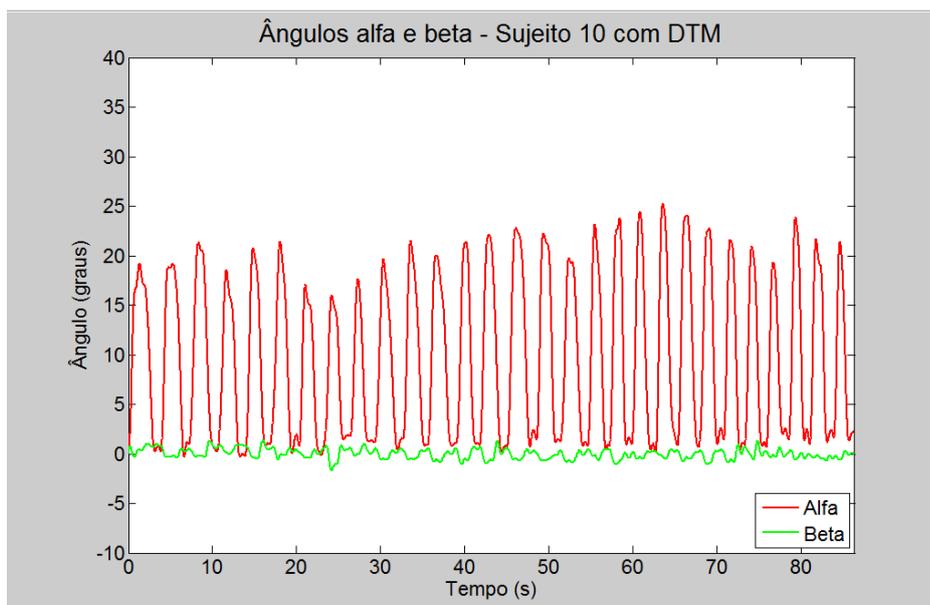
**Figura 36:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo com DTM.



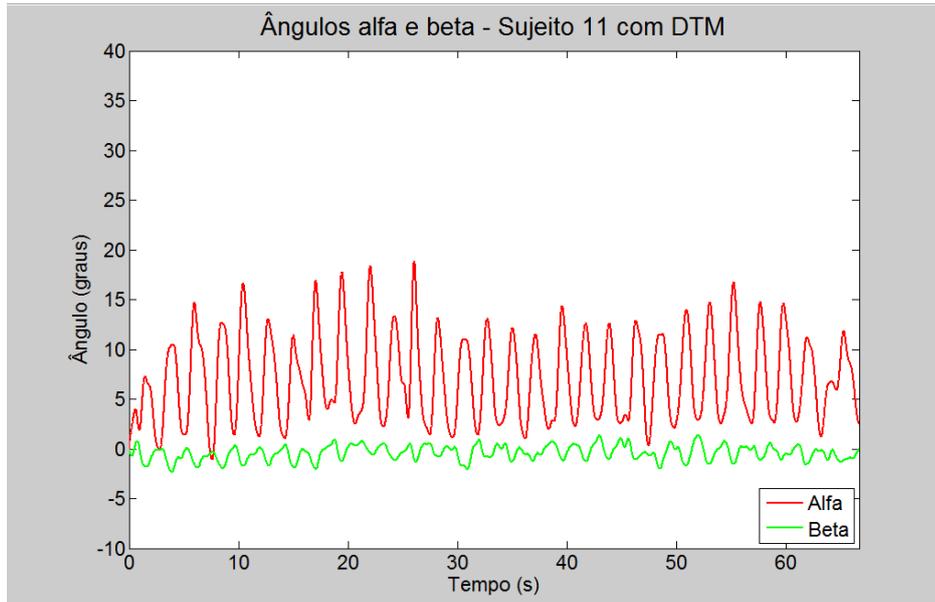
**Figura 37:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo com DTM.



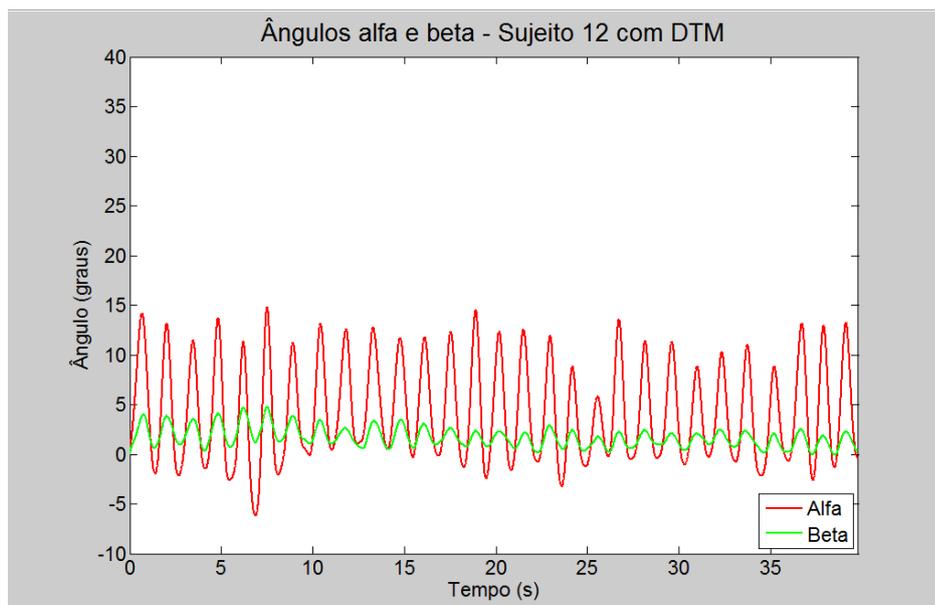
**Figura 38:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo com DTM.



**Figura 39:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo com DTM.



**Figura 40:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo com DTM.

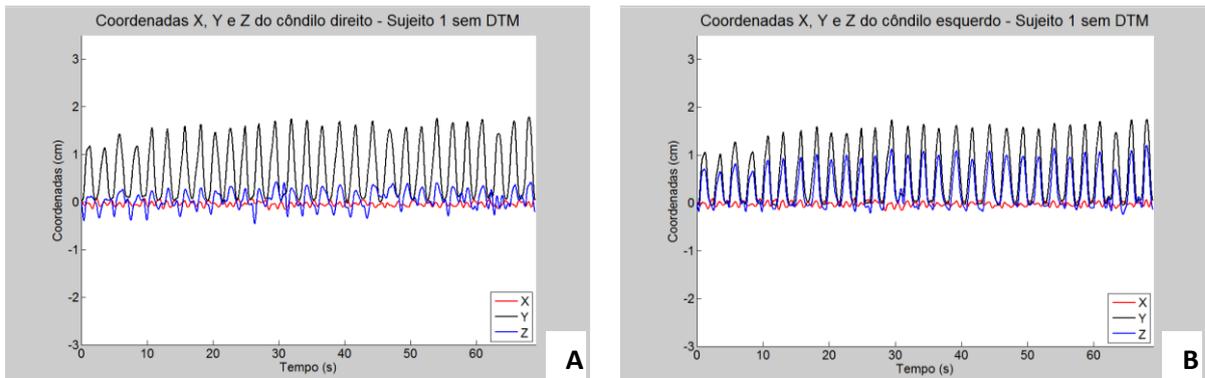


**Figura 41:** Ângulos  $\alpha$  (vermelho) e  $\beta$  (verde) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo com DTM.

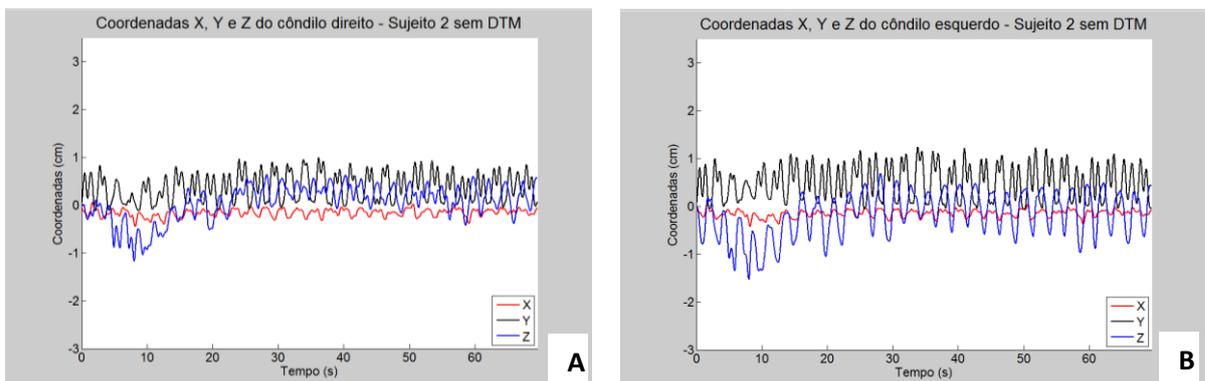
## 6.4 TRAJETÓRIA DOS CÔNDILOS MANDIBULARES

As figuras 42 a 53 mostram as coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul), dos cêndilos direito e esquerdo em função do tempo, em relação ao sistema crânio, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula, para cada um dos sujeitos do grupo sem DTM. As direções dos eixos do sistema crânio podem ser visualizadas na figura 14. Os gráficos de cada coordenada separadamente, em função do tempo, dos sujeitos do grupo sem DTM encontram-se no apêndice C. Para fins de comparação, o valor máximo e

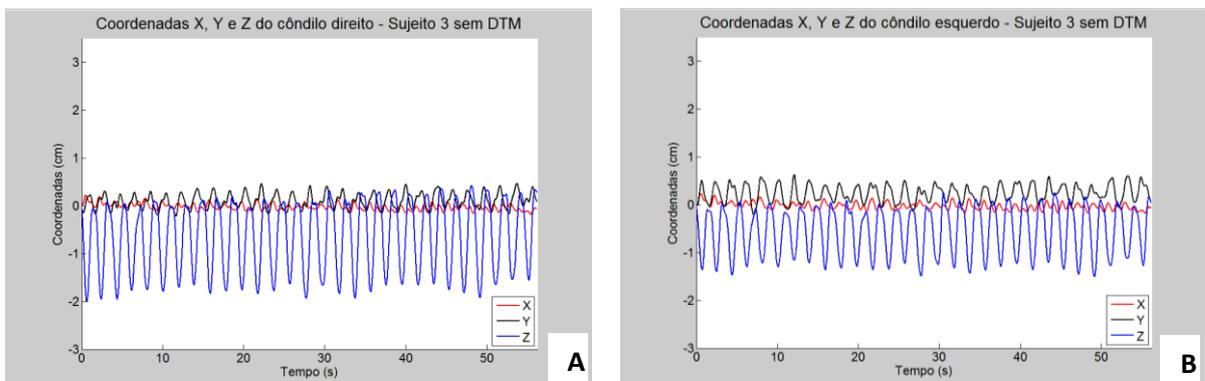
mínimo dos eixos das coordenadas foram mantidos constantes em todos os gráficos (de  $-3^\circ$  a  $3.5^\circ$  para os coordenadas X, Y e Z).



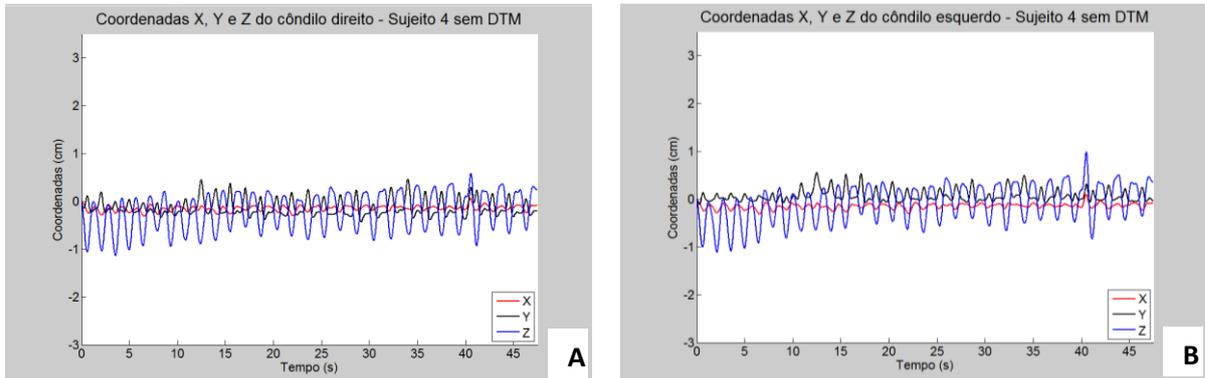
**Figura 42:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 1 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 1 sem DTM.



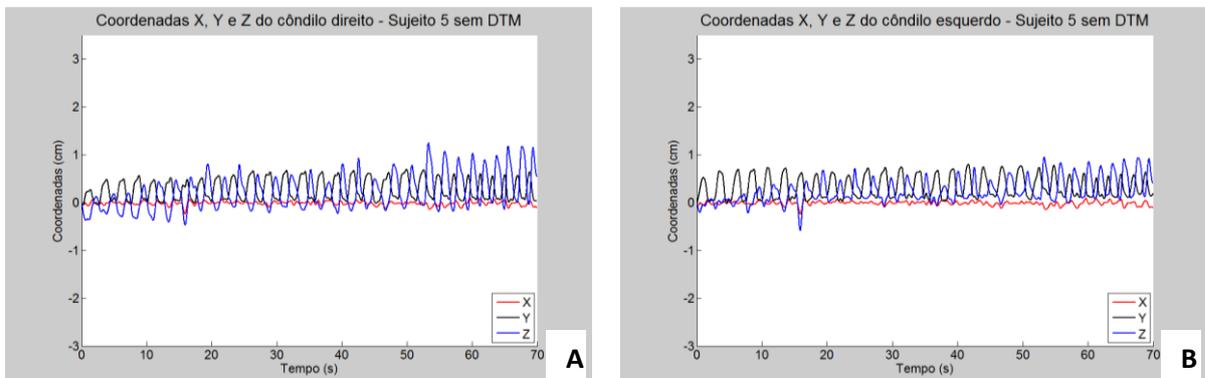
**Figura 43:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 2 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 2 sem DTM.



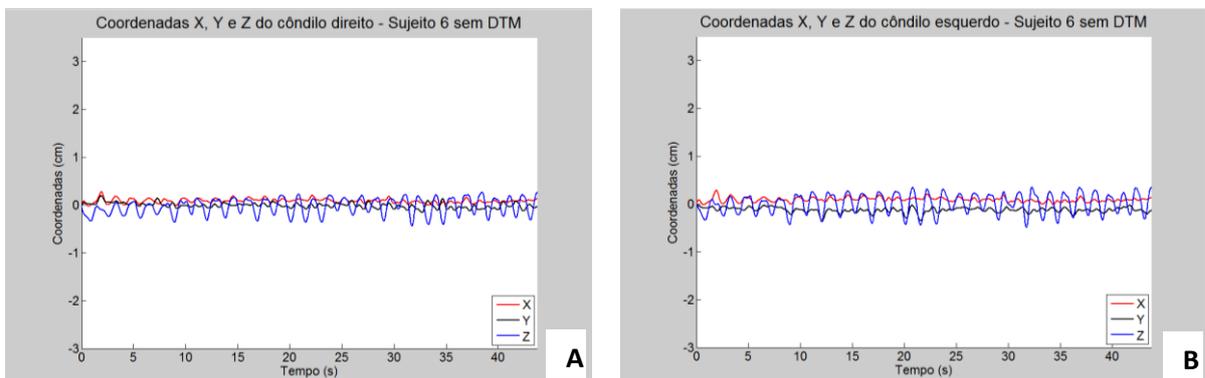
**Figura 44:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 3 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 3 sem DTM.



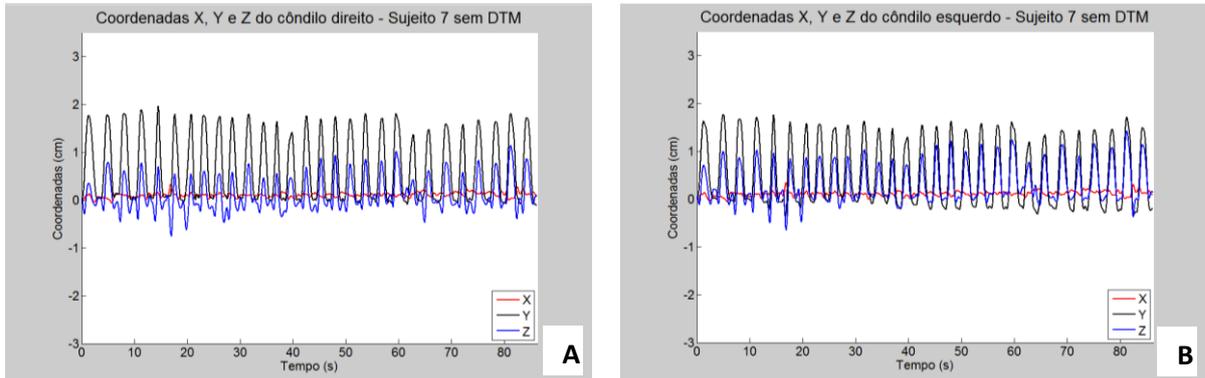
**Figura 45:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 4 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 4 sem DTM.



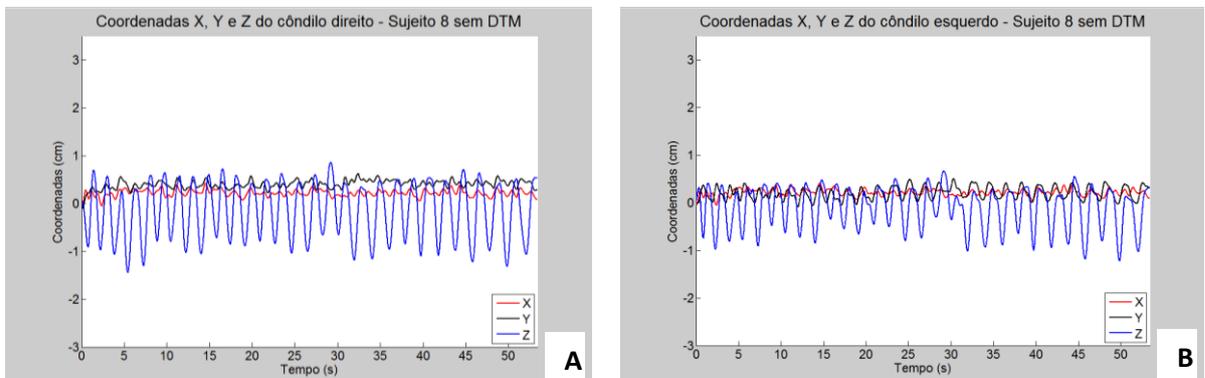
**Figura 46:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 5 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 5 sem DTM.



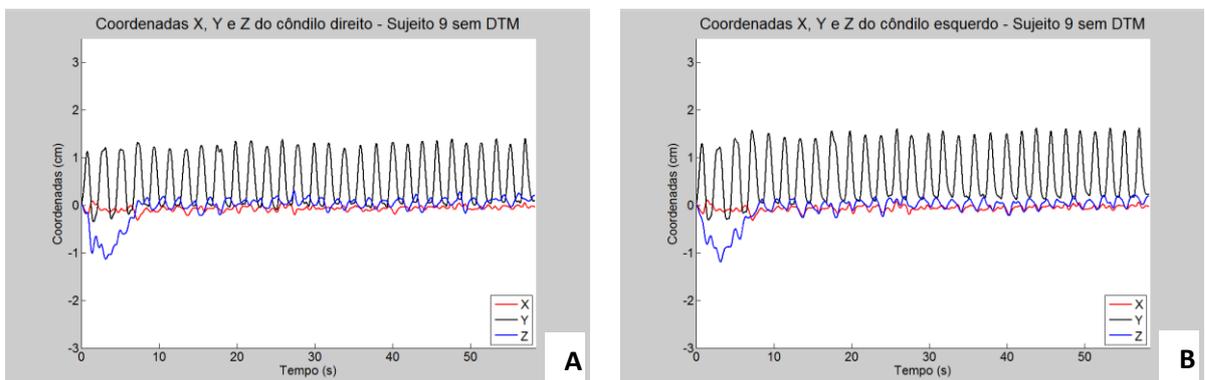
**Figura 47:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 6 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 6 sem DTM.



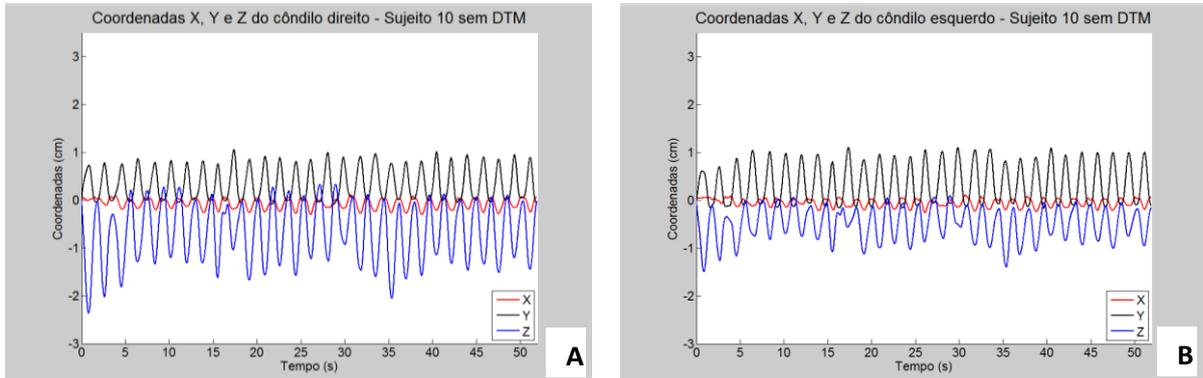
**Figura 48:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 7 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 7 sem DTM.



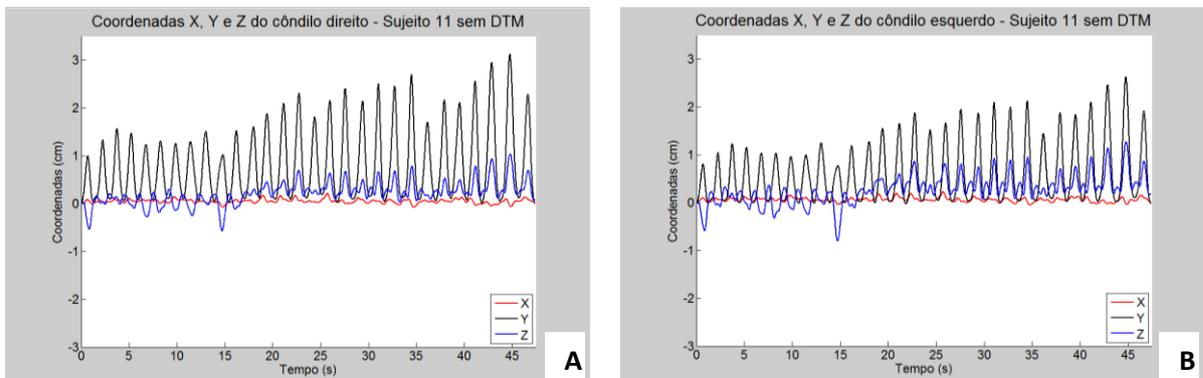
**Figura 49:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 8 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 8 sem DTM.



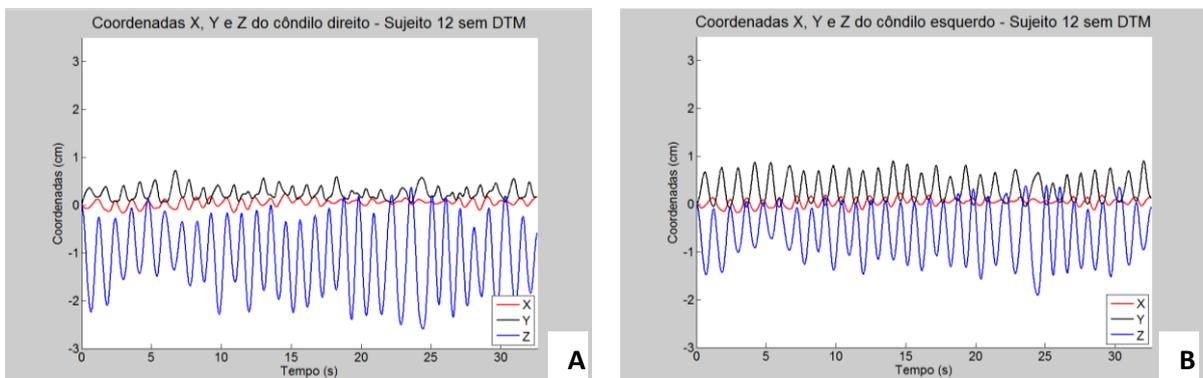
**Figura 50:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 9 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 9 sem DTM.



**Figura 51:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 10 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 10 sem DTM.

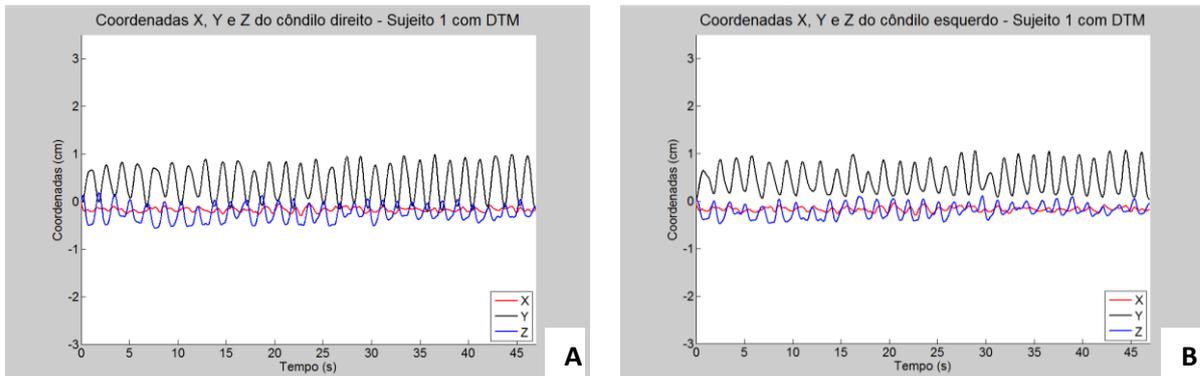


**Figura 52:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 11 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 11 sem DTM.

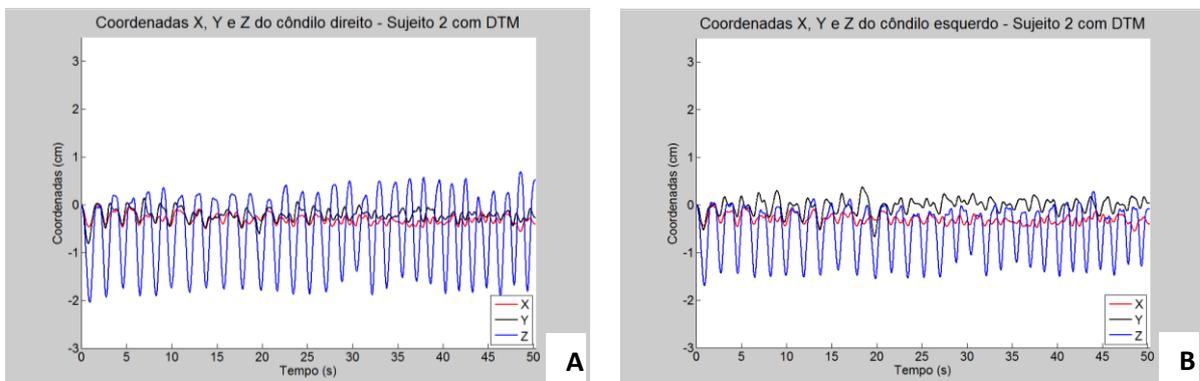


**Figura 53:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 12 sem DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 12 sem DTM.

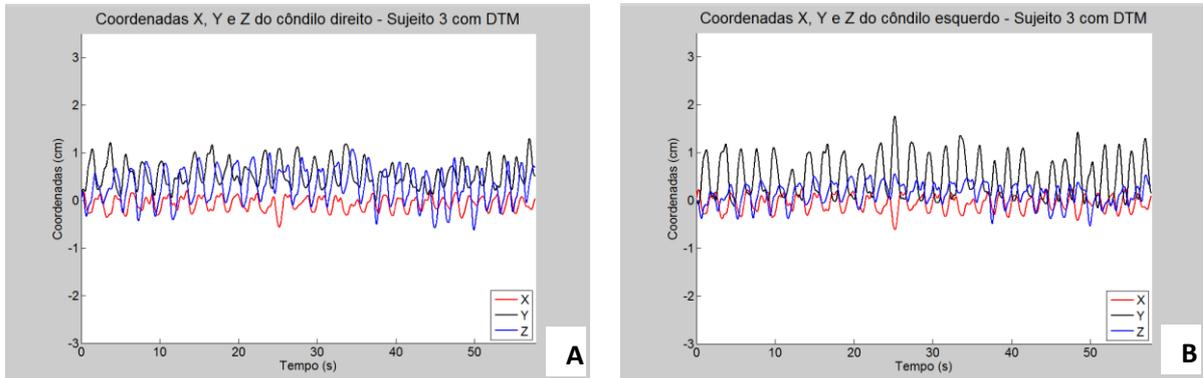
As figuras 54 a 65 mostram as coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul), dos côndilos direito e esquerdo em função do tempo, em relação ao sistema crânio, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula, para cada um dos sujeitos do grupo com DTM. Os gráficos de cada coordenada separadamente, em função do tempo, dos sujeitos do grupo com DTM encontram-se no apêndice D.



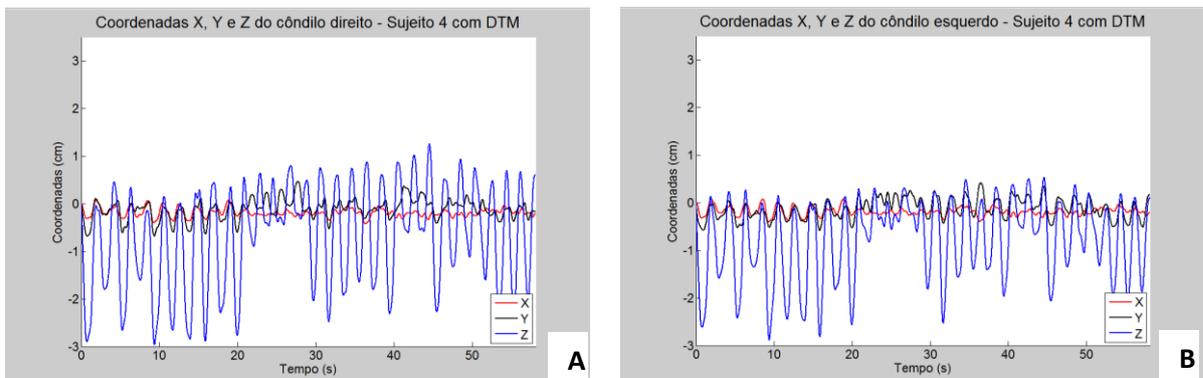
**Figura 54:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 1 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 1 com DTM.



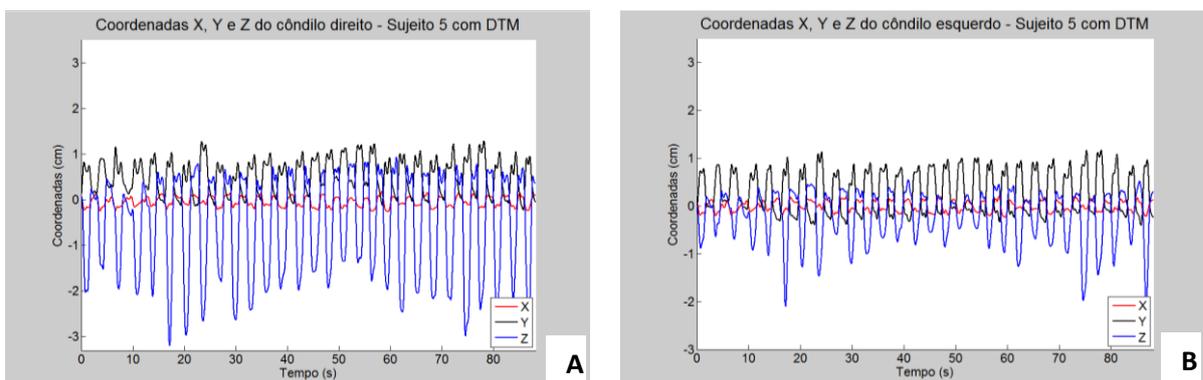
**Figura 55:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 2 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 2 com DTM.



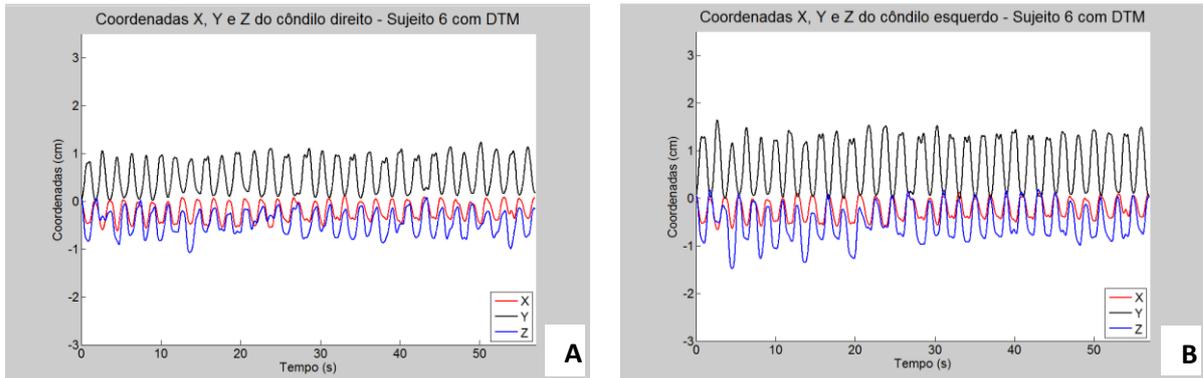
**Figura 56:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em funç&otilde;o do tempo para o sujeito 3 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em funç&otilde;o do tempo para o sujeito 3 com DTM.



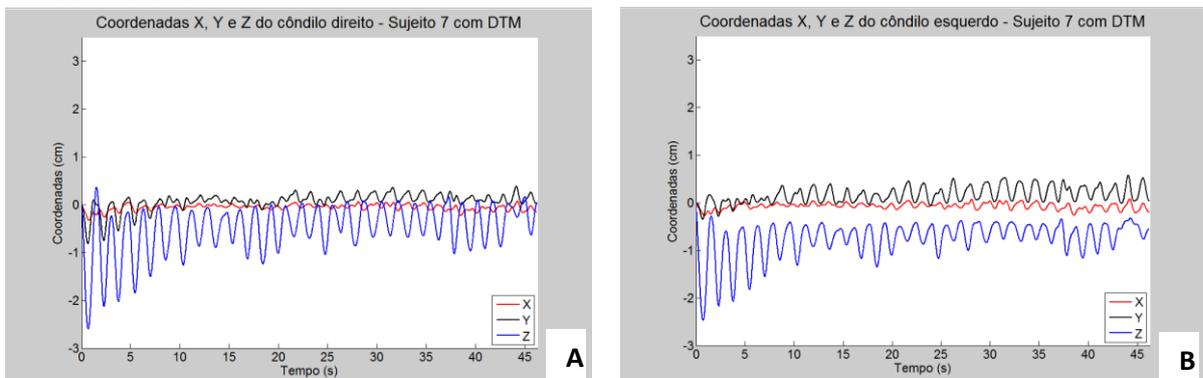
**Figura 57:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em funç&otilde;o do tempo para o sujeito 4 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em funç&otilde;o do tempo para o sujeito 4 com DTM.



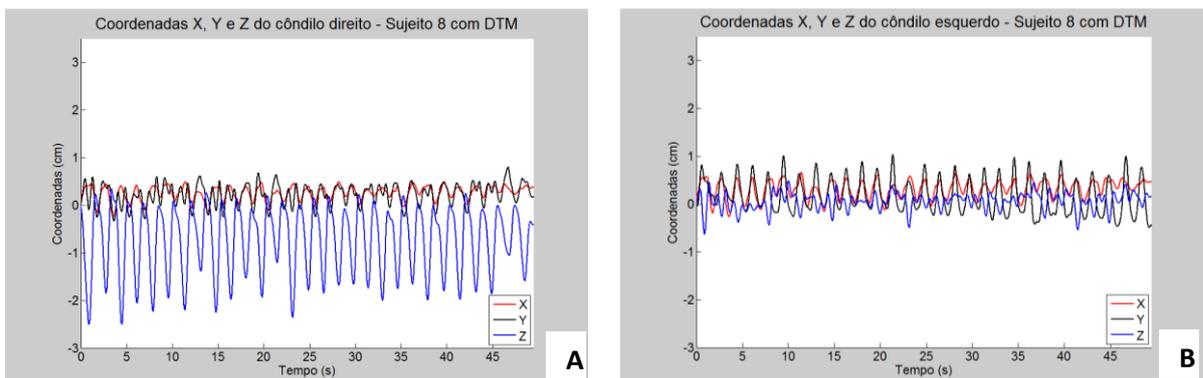
**Figura 58:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em funç&otilde;o do tempo para o sujeito 5 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em funç&otilde;o do tempo para o sujeito 5 com DTM.



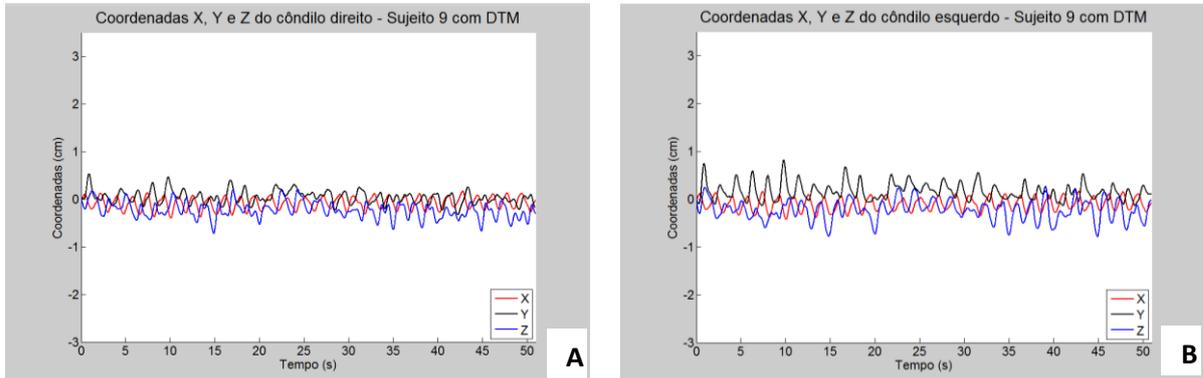
**Figura 59:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 6 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 6 com DTM.



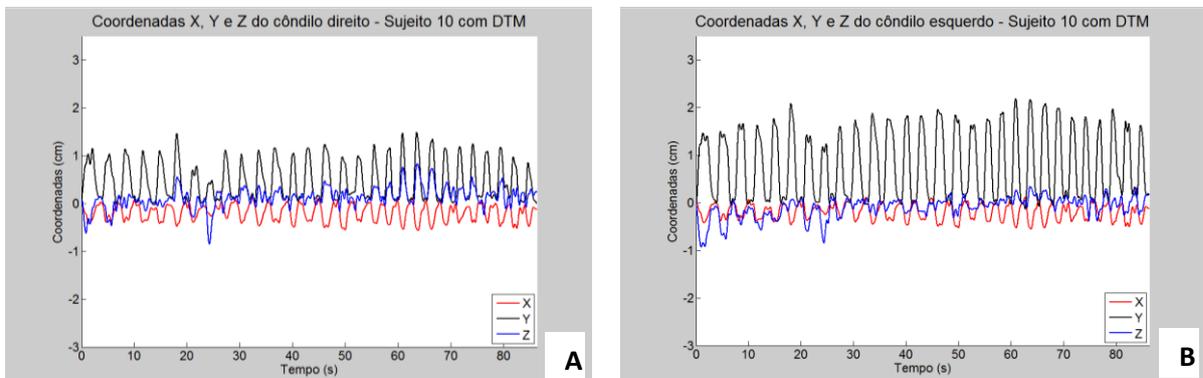
**Figura 60:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 7 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 7 com DTM.



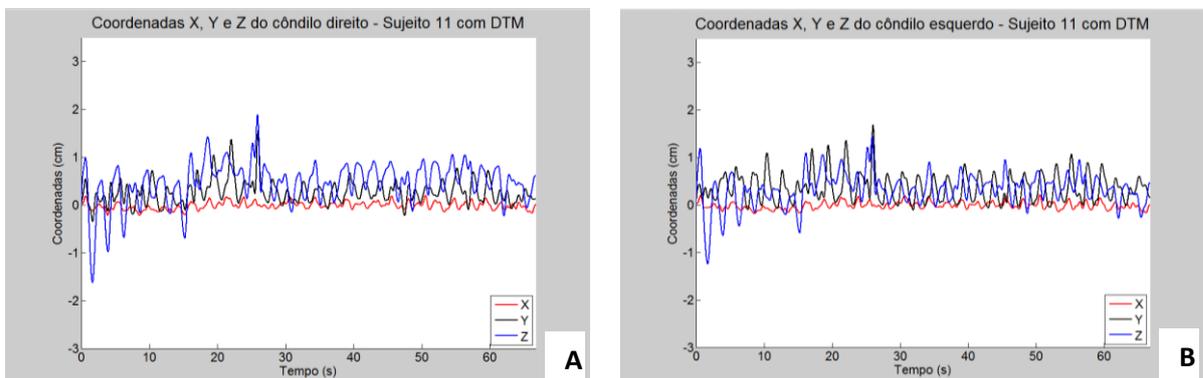
**Figura 61:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 8 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 8 com DTM.



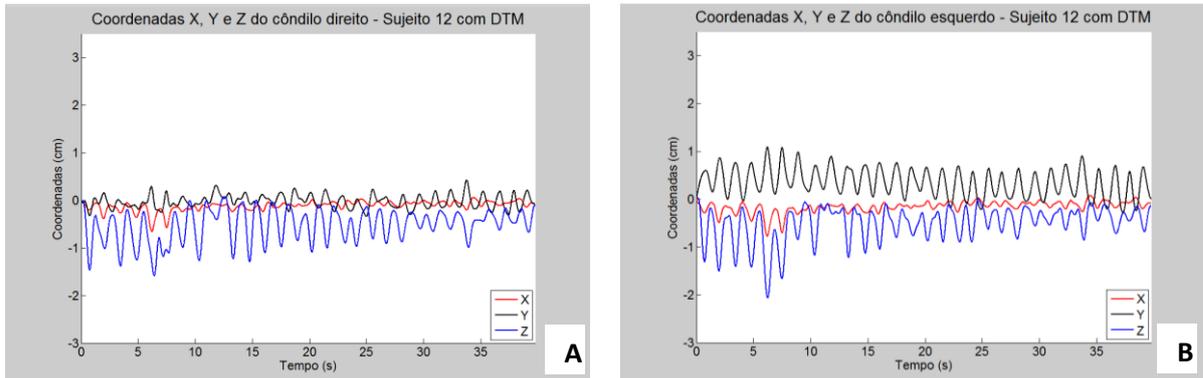
**Figura 62:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 9 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 9 com DTM.



**Figura 63:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 10 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 10 com DTM.



**Figura 64:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 11 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 11 com DTM.

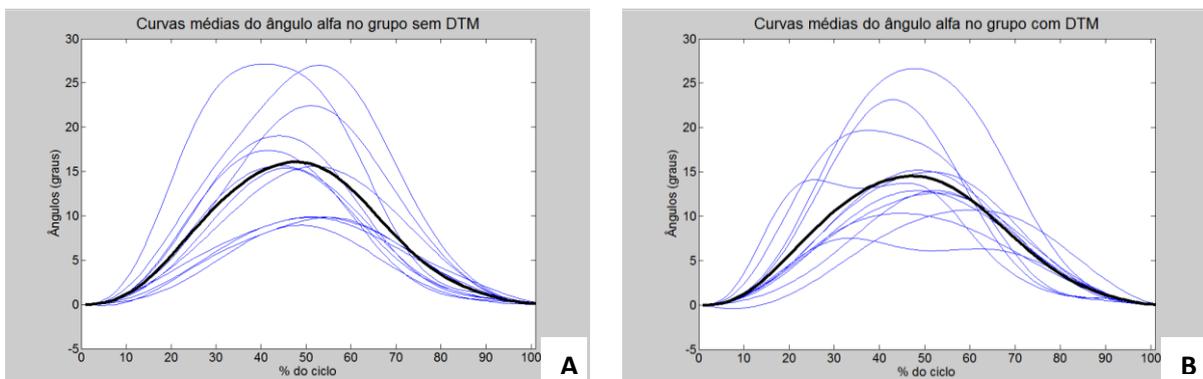


**Figura 65:** A (esquerda) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo direito durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 12 com DTM. B (direita) - Valores das coordenadas X (vermelho), Y (preto) e Z (azul) do côndilo esquerdo durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula em função do tempo para o sujeito 12 com DTM.

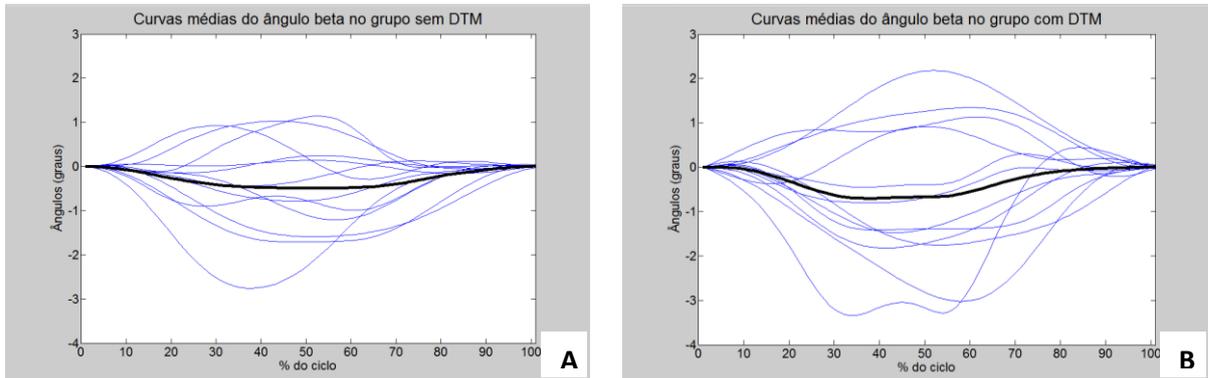
## 6.5 CURVAS MÉDIAS DOS GRUPOS SEM DTM E COM DTM

A duração de cada ciclo de abertura/fechamento da boca apresenta valores diferentes tanto para um mesmo sujeito quanto para sujeitos diferentes, pelas condições de realização do movimento escolhidas. No intuito de comparar os diferentes ciclos, pode-se normalizar as variáveis calculadas em função da porcentagem do ciclo, procedimento comumente usado em análises de marcha, por exemplo. Desta forma, pode-se buscar um padrão de movimento de cada sujeito e obter curvas médias de sujeitos e/ou grupos para comparação.

As figuras 66 e 67 apresentam as curvas médias do ângulo  $\alpha$  (esquerda) e do ângulo  $\beta$  (direita) de cada indivíduo (azul) e a curva média do grupo (preto) em função dos valores unitários da porcentagem do ciclo de abertura/fechamento.



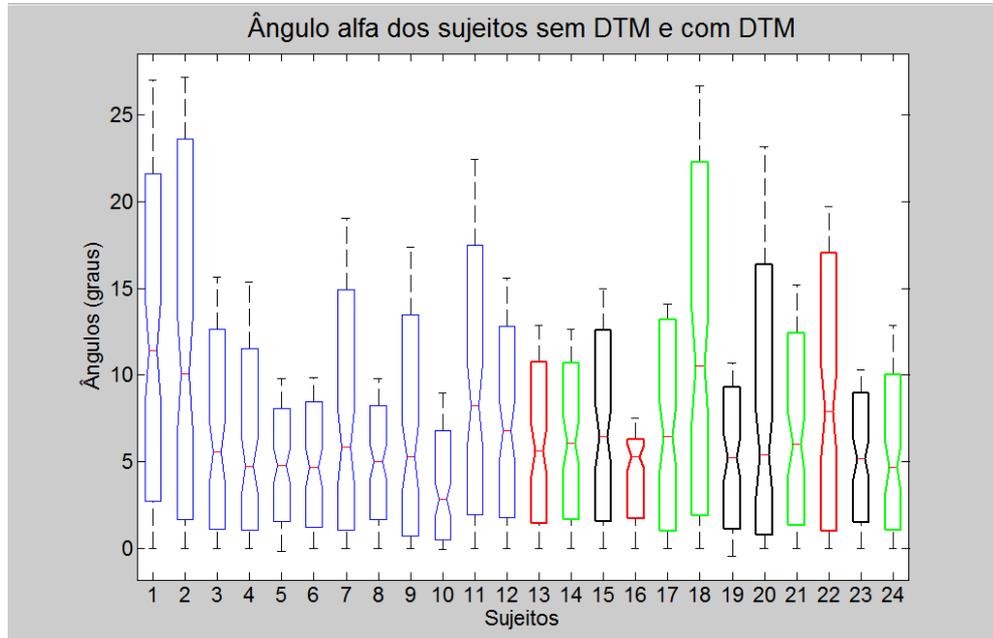
**Figura 66:** A (esquerda) - Valores das curvas médias ângulo  $\alpha$  para cada sujeito do grupo sem DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto). B (direita) - Valores das curvas médias ângulo  $\alpha$  para cada sujeito do grupo com DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto).



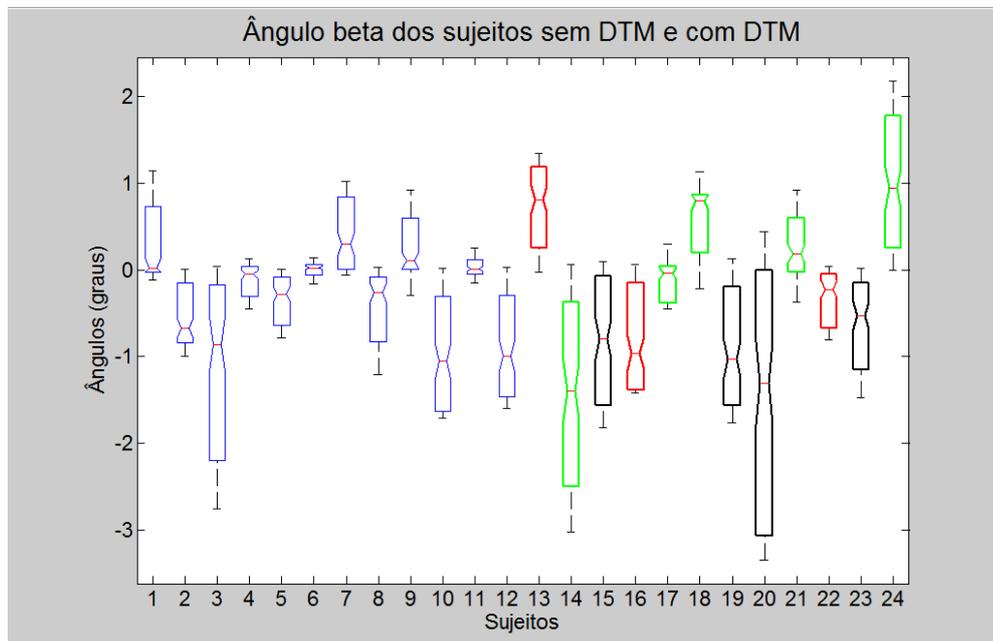
**Figura 67:** A (esquerda) - Valores das curvas médias ângulo  $\beta$  para cada sujeito do grupo sem DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto). B (direita) - Valores das curvas médias ângulo  $\beta$  para cada sujeito do grupo com DTM (azul) em relação a porcentagem do ciclo de abertura/fechamento da mandíbula e a curva média (preto).

## 6.6 COMPARAÇÕES ESTATÍSTICAS ENTRE OS GRUPOS

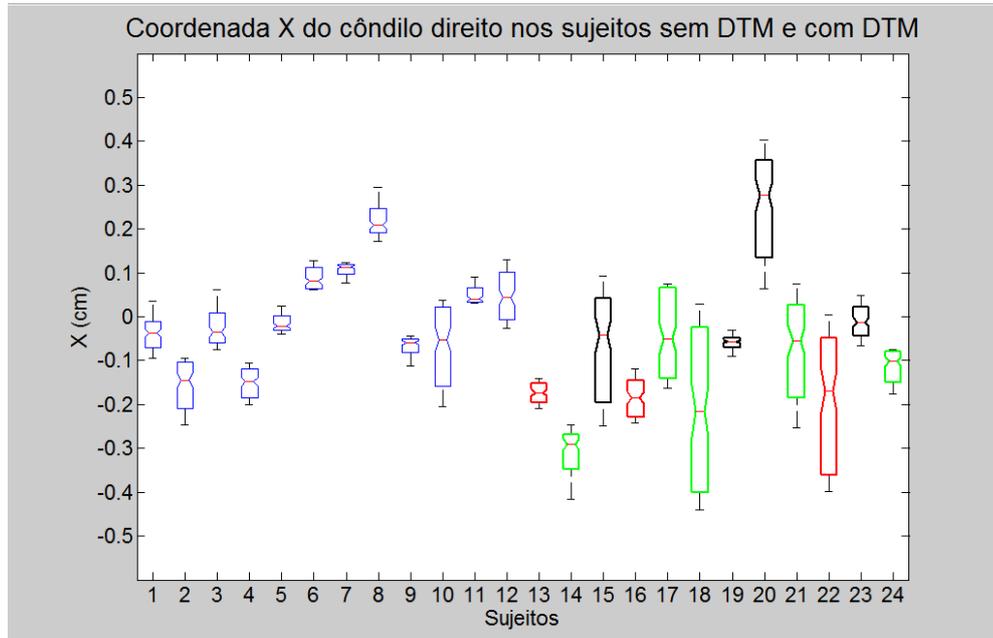
A seguir são apresentados os gráficos tipo *box plot* dos valores médios dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  (figuras 68 e 69) e das projeções X, Y e Z da trajetória dos côndilos direito e esquerdo (figura 70 a 75), dos sujeitos do grupo sem DTM (1 ao 12) e do grupo com DTM (13 ao 24). Para cada sujeito o gráfico mostra uma caixa com a mediana (vermelho) e o primeiro e o terceiro *quartis* da amostra, e nas linhas pontilhadas o segundo e o quarto *quartis*. O intervalo chanfrado do centro da caixa representa o intervalo de confiança para  $p < 0.05$ . Desta forma é possível verificar se a curva média dos sujeitos é significativamente diferente pela não sobreposição dos intervalos de confiança. Para diferenciar os sujeitos do grupo com DTM, os sujeitos classificados pelo do RDC no subgrupo de desordens muscular associado ao deslocamento de disco com redução, estão representados em vermelho, os classificados no subgrupo de desordem muscular, estão representados em verde e os classificados no grupo de deslocamento de disco estão representados em preto.



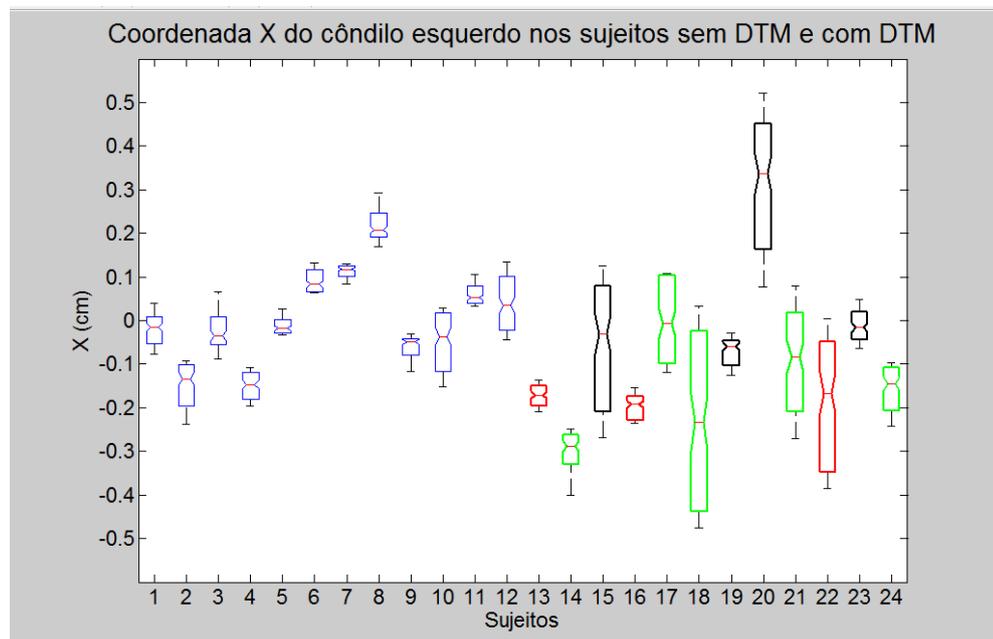
**Figura 68:** Valores médios dos ângulos  $\alpha$  dos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



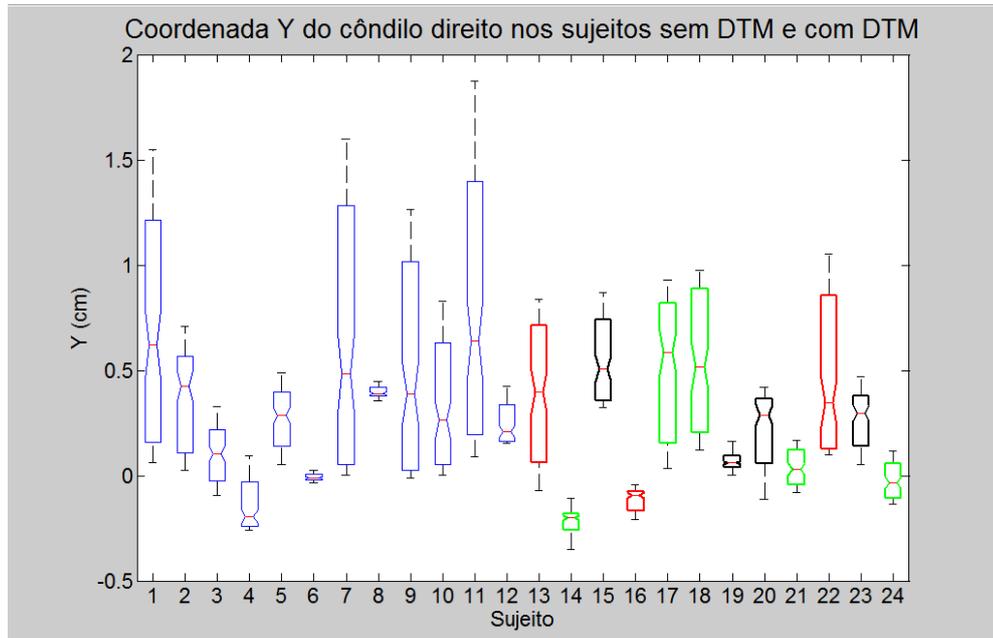
**Figura 69:** Valores médios dos ângulos  $\beta$  dos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



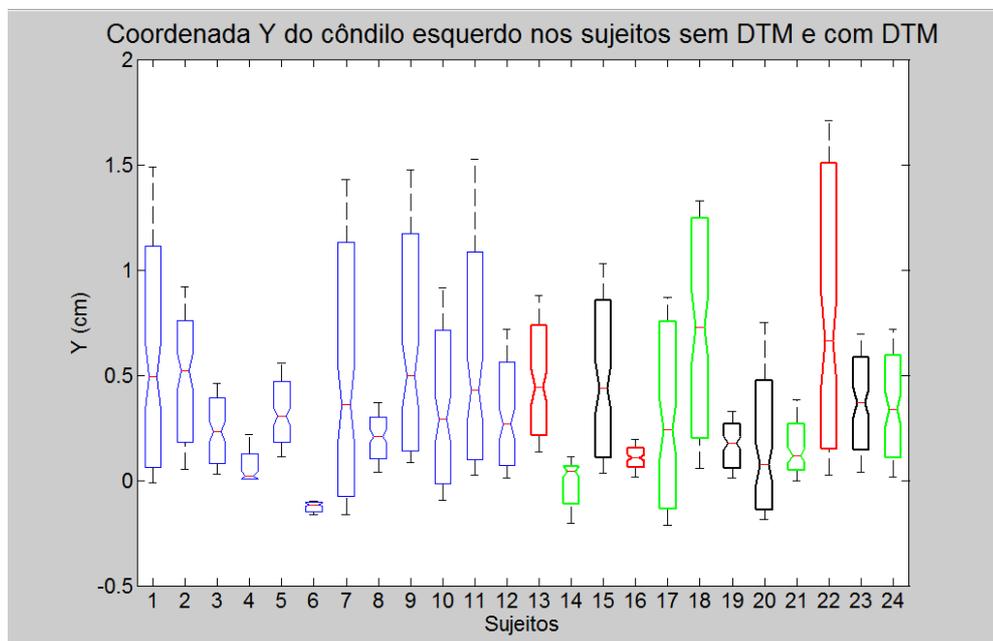
**Figura 70:** Valores médios das coordenadas X em cm do côndilo direito nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com reduç&otilde;o, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



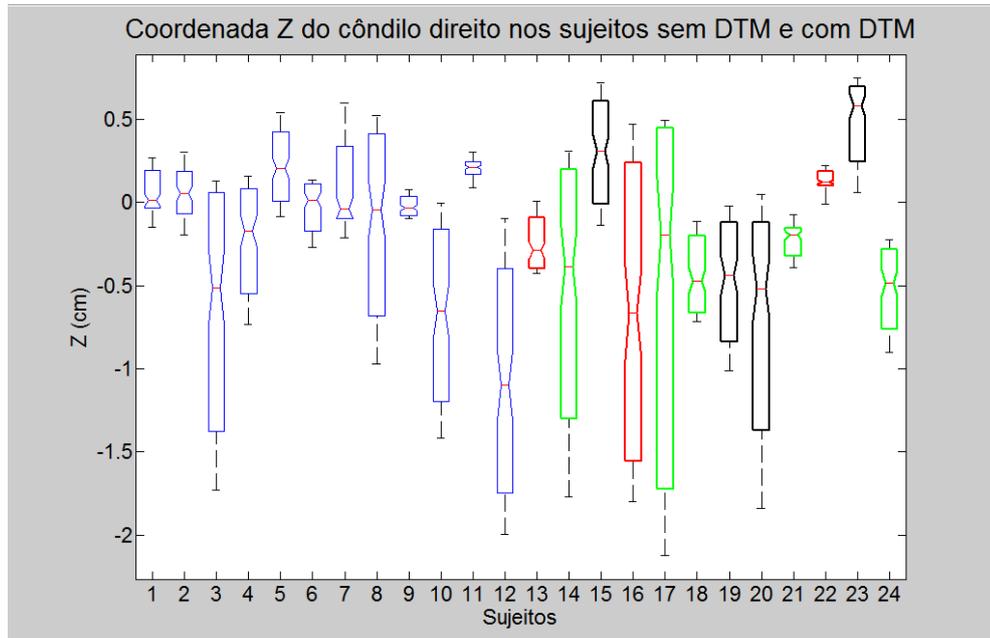
**Figura 71:** Valores médios das coordenadas X em cm do côndilo esquerdo nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com reduç&otilde;o, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



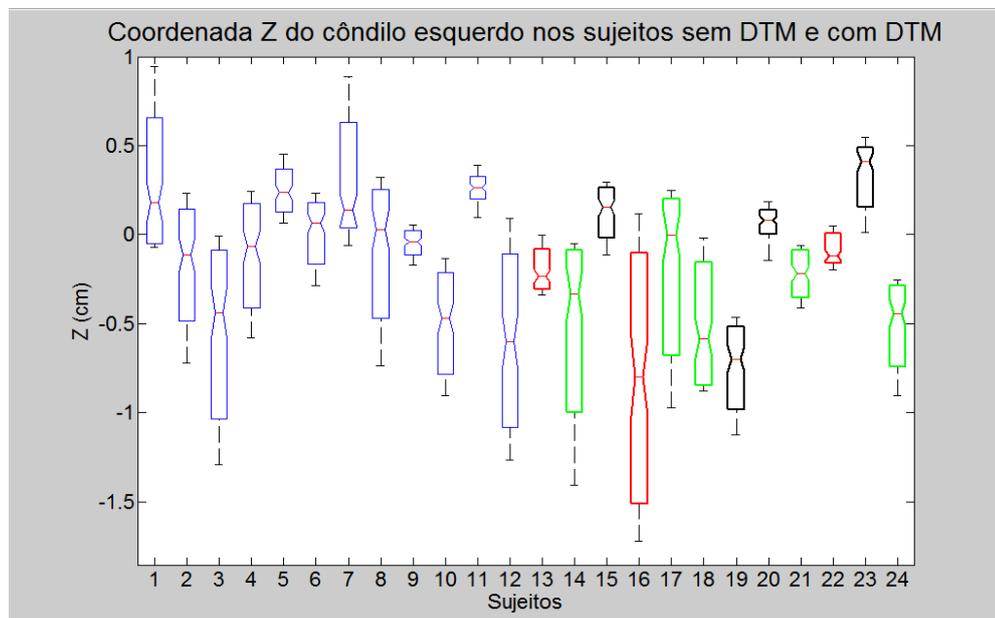
**Figura 72:** Valores médios das coordenadas Y em cm do côndilo direito nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com reduao, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



**Figura 73:** Valores médios das coordenadas Y em cm do côndilo esquerdo nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com reduao, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



**Figura 74:** Valores médios das coordenadas Z em cm do côndilo direito nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.



**Figura 75:** Valores médios das coordenadas Z em cm do côndilo esquerdo nos sujeitos do grupo sem DTM (um ao doze) e do grupo com DTM (13 ao 24). Caixas em azul: sujeitos sem DTM, caixas em vermelho: sujeito com desordens muscular associado ao deslocamento de disco com redução, caixas em verde: sujeitos com desordem muscular e caixas em preto: sujeitos com deslocamento de disco.

## 6.7 COMPARAÇÕES ESTATÍSTICAS ENTRE OS GRUPOS

A tabela 4 mostra os valores dos coeficientes de correlação entre todos os valores médios de cada grupo, para os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e para as coordenadas X, Y e Z dos côndilos

direito e esquerdo entre os grupos sem e com DTM, para  $p < 0.05$ . As curvas médias de cada grupo foram calculadas pelas curvas médias das 29 ciclos de abertura/fechamento de cada sujeito.

**Tabela 4:** Valores dos coeficientes de correlação entre todos os valores médios de cada grupo, para os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e para as coordenadas X, Y e Z dos côndilos direito e esquerdo entre os grupos sem e com DTM.

	Coeficiente de Correlação
Ângulo $\alpha$	0.99
Ângulo $\beta$	0.93
Coordenada X do côndilo direito	0.96
Coordenada X do côndilo esquerdo	0.94
Coordenada Y do côndilo direito	0.97
Coordenada Y do côndilo esquerdo	0.99
Coordenada Z do côndilo direito	0.99
Coordenada Z do côndilo esquerdo	0.99

As tabelas 5 e 6 mostram os valores máximos e médios dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e dos deslocamentos dos côndilos direito e esquerdo nas coordenadas X, Y e Z de cada sujeito do grupo sem DTM e com DTM respectivamente.

**Tabela 5:** Valores máximos e médios dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e dos deslocamentos dos côndilos direito e esquerdo nas coordenadas X, Y e Z no grupo sem DTM.

Sujeitos sem DTM	Ângulo $\alpha$		Ângulo $\beta$		Deslocamento cond. D em X		Deslocamento cond. D em Y		Deslocamento cond. D em Z		Deslocamento cond. E em X		Deslocamento cond. D em Y		Deslocamento cond. D em Z	
	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med
1	30.25	27.50	1.71	1.20	0.21	0.16	1.75	1.54	0.74	0.54	0.21	0.15	1.78	1.55	1.35	1.11
2	32.32	28.06	1.30	0.18	0.38	0.22	1.04	0.80	1.02	0.61	0.32	0.21	1.28	1.01	1.43	1.04
3	17.46	15.87	0.59	0.14	0.26	0.19	0.64	0.48	2.26	1.95	0.30	0.20	0.79	0.51	1.62	1.37
4	19.89	16.74	0.60	0.29	0.26	0.14	0.82	0.47	1.52	1.00	0.29	0.14	0.61	0.32	1.83	0.94
5	13.57	12.07	0.44	0.19	0.31	0.12	0.65	0.56	1.40	0.91	0.31	0.12	0.74	0.60	1.04	0.61
6	12.20	9.98	0.54	0.25	0.27	0.11	0.25	0.13	0.66	0.44	0.28	0.11	0.31	0.12	0.85	0.55
7	23.68	20.70	1.42	1.13	0.32	0.14	1.92	1.74	1.54	1.02	0.32	0.14	2.11	1.74	1.79	1.13
8	13.95	9.98	0.99	0.30	0.33	0.18	0.44	0.21	1.90	1.56	0.33	0.18	0.47	0.37	1.58	1.14
9	20.35	17.76	1.42	1.01	0.30	0.13	1.50	1.33	1.03	0.31	0.30	0.15	1.71	1.45	0.82	0.31
10	11.29	9.52	0.46	0.16	0.38	0.27	1.11	0.89	2.37	1.59	0.30	0.22	1.26	1.08	1.49	0.89
11	33.69	22.85	0.66	0.35	0.20	0.10	3.03	1.85	0.85	0.46	0.21	0.11	2.61	1.55	1.04	0.59
12	19.35	15.71	0.74	0.17	0.30	0.19	0.66	0.33	2.96	1.99	0.32	0.21	0.93	0.74	2.30	1.42
Média	20.67	17.23	0.91	0.48	0.29	0.16	1.15	0.86	1.52	1.03	0.29	0.16	1.22	0.92	1.43	0.93
DP	7.83	6.48	0.44	0.41	0.06	0.05	0.79	0.61	0.73	0.60	0.04	0.04	0.71	0.55	0.44	0.35

Cond.: Côndilo; D: Direito; E: Esquerdo; Max: Máximo; Med: Média; DP: Desvio padrão.

**Tabela 6:** Valores máximos e médios dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e dos deslocamentos dos côndilos direito e esquerdo nas coordenadas X, Y e Z no grupo com DTM.

Sujeitos com DTM	Ângulo $\alpha$		Ângulo $\beta$		Deslocamento cond. D em X		Deslocamento cond. D em Y		Deslocamento cond. D em Z		Deslocamento cond. E em X		Deslocamento cond. D em Y		Deslocamento cond. D em Z	
	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med	Max	Med
1	15.00	12.97	2.09	1.43	0.23	0.12	1.18	0.96	0.69	0.47	0.23	0.13	0.99	0.78	0.51	0.37
2	14.04	12.75	1.37	0.39	0.47	0.26	0.84	0.34	2.51	2.17	0.45	0.26	0.91	0.40	1.75	1.43
3	18.22	15.58	1.02	0.43	0.69	0.40	1.09	0.70	1.37	0.99	0.79	0.47	1.73	1.09	0.87	0.56
4	15.48	8.38	1.20	0.29	0.47	0.23	0.79	0.44	3.46	2.48	0.48	0.23	0.79	0.51	3.05	2.03
5	20.89	14.47	1.33	0.64	0.44	0.31	1.39	1.05	3.77	2.82	0.44	0.31	1.53	1.20	2.46	1.36
6	30.64	27.18	2.79	1.26	0.65	0.51	1.12	0.92	0.87	0.66	0.68	0.55	1.65	1.34	1.56	0.95
7	12.15	10.81	0.39	0.22	0.33	0.14	0.92	0.30	2.97	1.08	0.28	0.16	0.59	0.39	0.47	0.74
8	26.22	23.44	1.80	0.58	0.68	0.40	0.93	0.66	2.74	1.96	0.80	0.51	1.43	1.01	1.08	0.46
9	19.94	15.55	2.14	1.09	0.51	0.36	0.58	0.33	0.65	0.40	0.54	0.38	0.89	0.43	0.94	0.50
10	24.44	20.34	1.05	0.36	0.68	0.48	1.44	1.08	1.11	0.50	0.67	0.46	2.32	1.80	0.97	0.43
11	17.03	11.75	1.14	0.43	0.32	0.21	1.52	0.66	2.61	0.93	0.31	0.20	1.69	0.84	2.44	0.79
12	16.02	13.12	4.16	2.24	0.58	0.17	0.61	0.38	1.47	0.82	0.67	0.22	1.03	0.78	1.81	0.78
Média	19.17	15.53	1.71	0.78	0.50	0.30	1.03	0.65	2.02	1.27	0.53	0.32	1.30	0.88	1.49	0.87
DP	5.52	5.48	1.00	0.61	0.16	0.13	0.31	0.29	1.11	0.85	0.20	0.15	0.51	0.43	0.83	0.50

Cond.: Côndilo; D: Direito; E: Esquerdo; Max: Máximo; Med: Média; DP: Desvio padrão.

A tabela 7 mostra os valores dos coeficientes de correlação entre os valores máximos dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e para as coordenadas X, Y e Z dos côndilos direito e esquerdo de cada sujeito do grupo sem e com DTM (tabelas 5 e 6), para  $p < 0.05$ .

**Tabela 7:** Valores dos coeficientes de correlação entre os valores máximos dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e para as coordenadas X, Y e Z dos côndilos direito e esquerdo de cada sujeito do grupo sem e com DTM.

	Coeficiente de Correlação
Ângulo $\alpha$	- 0.73
Ângulo $\beta$	- 0.02
Coordenada X do côndilo direito	0.46
Coordenada X do côndilo esquerdo	0.54
Coordenada Y do côndilo direito	0.31
Coordenada Y do côndilo esquerdo	-0.19
Coordenada Z do côndilo direito	0.01
Coordenada Z do côndilo esquerdo	-0.01

## 6.8 CLASSIFICAÇÃO DOS SUJEITOS SEGUNDO O RDC/TMD

A avaliação dos sujeitos segundo o RDC/TMD permitiu classificá-los em dois grupos, sendo 12 sujeitos no grupo com DTM e 12 sujeitos no grupo sem DTM. O grupo de sujeitos com DTM foi composto por cinco sujeitos com desordem muscular, três com desordem muscular associado ao deslocamento de disco e quatro com deslocamento de disco sem redução. Entre os dados obtidos pela avaliação dos sujeitos pelo RDC/TMD foram selecionados para análise o padrão de abertura, a presença de ruídos articulares durante o movimento de abertura/fechamento da mandíbula e a classificação nos subgrupos de DTM. A tabela 8 apresenta estes dados dos sujeitos avaliados, assim como o sentido do desvio lateral/medial avaliado através da videogrametria. Quanto ao padrão de abertura da mandíbula dos sujeitos analisados, foram classificados como reto ou com desvio lateral direito ou esquerdo. Entre os classificados como desvio lateral, encontram-se dois tipos: os corrigidos e os não corrigidos. O desvio lateral corrigido é aquele que a mandíbula volta para a linha média antes ou ao alcançar a abertura máxima sem auxílio e um desvio lateral não corrigido é aquele que a mandíbula não volta. Em relação aos ruídos articulares, foram identificados sujeitos com estalidos, que é um ruído de duração rápida e muito limitada, com começo e final nítido, ou sem ruído.

**Tabela 8:** Número do sujeito, padrão de abertura, ruídos articulares durante o movimento de abertura/fechamento, classificação nos subgrupos de DTM segundo o RDC e sentido do desvio lateral/medial (ângulo  $\beta$ ) avaliado através da videogrametria.

GRUPO SEM DTM				
Sujeito	Padrão de Abertura	Ruídos	Subgrupo	Ângulo $\beta$
1	Reto	Sem ruído	Sem DTM	Direita
2	DLEC - S	Sem ruído	Sem DTM	Esquerda
3	DLENC	Sem ruído	Sem DTM	Esquerda
4	DLEC - S	Es - D - A/F	Sem DTM	Esquerda
5	Reto	Sem ruído	Sem DTM	Esquerda
6	DLENC	Es - D - A	Sem DTM	Esquerda
7	Reto	Sem ruído	Sem DTM	Direita
8	Reto	Sem ruído	Sem DTM	Esquerda
9	DLEC - S	Sem ruído	Sem DTM	Direita
10	Reto	Sem ruído	Sem DTM	Esquerda
11	DLENC	Es - D - A	Sem DTM	Direita
12	Reto	Sem ruído	Sem DTM	Esquerda
GRUPO COM DTM				
Sujeito	Padrão de Abertura	Ruídos	Subgrupo	Ângulo $\beta$
1	DLENC	Es - D/E - A/F	Muscular + DDCR	Direita
2	DLEC - S	DLEC - S	Muscular	Esquerda
3	DLDNC	Es - D/E - A	DDCR	Esquerda
4	DLEC - S	Es - D - A/F	Muscular + DDCR	Esquerda
5	DLEC - S	Es - D - A	Muscular	Esquerda
6	Reto	Sem ruído	Muscular	Direita
7	DLEC - S	Sem ruído	DDCR	Esquerda
8	DLEC - S	Es - D - A/F	DDCR	Esquerda
9	Reto	Sem ruído	Muscular	Direita
10	DLDC - S	Es - D/E - A/F	Muscular + DDCR	Esquerda
11	DLEC - S	Es - D - A	DDCR	Esquerda
12	DLDNC	Sem ruído	Muscular	Direita

DLENC: Desvio lateral esquerdo (não corrigido); DLEC - S: Desvio lateral esquerdo corrigido ("S");  
 DLDNC: Desvio lateral direito (não corrigido); DLDC - S: Desvio lateral direito corrigido ("S");  
 DDCR: Deslocamento de disco com redução; Es: Estalido; E: Esquerda; D: Direita; A: Abertura; F: Fechamento.

## 7 DISCUSSÃO

A descrição do movimento da mandíbula permite comparações quantitativas a partir dos ângulos  $\alpha$  (abertura/fechamento) e  $\beta$  (desvio lateral/medial). Dessa forma é possível obter informações não só em função do tempo, mas também em função destes ângulos.

Ao analisar o comportamento dos ângulos  $\alpha$  de abertura/fechamento, de cada um dos sujeitos do grupo sem DTM (figuras 18 a 29), nota-se que alguns sujeitos, como os sujeitos 1, 3, 9 (figuras 18, 20 e 26), apresentam um padrão de abertura/fechamento uniforme, isto é, apresentam valores máximos muito próximos e mínimos também, com baixa variabilidade, durante as 30 repetições do movimento estudado. O sujeito 2 (figura 19) apresenta um comportamento uniforme a partir da 11<sup>a</sup> abertura. Os outros sujeitos apresentam um comportamento variável quanto a estes valores. Por exemplo, o sujeito 3 apresenta valores máximos que variam de 15.86° a 18.52° e mínimos de -0.36° a 2.77°. Os sujeitos 6, 8, 11 e 12 (figuras 23, 25, 28 e 29), apresentam variações mais expressivas em relação ao ângulo  $\alpha$ , sendo que o sujeito 8 apresenta valores máximos do ângulo  $\alpha$  variando de 8.49° a 16.05° e mínimos variando de 0.49° a 4.10°. Pode-se afirmar que quando sujeitos sem DTM são solicitados a realizarem abertura/fechamento da mandíbula repetidamente, de maneira confortável, não mantém um padrão quanto ao ângulo de abertura máximo.

Entre os sujeitos do grupo com DTM, os sujeitos 1, 2, 7 e 8 (figuras 30, 31, 36 e 37) apresentam valores máximos e mínimos do ângulo  $\alpha$  com pouca variabilidade. Os sujeitos 3, 4, 11 e 12 (figuras 32, 33, 40 e 41) são os que apresentam maior variabilidade. O sujeito 4 é o que apresenta variações mais expressivas, diferenciando-se dos outros indivíduos do grupo com DTM, assim com dos sujeitos do grupo sem DTM. Analisando o comportamento do ângulo  $\alpha$  do sujeito 5 (figura 34), percebe-se que os períodos de transição entre o final da abertura e o início do fechamento é prolongado, bem como o período entre dois ciclos. Pode-se verificar que o sujeito simplesmente demora um tempo maior nessas posições, fato este, que pode ser comprovado pelas imagens do movimento.

Não só quanto ao ângulo de abertura/fechamento da mandíbula, mas em todas as variáveis obtidas, ângulo  $\beta$  e coordenadas das trajetórias dos côndilos, cada sujeito apresenta características próprias. Pode-se determinar um padrão e abertura/fechamento representativo para os sujeitos que apresentam pouca variabilidade durante os diferentes ciclos. Mas não para os grupos como um todo.

A análise do comportamento dos ângulos  $\beta$ , que correspondem aos ângulos de desvios laterais/mediais, confirmam que o padrão de movimento de abertura é individual, podendo o

sujeito apresentar desvios laterais ou deflexões, independente de ter DTM. No grupo sem DTM, os sujeitos 3, 7 e 10 (figuras 20, 24 e 27) apresentam um comportamento mais uniforme do ângulo de desvio lateral/medial, apresentando valores máximos muito próximos e mínimos também, durante as 30 repetições do movimento estudado. Já os sujeitos 4, 6 e 8 (figuras 21, 23 e 25), apresentam uma maior variabilidade em relação ao comportamento dos valores máximos e mínimos do ângulo  $\beta$ , sendo que o sujeito 4, por exemplo, alterna movimentos com e sem desvio. No grupo sem DTM, pode-se ver que quatro sujeitos apresentam padrão de abertura desvio lateral para a direita e oito sujeitos para a esquerda. Relacionando esses dados com as informações sobre o padrão de abertura da mandíbula utilizando o RDC/TMD, quatro sujeitos apresentaram o mesmo sentido do desvio lateral, sendo eles os sujeitos 2, 3, 4 e 6 (figuras 19, 20, 21 e 23), com o sentido do movimento para a esquerda, sendo que pelo RDC, o padrão de abertura dos sujeitos 2, 4 e 6 são classificados como sendo um desvio lateral esquerdo corrigido (“S”) e do sujeito 3 é classificado como sendo um desvio lateral esquerdo não corrigido.

No comportamento do ângulo  $\beta$  no grupo com DTM, os sujeitos 7 (figura 36) e 12 (figura 41) apresentam um comportamento mais uniforme do ângulo de desvio lateral/medial, apresentando valores máximos e mínimos praticamente constantes durante todo o movimento. Já os sujeitos 5 (figura 34) e 10 (figura 39), apresentam uma maior variabilidade em relação ao comportamento do ângulo  $\beta$ . Verifica-se que quatro sujeitos apresentam como padrão de abertura o desvio lateral para a direita e oito sujeitos para a esquerda. Relacionando esses dados com as informações sobre o padrão de abertura da mandíbula utilizando o RDC/TMD, sete sujeitos apresentaram o mesmo sentido de desvio lateral, sendo eles os sujeitos 2, 4, 5, 7, 8 e 11 (figuras 31, 33, 34, 36, 37, 40), com o sentido do movimento para a esquerda, e o sujeito 12 (figura 41), com o sentido do movimento para a direita. Os sujeitos 2, 4, 5, 7, 8 e 11 são classificados como tendo um desvio lateral esquerdo corrigido (“S”) e o sujeito 12 é classificado como tendo um desvio lateral direito não corrigido, segundo o RDC.

Segundo Fukuy *et al.* (2002), a morfologia facial pode ser um fator que causa as diferenças individuais na amplitude de movimento de abertura da mandíbula. Já Koolstra (2002), cita que a diferença na ativação muscular, podem ser o responsável por essas diferenças individuais na amplitude dos movimentos. Além disso, a solicitação de realizar os movimentos de maneira confortável não permite discutir quanto os valores da amplitude, apenas quanto à repetibilidade deste valor.

Ao comparar o padrão de abertura quanto a presença de desvios laterais segundo o RDC/TMD, como proposto por Dworkin & LeResche (1992), com o ângulo de desvio

lateral/medial da mandíbula calculado pela videogrametria (tabela 8), percebe-se que existem diferenças no sentido do desvio lateral/medial em alguns sujeitos, considerando os três primeiros movimentos de abertura/fechamento, como é feito no RDC. A análise do ângulo  $\beta$  pela videogrametria mostra que durante as 30 repetições do movimento estudado, um mesmo sujeito pode apresentar diferentes comportamentos do movimento de desvio lateral/medial da mandíbula, o que pode acontecer devido ao número de repetições do movimento.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com os dados da literatura, como citado por Biasotto-Gonzalez (2005) e Okenson (2008), demonstrando, de forma quantitativa, que o funcionamento de cada uma das ATMs é independente, com movimentos próprios para cada lado, porém, associados e simultâneos, como visto principalmente nos sujeitos 1, 10 e 12 (figuras 18, 27 e 29) do grupo sem DTM e nos sujeitos 8 e 10 (figuras 37 e 39) do grupo com DTM. Esses dados também estão de acordo com os estudos de Traver *et al.*, (2000) e Buschang *et al.*, (2001) que obtiveram como resultados de seus trabalhos que os movimentos dos côndilos variam entre os indivíduos e que também há diferença entre o movimento do côndilo direito e esquerdo em um mesmo sujeito. Segundo Zwijnenburg *et al.* (1996) e Peck *et al.* (1997), variações na morfologia dos côndilos, pode influenciar nas características dos movimentos condilares.

As trajetórias dos côndilos mandibulares foram quantificadas pelas coordenadas X, Y e Z, descritas em relação a um sistema fixo no crânio. Estas variáveis permitem determinar os valores dos deslocamentos em cada direção, assim como as assimetrias entre a movimentação dos côndilos de cada lado que, apesar de apresentarem necessariamente o mesmo padrão, podem apresentar valores diferentes. A análise das coordenadas das trajetórias dos côndilos direito e esquerdo no grupo sem DTM (figuras 42 a 53), mostram diferenças do comportamento entre os côndilos direito e esquerdo de cada sujeito. Os sujeitos 5, 6 e 9 (figuras 46, 47 e 50), são os que apresentam comportamento dos dois côndilos mais uniforme durante o movimento de abertura/fechamento. Já os sujeitos 1, 10 e 12 (figuras 42, 51 e 53), são exemplos de comportamentos diferentes entre as trajetórias dos côndilos em um mesmo sujeito. No sujeito 1, o côndilo esquerdo apresenta um maior deslocamento na coordenada Z, quando comparado a essa mesma coordenada do côndilo direito, e as trajetórias dos sujeitos 10 e 12 apresentam maior deslocamento dos côndilos direito na coordenada Z, quando comparado ao côndilo esquerdo na mesma coordenada. De um modo geral, os côndilos no grupo sem DTM, apresentaram um maior deslocamento na direção Z, seguido da direção Y e posteriormente X.

Analisando essas mesmas coordenadas da trajetória dos côndilos direito e esquerdo no grupo com DTM (figuras 54 a 65), também existe diferença do comportamento entre os côndilos direito e esquerdo de cada sujeito. Os sujeitos 1, 6 e 9 (figuras 54, 59 e 62), são os que apresentam comportamentos mais uniformes entre as trajetórias dos dois côndilos durante o movimento de abertura/fechamento. Já os sujeitos 8, 10 e 12 (figuras 61, 63 e 65), são exemplo do comportamento diferente entre os as trajetórias dos dois côndilos em um mesmo sujeito. No sujeito 8, a trajetória do côndilo direito apresenta um maior deslocamento na direção Z, quando comparada a essa mesma coordenada do côndilo esquerdo. Nos sujeitos 10 e 12, percebe-se que a trajetória do côndilo esquerdo apresenta um maior deslocamento na coordenada Y, quando comparado a essa mesma coordenada do côndilo direito. Assim como no grupo sem DTM, as trajetórias dos côndilos no grupo com DTM apresentaram um maior deslocamento na direção Z, seguido da direção Y e posteriormente da direção X. Observa-se ainda que, o movimento dos côndilos durante a abertura/fechamento ocorre predominantemente nos eixos Y e Z, que correspondem, aproximadamente, às direções pósterio-anterior e vertical, respectivamente, corroborando com os resultados apresentados por Travers *et al.* (2000).

As curvas médias dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  de cada indivíduo e a curva média dos grupos sem DTM e com DTM (figuras 66 e 67) foram normalizadas em função do ciclo de abertura e fechamento para possibilitar comparações estatísticas. Quando se compara as curvas médias dos grupos nas duas variáveis, observa-se comportamento similar tanto nas características da curva, quanto à variabilidade em relação às curvas médias de cada sujeito. Na comparação das curvas médias dos grupos do ângulo  $\alpha$  observa-se maior valor no grupo sem DTM e no ângulo  $\beta$ , maior valor de ângulo de desvio lateral no grupo com DTM. Observa-se também que a variabilidade das curvas médias do ângulo  $\alpha$  dos sujeitos com DTM é maior que no grupo sem DTM.

Nas figuras de 68 a 75 são apresentados os gráficos tipo *box plot* das variáveis ângulos e coordenadas dos côndilos direito e esquerdo. Estes gráficos são uma maneira de apresentar uma comparação estatística visualizada pelos intervalos de confiança ( $p < 0.05$ ), representados pela parte chanfrada na região central de cada caixa. A figura 68 apresenta esse tipo de gráfico para os valores médios dos ângulos  $\alpha$  dos sujeitos dos dois grupos e, pelo intervalo de confiança percebe-se que os grupos não são significativamente separáveis, bem como não há diferença estatística entre a maioria dos sujeitos. Na figura 69, pelo comportamento dos valores médios do ângulo  $\beta$  de cada sujeito, existem diferenças significativas entre vários sujeitos, porém não entre os dois grupos. Em cada grupo existem

sujeitos significativamente diferentes um dos outros, alguns com grande variabilidade, dada pelo comprimento da caixa. Os sujeitos com menor variabilidade encontram-se no grupo sem DTM.

Os gráficos *box plot* dos valores médios da coordenada X dos côndilos direito e esquerdo (figuras 70 e 71) são bastante próximos. Pode-se observar que a principal diferença entre os grupos nesta variável, é dada pela menor variabilidade dos valores médios dos sujeitos sem DTM. Já nos gráficos dos valores médios das coordenadas Y e Z dos côndilos (figuras 72 e 75), o comportamento da trajetória não apresenta o mesmo comportamento quanto à variabilidade em todos os sujeitos, exemplificando a diferença encontrada entre a movimentação dos côndilos direito e esquerdo. Em todos os casos também não é possível separar estatisticamente os dois grupos, mas é possível realizar análises individualizadas.

Para todas as variáveis foi feita correlação entre os grupos sem DTM e com DTM, para verificar a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) de que há diferença na movimentação da mandíbula entre os grupos sem e com DTM ( $H_0$ : Grupo sem DTM = Grupo com DTM). Essa hipótese foi rejeitada em todas as variáveis contínuas, e foi aceita a hipótese alternativa de que não há diferença entre os grupos sem e com DTM ( $H_a$ : Grupo sem DTM  $\neq$  Grupo com DTM). A semelhança estatística pode ser visualizada pelos coeficientes de correlação apresentados na tabela 4. Pode-se verificar que todas as variáveis apresentam valores altos de correlação, permitindo afirmar que os valores médios dos grupos não são significativamente diferentes. Cada curva média apresenta grande variabilidade de sujeito para sujeito, e as curvas médias individuais também apresentam grande variabilidade, portanto, não sendo representativas dos grupos, indicando que cada sujeito deve ser analisado individualmente.

As variáveis contínuas em função do tempo estudadas mostraram a impossibilidade de separar os grupos. Porém, algumas variáveis discretas têm grande importância no comportamento da movimentação da mandíbula, que pode apresentar características de restrição em diferentes variáveis do movimento da mandíbula de sujeitos com DTM. Por esta razão foram apresentadas na tabela 5 e 6 o valor máximo, determinado entre os valores máximos de cada um dos ciclos em cada sujeito, para cada uma das oito variáveis contínuas apresentadas nesse trabalho. Nestas tabelas também foram apresentados os valores médios dos máximos de cada sujeito. A partir desses valores foram calculados os coeficientes de correlação entre os valores máximos dos sujeitos de cada grupo, apresentados na tabela 7. Assim, as variáveis valor máximo do ângulo  $\beta$  e trajetória Z dos côndilos direito e esquerdo, com coeficiente de correlação de  $-0.02$ ,  $0.01$  e  $-0.01$ , respectivamente, confirmaram a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) de que há diferença na movimentação da mandíbula entre os grupos

sem e com DTM. É importante ressaltar que a direção Z aqui apresentada depende do sistema crânio construído em relação ao qual a trajetória do côndilo está descrita.

Desta forma, pode-se afirmar que sujeitos com DTM apresentam valores máximos de deslocamento lateral/medial da mandíbula superiores aos sujeitos sem DTM, bem como os valores máximos do deslocamento dos côndilos na direção Z.

## 8 CONCLUSÃO

O método utilizado se mostrou útil e de grande acurácia para a análise individual do padrão de movimento de abertura/fechamento da mandíbula, possibilitando obter uma série de variáveis que fornecem informações sobre o comportamento do movimento da mandíbula de sujeitos com DTM.

O diferencial desta pesquisa em relação aos estudos apresentados no item estado da arte está principalmente na colocação dos marcadores de forma não invasiva, uma vez que, todas as pesquisas citadas, utilizaram marcadores que estavam fixados diretamente na arcada dentária ou por meio de um aparato por dentro da boca, que certamente alteram o padrão do movimento da mandíbula. O protocolo utilizado favorece as análises, uma vez que o sujeito em movimento é visto simultaneamente com os marcadores, o que nem sempre acontece em sistemas desse tipo.

Pela análise dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  e das trajetórias dos côndilos em função do tempo, é possível afirmar que o padrão de movimento de abertura/fechamento é complexo e individual, onde um mesmo sujeito apresenta comportamentos diferentes durante movimentos repetidos de abertura/fechamento, independente de ter ou não DTM.

Análises das trajetórias dos côndilos demonstraram que em todos os sujeitos analisados, os côndilos direito e esquerdo apresentam funções independentes durante o movimento de abertura/fechamento da mandíbula, sendo que essa variação da amplitude de movimento dos côndilos varia entre os sujeitos, tendo eles DTM ou não.

Separar indivíduos dos grupos sem DTM e com DTM através do método proposto, e encontrar um padrão de movimento entre os sujeitos do mesmo grupo, ou subgrupo de DTM, não foram possíveis através do método proposto.

Associações entre o padrão de movimento de abertura da mandíbula, avaliado através do RDC e o ângulo de desvio lateral/medial obtido através da análise por videogrametria foram possíveis quanto o sentido do deslocamento lateral em alguns sujeitos, considerando os três primeiros movimentos de abertura/fechamento da mandíbula.

Pode-se concluir que a análise dos movimentos da mandíbula por videogrametria é uma ferramenta importante, pois, permite quantificar variáveis que associadas a uma adequada anamnese, fornecem informações úteis para o correto diagnóstico da DTM e conseqüentemente um tratamento mais eficaz e individualizado.

Para a realização de trabalhos futuros pode-se sugerir a realização do movimento de abertura/fechamento em amplitude máxima, bem como movimentos de lateralidade da mandíbula. Pode-se propor um protocolo para padronização da duração do ciclo de diferentes movimentos, utilizando um sinal sonoro repetido com mesmo intervalo e treinando os sujeitos para tal. Uma perspectiva importante pode estar na associação da descrição do movimento por videogrametria com análises eletromiográficas dos músculos que participam da movimentação da mandíbula.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y. I.; KARARA, H. M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. **ASP/UI Symposium on close-range photogrammetry**, Falls Church, VA, American Society of Photogrammetry. 1971.

ARAÚJO, A. G. N.; ANDRADE, L. M.; BARROS, R. M. L. Sistema para análise cinemática da marcha humana baseado em videogrametria. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 2, n.1, p. 3-10, jan.-abr. 2005.

BALTALI, E. *et al.*(a) A method for quantifying condylar motion in patients with osteoarthritis using an electromagnetic tracking device and computed tomography imaging. **Journal of Oral Maxillofac Surg**, v. 66, p. 848-857, 2008.

BALTALI, E. *et al.*(b) Kinematic assessment of the temporomandibular joint before and after partial metal fossa eminence replacement surgery: A prospective study. **Journal of Oral Maxillofac Surg**, v. 66, p. 1383-1389, 2008.

BIASOTTO-GONZALEZ, D. A. **Abordagem interdisciplinar das disfunções temporomandibulares**. 1. Ed. São Paulo: Manole, 2005.

BRANCO, R. S. *et al.* Frequência de relatos de parafunções nos subgrupos diagnósticos de DTM de acordo com os critérios diagnósticos para pesquisa em disfunção temporomandibulares (RDC/TMD). **R. Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v. 13, n. 2, p. 61-69, 2008.

BUMANN, A.; LOTZMANN, U. **Disfunção temporomandibular: diagnóstico funcional e princípios terapêuticos**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BUSCHANG, P. H. *et al.* Incisor and mandibular condylar movements of young adult females during maximum protrusion and lateratrusion of the jaw. **Archives of Oral Biology**, v. 46, p. 39-48, 2001.

DERPÁ, P. P.; BREZIKOFER, R. Comparação de atletas do voleibol através da análise cinemática e dinâmica de trajetórias de bolas de saque. **R. da Educação Física/UEM**, v. 15, n. 1, p. 7-15, 2004.

DE KANTER, R. J. *et al.* Prevalence in the Dutch adult population and a meta-analysis of signs and symptoms of temporomandibular disorder. **Journal of Dental Research**, v. 72, p. 1509-1518, 1993.

DWORKIN, S. F. *et al.* Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: Clinical signs in cases and controls. **Journal of American Dental Association**, v. 120, 273-281, 1990.

DWORKIN, S.F.; LERESCHE, L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: Review, criteria, examinations and specifications, critique. **Journal of Craniomandibular Disorders: Facial & Oral Pain**, v.6, n. 4, p. 301-355, 1992.

DO CARMO, A. A. *et al.* Análise integrada da movimentação dos membros superiores e membros inferiores na marcha de indivíduos hemiparéticos. In: **XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 2005, João Pessoa.

FANG, J. J.; KUO, T. H. Modelling of Mandibular Movement. **Computers in Biology and Medicine**, 2008, doi: 10.1016/j.compbiomed.2008.09.001

FERRARIO, V. F. *et al.* Quantification of translational and gliding components in human temporomandibular joint during mouth opening. **Archives of Oral Biology**, v. 50, p. 507-515. 2005.

FERRARIO, V. F. *et al.* Immediate effect of a stabilization splint on masticatory muscle activity in temporomandibular disorder patients. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 29, p. 810-815, 2002.

FIGUEROA, P. J.; LEITE, N. J.; BARROS, R. M. L. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 72, p. 155-165, 2003.

FUKUY, T. *et al.* Correlation between facial morphology, mouth opening ability, and condylar movement during opening-closing jaw movements in female adults with normal occlusion. **European Journal of Orthodontics**, v.24, p.327-336, 2002.

FUSHIMA, K. *et al.* Analysis of the TMJ intraarticular space variation: a non-invasive insight during mastication. **Medical Engineering & Physics**, v.25, p. 181-190, 2003.

GALO, R. *et al.* The effect of age on the function of the masticatory system – An electromyographical analysis. **Gerodontology**, v. 23, p. 177-182, 2006.

JONH, M. T.; DWORKIN, S. F.; MANCL, L. A. Reliability of clinical temporomandibular disorder diagnoses. **Pain**, v. 118, p. 61-69, 2005.

KOOLSTRA, J. H. Dynamics of the human masticatory system. **Critical Reviews in Oral Biology & Medicine**, v. 13, n.4, p. 366- 376, 2002.

LERESCHE, L. Epidemiology of temporomandibular disorders: Implications for the investigation of etiologic factors. **Critical Reviews in Oral Biology & Medicine**, v. 8, n.3, p. 291- 305, 1997.

LOULA, C. M. A. *et al.* Análise dos volumes parciais do tronco durante a respiração por videogrametria. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 5, n. 9, p. 21-27, 2004.

MANUAL PROJETO HOMEM VIRTUAL – ARTICULAÇÃO TEMPOMANDIBULAR, 2003. Disponível em <[www.projetohomemvirtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf](http://www.projetohomemvirtual.com.br/downloads/ManualHVATM.pdf)>. Acesso em: 14 de Outubro de 2008.

MIRANDA, J. S.; MARQUES, J. S.; MERCADANTE, L. A. Método para descrição da movimentação da mandíbula por videogrametria. In: **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, 2008, Salvador.

MISSAKA, R. *et al.* Development of an experimental optoelectronic device to study the amplitude of mandibular movements. **Braz Oral Res**, v. 22, n. 2, p. 151-157, 2008.

MOLINA, O. F. Fisiopatologia craniomandibular: oclusão e ATM. 2. ed. São Paulo: Pancast, 1995.

MORAES, L. C. Imagens da ATM: Técnicas de exames. **J. Bras. Ortodon. Ortop. Facial**, v.6, n. 36, p. 502-507, dez. 2001-jan. 2002.

NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

OKESON, JEFFREY P. **Management of temporomandibular disorders and occlusion**. 6. ed. USA: Elsevier, 2008.

PECK, C. C. I *et al.* The variability of condilar point path ways in open-close jaw movements. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 77, n.4, p. 394-404, 1997.

PEREIRA Jr. F. J. *et al.* Critérios de diagnóstico para pesquisa das disfunções temporomandibulares (RDC/TMD): Tradução oficial para a língua portuguesa. **Jornal Brasileiro de Clínica Odontológica Integrada**, v. 8, n. 47, p. 384-395, 2004

RODA, R. P. Review of temporomandibular joint pathology. Part I: Classification, epidemiology and risk factors. **Med Oral, Patol Oral, Cir Bucal**, v. 12, p. 292-298, 2007.

RUDY, T. *et al.* Empirically-derived RDC axis-1 classification of TMD patients. **J Dent Res**, v.75, p. 217, 1996. (Spec Iss)

SARRO, K. J.; BARROS, R. M. L. Análise das variações ântero-posteriores e transversais da caixa torácica durante a respiração usando videogrametria. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 6, n. 10, p. 51-58, 2005.

SCHMITTER, M. *et al.* Validity of temporomandibular disorder examination procedures for assessment of temporomandibular joint status. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 133, n. 6, p. 796-803, jun. 2008.

SILVATTI, A. P.; SARRO, K. J.; BARROS, R. M. L. Análise de alterações de padrões de movimentação e volumes parciais do tronco em nadadores. In: **XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, 2005, João Pessoa.

STEENKS, M. H. & WIJER, A. **Disfunções da articulação temporomandibular do ponto de vista da fisioterapia e da odontologia**. 1. ed. São Paulo: Livraria Santos Editora, 1996.

SUVINEN, T. I. *et al.* Vertical jaw separation and masseter muscle electromyographic activity: a comparative study between asymptomatic controls and patients with temporomandibular pain and dysfunction. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 30, p. 765-772, 2003.

TRAVERS, K. H. *et al.* Association between incisor and mandibular condylar movements during maximum mouth opening in humans. **Archives of Oral Biology**, v. 45, p. 267-275, 2000.

TRUELOVE, E. L. *et al.* Clinical diagnostic criteria for TMD: New classification permits multiple diagnoses. **J Am Den Assoc**, v. 23, p. 47 - 54, 1992.

VON KORFF, M. *et al.* Chronic pain and use of ambulatory health care. **Psychosomat Med**, v. 53, p. 61-79, 1991.

VON KORFF, M.; LERESCHE, L. DWORKIN, S. F. First onset of common pain symptoms: A prospective study of depression as a risk factor. **Pain**, v. 55, p. 251-258, 1993.

YOON, H. J. *et al.* Kinematic study of the mandible using an electromagnetic tracking device and custom dental appliance: Introducing a new technique. **Journal of Biomechanics**, v. 39, p. 2325-2330, 2006.

YOON, H. J. *et al.* Kinematic study of the temporomandibular joint in normal subjects and patients following unilateral temporomandibular joint arthroscopy with metal fossa-eminence partial joint replacement. **J Oral Maxillofac Surg**, v. 65, p. 1569-1576, 2007.

ZWIJNENBURG, A.; MEGENS, C. C. E. J. & NAEIJE, M. Influence of choice of reference point on the condylar movement paths during mandibular movements. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 23, p. 832-837, 1996.

## **APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido**

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O projeto de pesquisa “Análise cinemática da articulação temporomandibular em indivíduos portadores de disfunção temporomandibular”, tem como objetivo quantificar o ângulo de abertura da mandíbula e sua movimentação em indivíduos saudáveis e com disfunção temporomandibular.

Os voluntários participarão de uma sessão de perguntas e outra de filmagem com utilização de marcadores fixados à superfície da face durante aproximadamente 3 minutos. As sessões não implicam em nenhum risco ou possibilidade de dor.

Esta pesquisa será desenvolvida seguindo rigorosamente as normas dos órgãos oficiais que regulamentam a pesquisa científica, assegurando sigilo de todos os dados pessoais e imagens obtidas, que serão utilizados apenas para fins científicos. A sua participação é voluntária, podendo o participante desistir a qualquer momento.

Esse documento será impresso em duas vias de igual teor, sendo que uma ficará com o voluntário e uma com os pesquisadores.

Em qualquer momento da aplicação desta pesquisa o voluntário poderá contatar para prestar quaisquer esclarecimentos que sejam necessários:

- Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos (Campus I da Universidade de Mogi das Cruzes – prédio 2 – sala 2121 – 4798-7085)
- Pesquisadores responsáveis, Prof. Dr. Luciano A. Mercadante (4798-7107 ou 8136-5551) ou Ft. Juliana Souza Miranda (8567-3113)

Sendo assim, caso concorde em participar desta pesquisa, expresse sua autorização assinando este termo logo abaixo:

Assinatura: \_\_\_\_\_

R.G: \_\_\_\_\_

Mogi das Cruzes, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

---

Ft. Juliana Souza Miranda  
julianasouzamiranda@uol.com.br

---

Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante  
lucianomerc@yahoo.com.br

**APÊNDICE B** - Artigo *Método para descrição da movimentação da mandíbula* apresentado no 21º congresso brasileiro de engenharia biomédica

## MÉTODO PARA DESCRIÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DA MANDÍBULA POR VIDEOGRAMETRIA

Miranda, J. S. \*, Marques, J. S. \* e Mercadante, L. A. \*\*

\*LaCoM - NPT/Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, Brasil

\*\*LIB - FEF/Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil

e-mail: julianasouzamiranda@uol.com.br

**Abstract:** This work presents a method based on videogrammetry for the determination of jaw rotation angles during the opening/closing movements. Five cycles of jaw movements were analyzed in a subject without any temporomandibular disorder. The Dvideo System was used to obtain the three-dimensional coordinates from two reference systems based on six reflexive markers fixed to the jaw and the head. The opening/closing and lateral/medial angle curves in function of the cycle percentage show that this method allows the determination of the jaw rotations angle as well as the motion pattern of the subject.

**Palavras-chave:** Articular angles, Videogrammetry, Temporomandibular disorder.

### Introdução

A articulação temporomandibular (ATM) é uma das articulações mais complexas do corpo. É capaz de realizar os movimentos de abertura/fechamento, desvios laterais/mediais e protusão/retração [1]. Embora seja uma articulação dupla, cada uma das ATMs pode funcionar de maneira independente, porém, uma sempre sofrerá influência da outra [2]. Assim, conhecer a descrição da movimentação da ATM se faz importante para o estudo da sua função ou disfunção. Em biomecânica a descrição dos movimentos humanos é comumente feita utilizando sistemas baseados em videogrametria, que fornecem a posição tridimensional de pontos de interesse, em função do tempo. Estes pontos são definidos por marcadores associados aos segmentos envolvidos na movimentação. Porém, a aplicação desses sistemas para descrição de movimentos corporais não é simples em função das características da movimentação e dos segmentos envolvidos. Para a descrição da movimentação da mandíbula são necessárias soluções metodológicas relacionadas aos sistemas baseados em videogrametria e à construção de protocolos experimentais específicos. O processo de quantificação e descrição dos movimentos da mandíbula deve solucionar problemas como a definição da posição dos marcadores fixados nos sujeitos, a calibração e sincronização das câmeras utilizadas na obtenção das imagens e a definição de sistemas locais de referência fixos nos segmentos envolvidos, entre outros.

São encontrados na literatura poucos trabalhos que relacionam variáveis cinemáticas do movimento da mandíbula enfocando diferentes funções ou disfunções da ATM. Fushima *et al* [3], utilizaram um sistema baseado em videogrametria para obtenção das coordenadas 3D de pontos fixados em um *cluster*. Um *cluster* é um objeto rígido fixado ao segmento, contendo marcas técnicas que permitem definir sua posição e orientação. A descrição da movimentação da mandíbula é utilizada associada à imagens de ressonância magnética, para analisar a variação do espaço intra-articular no movimento de abertura/fechamento da mandíbula durante a mastigação. Apresentam, neste trabalho, algumas soluções para os problemas relacionados ao protocolo experimental, porém, o sistema baseado em videogrametria é fechado, isto é, não são apresentadas as soluções metodológicas envolvidas.

Esse trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para descrever os ângulos de abertura/fechamento e desvios laterais/medias da mandíbula através de videogrametria.

### Materiais e Métodos

Foram analisados cinco movimentos de abertura/fechamento da mandíbula, denominados ciclos, realizados por um sujeito do sexo masculino, sem sinais e sintomas de disfunção temporomandibular. Seis marcadores esféricos retrorrefletivos de 5 mm de diâmetro foram fixados diretamente na pele do sujeito, sendo três marcadores no segmento mandíbula e três no segmento cabeça. Os três marcadores de cada segmento, cabeça e mandíbula, foram dispostos geometricamente não colineares, e foram utilizados para definição de um sistema de referência fixo em cada um dos segmentos.

O sistema Dvideo [4] foi utilizado para captura on-line das seqüências de imagens, calibração e sincronização temporal das câmeras, medição das coordenadas de tela dos marcadores e reconstrução 3D das coordenadas dos marcadores em função do tempo. Para o tratamento dos dados e determinação das variáveis analisadas foi utilizado o software MatLab®.

Dois computadores conectados a três câmeras digitais JVC, do modelo GR-DVL 9500, associados a três iluminadores, foram utilizados para registrar e

armazenar on-line as seqüências de imagens de cada câmara no formato AVI, com freqüência de aquisição de 60 Hz.

Para calibração das câmeras, um volume de interesse foi definido por 20 pontos com coordenadas 3D conhecidas, representados por marcas fixadas em quatro hastes verticais. O volume de calibração é utilizado pelo sistema Dvideo para reconstrução 3D das coordenadas dos marcadores, baseado no método *DLT (Direct Linear Transformation)* [5].

Para sincronização temporal das câmeras, foi utilizado um sinal sonoro registrado juntamente com as seqüências de imagens, que permitiu a identificação dos quadros correspondentes em tempo nas três diferentes câmeras.

A medição das coordenadas de tela dos marcadores nas três seqüências de imagens foi realizada por rastreamento semi-automático, em função da necessidade de intervenção do operador em determinados trechos.

As coordenadas 3D em função do tempo dos seis marcadores utilizados para construção dos sistemas de referências do segmentos mandíbula e cabeça foram suavizadas utilizando um filtro digital do tipo *Butterworth* passa-baixa de 4ª ordem, com freqüência de corte de 3 Hz, para eliminar os ruídos existentes.

Para definição da posição dos marcadores foi traçada uma linha vertical separando a hemiface direita e esquerda, utilizada para posicionar o marcador 2 na mandíbula, a 1 cm abaixo da base do lábio inferior, e o marcador 5 na maxila, a 0,5 cm acima do ápice do lábio superior. Os marcadores 1 e 3 foram posicionados na mandíbula de maneira simétrica, a 1 cm abaixo do marcador 2 e 2 cm para o lado direito (marcador 1) e esquerdo (marcador 3). Outros dois marcadores foram posicionados na extremidade anterior do arco zigomático direito (marcador 4) e esquerdo (marcador 6).

O sistema de referência fixo na mandíbula foi construído em cada frame, utilizando os marcadores 1, 2 e 3, definido pelos vetores unitários básicos  $i_m$ ,  $j_m$  e  $k_m$ . O vetor unitário  $j_m$ , que corresponde a direção látero-lateral foi definido pelos pontos 1 e 3, dado por:

$$j_m = (P3 - P1) / |P3 - P1| \quad (1)$$

onde  $P3$  e  $P1$  são os vetores posição dos pontos 3 e 1 respectivamente; e  $|P3 - P1|$  é o módulo do vetor  $P3 - P1$ .

Foram definidos dois vetores auxiliares com origem no ponto 2, sendo o vetor  $a = P3 - P2$  e o vetor  $b = P1 - P2$ . A partir desses vetores foi definido o vetor unitário  $i_m$ , perpendicular aos vetores  $j_m$ ,  $a$  e  $b$ , dado por:

$$i_m = (b \times a) / |b \times a| \quad (2)$$

onde  $b$  e  $a$  são os vetores auxiliares;  $b \times a$  é o produto vetorial de  $b$  por  $a$ ; e  $|b \times a|$  é o módulo do produto

vetorial de  $b$  por  $a$ . O vetor unitário  $k_m$  foi definido pelo produto vetorial do vetor  $i_m$  pelo vetor  $j_m$ .

O sistema de referência fixo na cabeça foi construído em cada frame, de maneira similar ao da mandíbula, utilizando os marcadores 4, 5 e 6, e definido pelos vetores unitários básicos  $i_c$ ,  $j_c$  e  $k_c$ . O vetor unitário  $j_c$  corresponde à direção látero-lateral e foi definido pelos pontos 4 e 6, dado por:

$$j_c = (P6 - P4) / |P6 - P4| \quad (3)$$

onde  $P6$  e  $P4$  são as coordenadas do vetor posição dos pontos 6 e 4 respectivamente; e  $|P6 - P4|$  é o módulo do vetor  $P6 - P4$ .

Também foram definidos dois vetores auxiliares com origem no ponto 5, sendo o vetor  $c = P4 - P5$  e o vetor  $d = P6 - P5$ . A partir desses vetores foi definido o vetor unitário  $i_c$ , perpendicular aos vetores  $j_c$ ,  $c$  e  $d$ , dado por:

$$i_c = (d \times c) / |d \times c| \quad (4)$$

onde  $d$  e  $c$  são os vetores auxiliares;  $d \times c$  é o produto vetorial de  $d$  por  $c$ ; e  $|d \times c|$  é o módulo do produto vetorial de  $d$  por  $c$ . O vetor unitário  $k_c$  foi definido pelo produto vetorial do vetor  $i_c$  pelo vetor  $j_c$ .

Foram calculados os ângulos  $\alpha$ , entre os vetores  $i_c$  e  $i_m$ , e o ângulo  $\beta$  entre os vetores  $j_c$  e  $j_m$ . O início e o fim de cada ciclo foi definido pelos valores máximos e mínimos do ângulo  $\alpha$ .

O movimento de abertura/fechamento da mandíbula ocorre no plano sagital, e foi definido pelo ângulo entre os vetores  $i_m$  e  $i_c$ . O desvio lateral/medial ocorre no plano transversal e foi definido pelo ângulo entre os vetores  $j_m$  e  $j_c$ . O valor zero dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  no início de cada ciclo do movimento foi obtido subtraindo o valor do ângulo referente ao instante inicial em cada ciclo. A Figura 1 apresenta uma imagem do sujeito em uma das câmeras, com os marcadores e um esquema dos sistemas locais de referência.

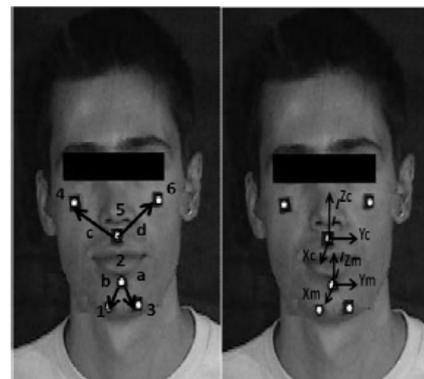


Figura 1: Esquerda – Posição dos marcadores e vetores auxiliares; Direita – Sistema de coordenadas da cabeça e mandíbula.

Esse protocolo de estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Mogi das Cruzes, sob número CAAE – 0117.0.237.000-7.

## Resultados

Um procedimento de verificação da precisão da metodologia proposta foi realizado utilizando as distâncias entre os marcadores posicionados na mandíbula e na cabeça, que devem permanecer constante. Os desvios médios das distâncias estão representados na tabela 1.

Tabela 1: Desvios médios (cm) entre as distâncias dos marcadores da cabeça e mandíbula.

Marcadores	Desvios Médios
1-2	0.02
2-3	0.07
1-3	0.02
5-4	0.03
4-6	0.02
5-6	0.02

A figura 2 mostra o comportamento dos ângulos entre os vetores  $i$ ,  $j$  e  $k$  dos sistemas mandíbula e cabeça em função do tempo. Os ângulos entre os vetores  $i$  e entre os vetores  $j$  estão praticamente sobrepostos.

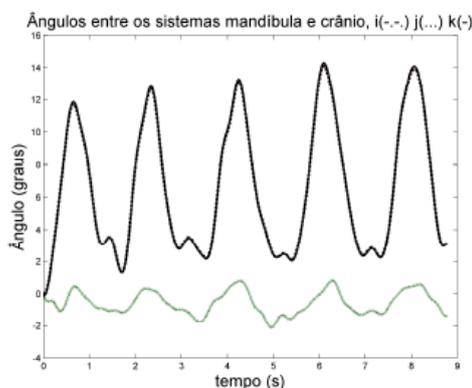


Figura 2: Ângulos entre os vetores  $i$ ,  $j$  e  $k$  dos sistemas mandíbula e cabeça em função do tempo.

As figuras 3 e 4 mostram os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  em função do ciclo do movimento que representam, respectivamente, os movimentos de abertura/fechamento e desvios laterais/mediais, das cinco repetições realizadas e a curva média.

Curvas normalizadas dos ângulos de abertura/fechamento nos cinco ciclos, curva média e desvio padrão

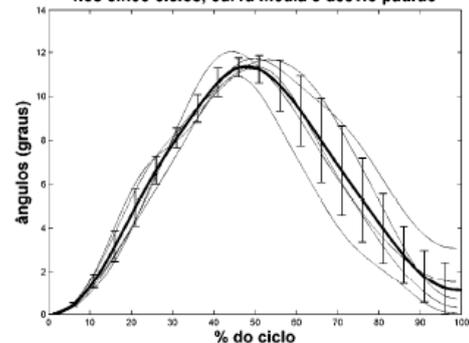


Figura 3: Ângulo  $\alpha$  em função do ciclo do movimento das cinco repetições realizadas (cinza), curva média (preto) e desvio padrão.

Curvas normalizadas dos ângulos de desvios lateral/medial nos cinco ciclos, curva média e desvio padrão

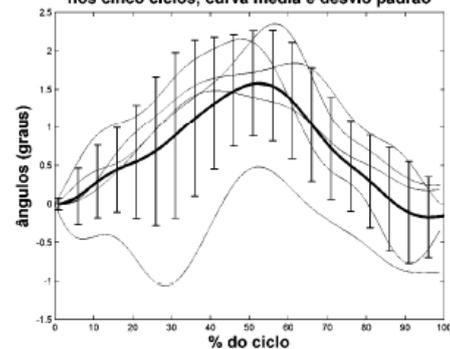


Figura 4: Ângulo  $\beta$  em função do ciclo do movimento das cinco repetições realizadas (cinza), curva média (preto) e desvio padrão.

## Discussão

O procedimento de verificação da acurácia da metodologia proposta, utilizando os desvios médios das distâncias dos marcadores da cabeça e da mandíbula (tabela 1), mostra sua confiabilidade, pois estes valores apresentam pouca variabilidade. O maior valor entre as distâncias dos marcadores da mandíbula, entre os pontos 2 e 3, pode ter ocorrido pela maior movimentação da pele nesse segmento.

Pelo gráfico apresentado na Figura 2 verifica-se um comportamento periódico dos ângulos entre vetores  $i$ ,  $j$  e  $k$  dos sistemas mandíbula e cabeça, indicando a possibilidade de um comportamento uniforme durante todo o ciclo do movimento. Na curva do ângulo entre os vetores  $i$  de cada segmento, pode-se verificar facilmente os pontos de ângulo máximo em cada ciclo.

Porém, os pontos relativos aos ângulos mínimos, quando a mandíbula está fechada, podem estar relacionados a um dos dois vales existentes na curva. Analisando as seqüências de imagens, onde a

movimentação é visível, percebe-se que o primeiro vale corresponde ao primeiro instante da mandíbula fechada, e foi definido como o instante final do ciclo. O que se segue são movimentos que ocorrem com a mandíbula fechada, até o início do novo ciclo de abertura/fechamento. Estes períodos onde a mandíbula encontra-se fechada foram excluídos para a análise do padrão da movimentação da ATM do sujeito.

As curvas dos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  nos cinco ciclos do movimento foram normalizadas em função do ciclo total, para permitir a comparação das mesmas em porcentagem do ciclo, já que o tempo de cada ciclo apresenta valores diferentes. Na figura 3, verifica-se o comportamento do ângulo  $\alpha$ , referente à abertura/fechamento da mandíbula, que apresenta valores máximos de 10.9°, 11.3°, 11.7°, 12.0° e 11.7° em cada ciclo, mostrando pouca variabilidade, indicando um padrão de movimento de abertura/fechamento da mandíbula do sujeito.

Foi possível quantificar os desvios lateral/medial de cada ciclo da movimentação da mandíbula do sujeito em questão, pelo ângulo  $\beta$  (Figura 4). Inicialmente verificou-se o sentido dos desvios laterais, referentes aos ângulos beta, pelos valores das coordenadas y dos pontos da mandíbula. Na abertura o desvio é no sentido lateral esquerdo em todos os ciclos. Os valores máximos das curvas normalizadas para os ângulos  $\beta$  são de 0.5°, 1.1°, 1.8°, 2.1° e 2.3° em cada ciclo. Os valores são relativamente pequenos.

A análise cinemática 3D do movimento através do protocolo proposto nesse estudo, permite quantificar e analisar os ângulos de abertura/fechamento e desvio lateral/medial da mandíbula. Os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  descrevem as rotações realizadas pela mandíbula durante a movimentação. Não foram encontradas na literatura outras descrições dos ângulos de rotações. Fushima *et al* [3] apesar de utilizar essas informações para determinar outras variáveis não apresenta esses valores. As soluções metodológicas referentes a calibração e sincronização das câmeras e filtragem dos dados brutos das coordenadas dos pontos interferem significativamente nos resultados, e por isso foram aqui descritas.

Os procedimentos experimentais realizados nesse trabalho apresentaram diferentes soluções para escolha dos pontos que definem posição e orientação dos segmentos mandíbula e cabeça, em relação à literatura. A opção da colocação de marcadores sobre a pele pode sofrer influência da movimentação desta sobre os ossos dos segmentos e, por isso, foram escolhidos pontos onde essa interferência fosse minimizada. A opção de Fushima *et al* [3] não sofre esta influência, pois os marcadores são posicionados sobre um sistema rígido que é diretamente fixado nos arcos dentais. Por outro lado, o sistema de fixação pode interferir na movimentação da mandíbula, por estar introduzido dentro da boca.

O método aqui proposto será utilizado para relacionar a descrição da movimentação da mandíbula em sujeitos com DTM, com a avaliação clínica segundo

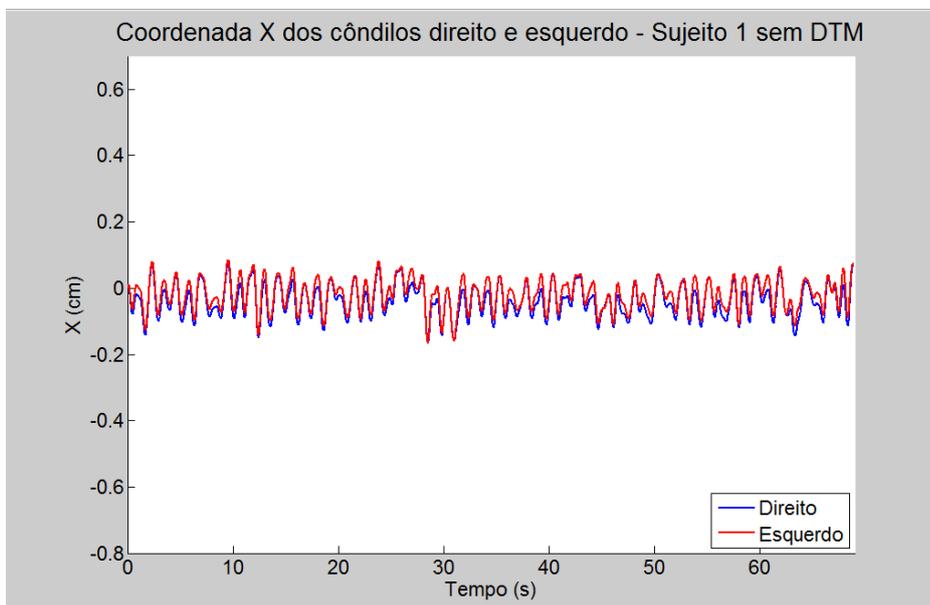
o *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD)* [6], bem como com a descrição da movimentação da mandíbula de sujeitos sem DTM.

## Referências

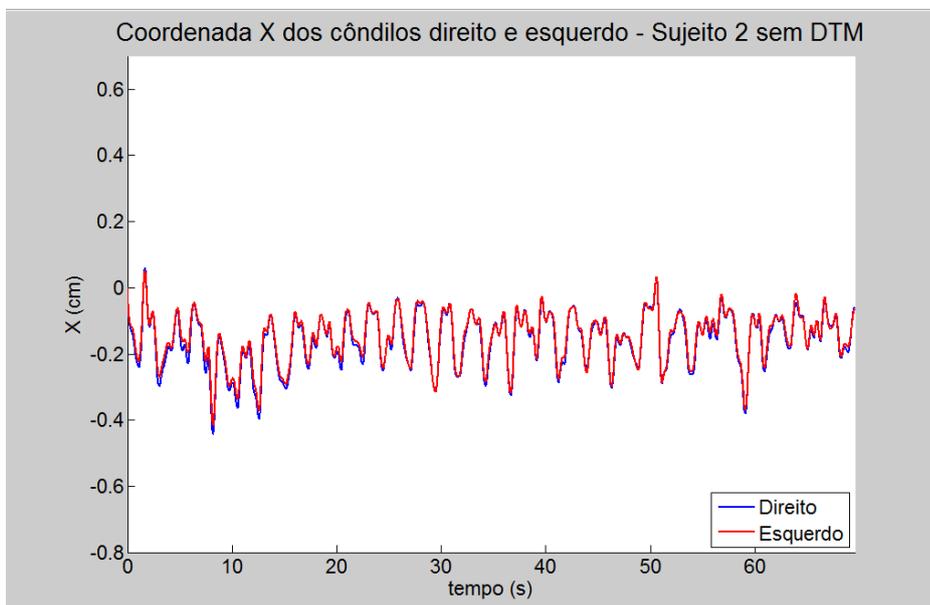
- [1] Okeson, J. P. (2008) "Functional Anatomy and Biomechanics of the Masticatory System", In: *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion*, Ed.: Elsevier, New York, p. 2-24.
- [2] Biasotto-Gonzalez, D. A. (2005) "Músculos", In: *Abordagem Interdisciplinar das Disfunções Temporomandibulares*, Ed.: Manole, São Paulo, p. 17-42.
- [3] Fushima, K., Gallo, L. M., Krebs, M., Palla, S. (2003) "Analysis of the TMJ intraarticular space variation: a non-invasive insight during mastication" *Medical Engineering & Physics*, v. 25, p. 181-190.
- [4] Figueroa, P. J., Leite, N. J., Barros, R. M. L. (2003) "A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis" *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, v. 72, p. 155-165.
- [5] Abdel-Aziz, Y. I., Karara, H. M. (1971) Direct Linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry, Falls Church, VA, American Society of Photogrammetry.
- [6] Pereira Jr, F. J., Favilla, E. E., Dworkin, S., Huggins, K. (2004) "Critérios de diagnóstico para pesquisa das disfunções temporomandibulares (RDC/TMD). Tradução oficial para a língua portuguesa" *Jornal Brasileiro de Clínica Odontológica Integrada*, v. 47, n.8, p. 384-395.

**APÊNDICE C** - Gráficos das coordenadas X, Y e Z separadamente,  
em função do tempo, dos sujeitos do grupo sem DTM

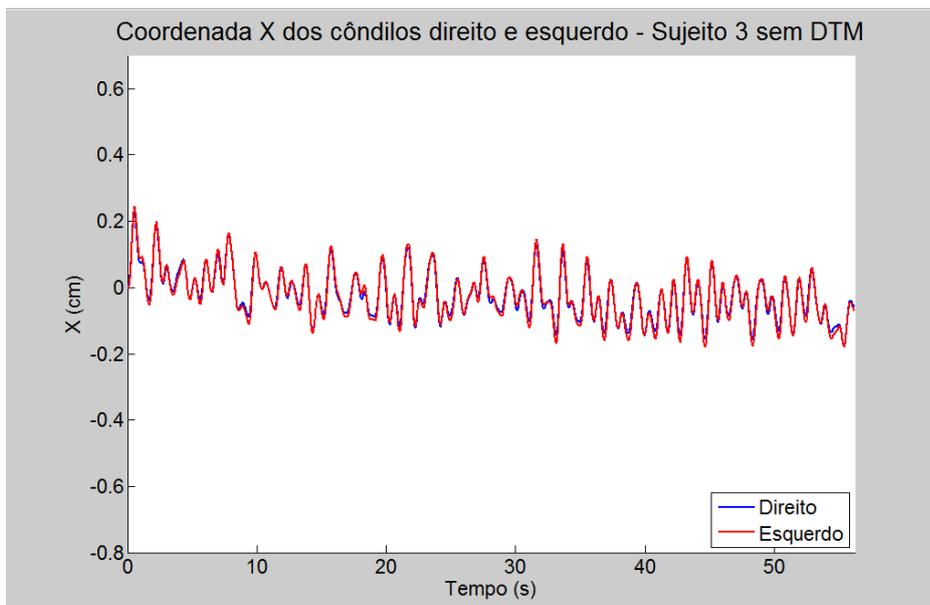
Gráficos das coordenadas X, Y e Z separadamente, em função do tempo, dos sujeitos do grupo sem DTM



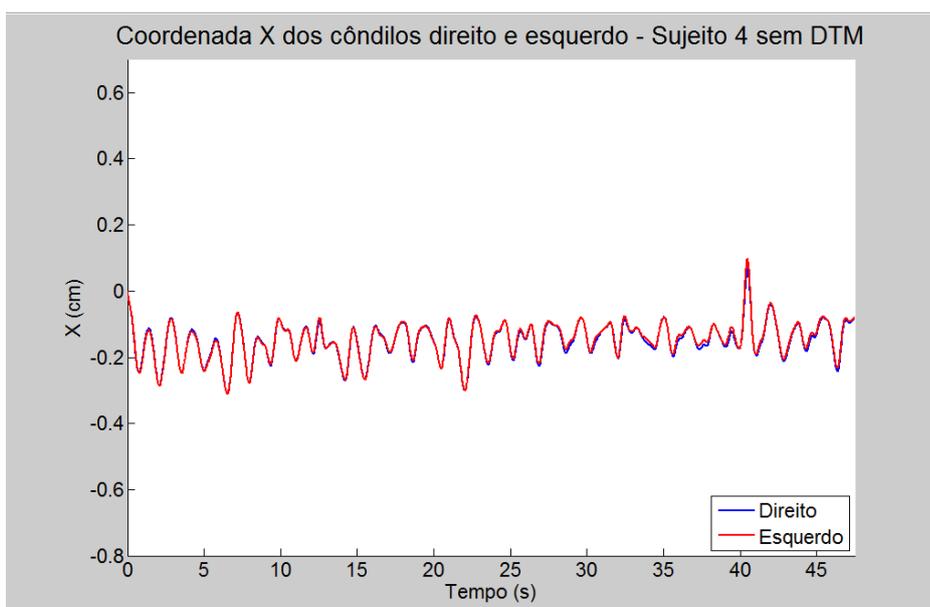
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo sem DTM.



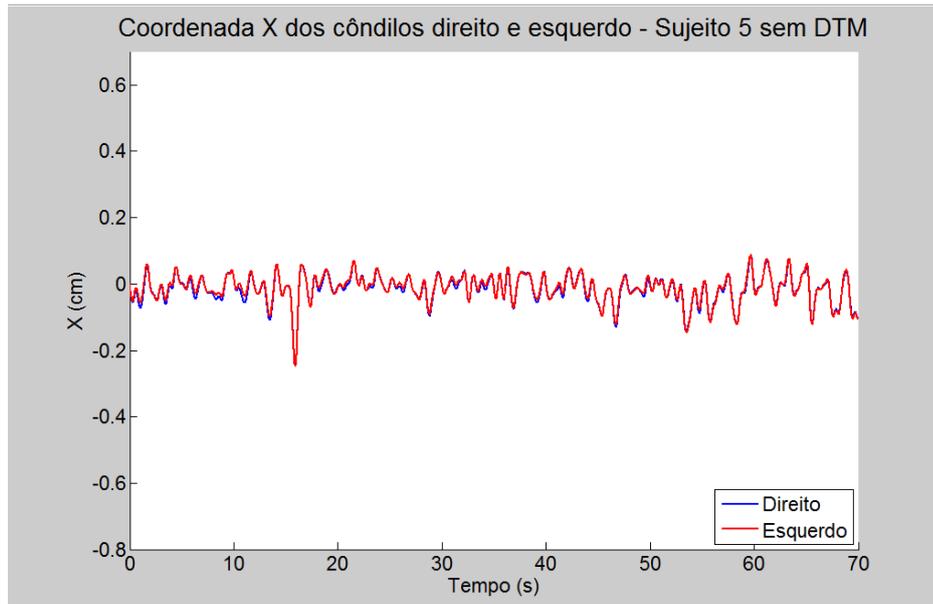
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo sem DTM.



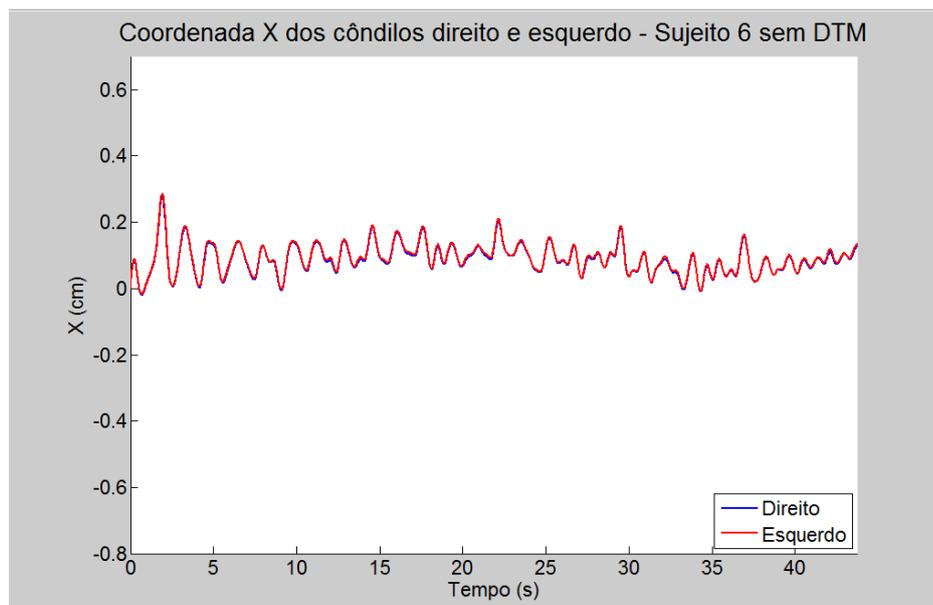
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo sem DTM.



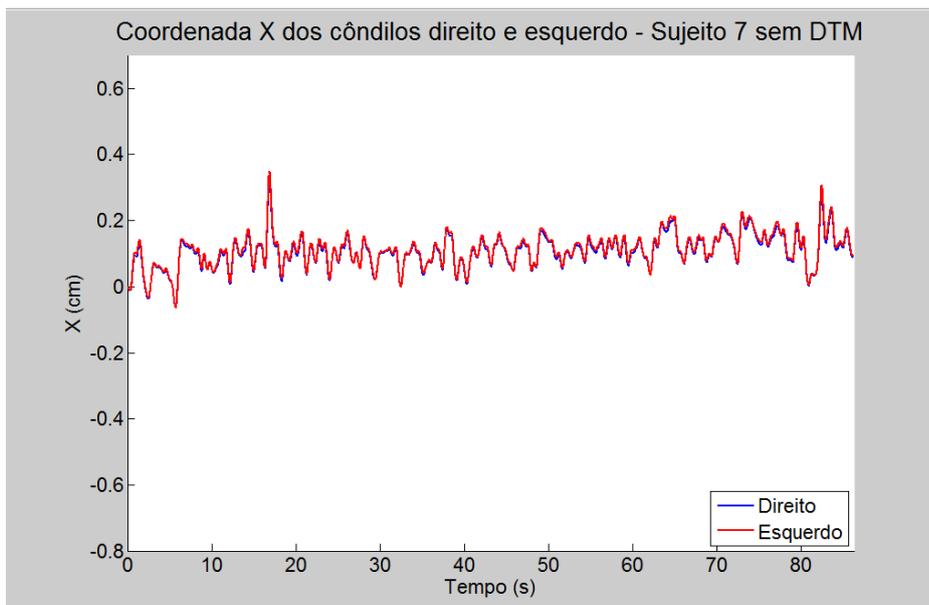
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo sem DTM.



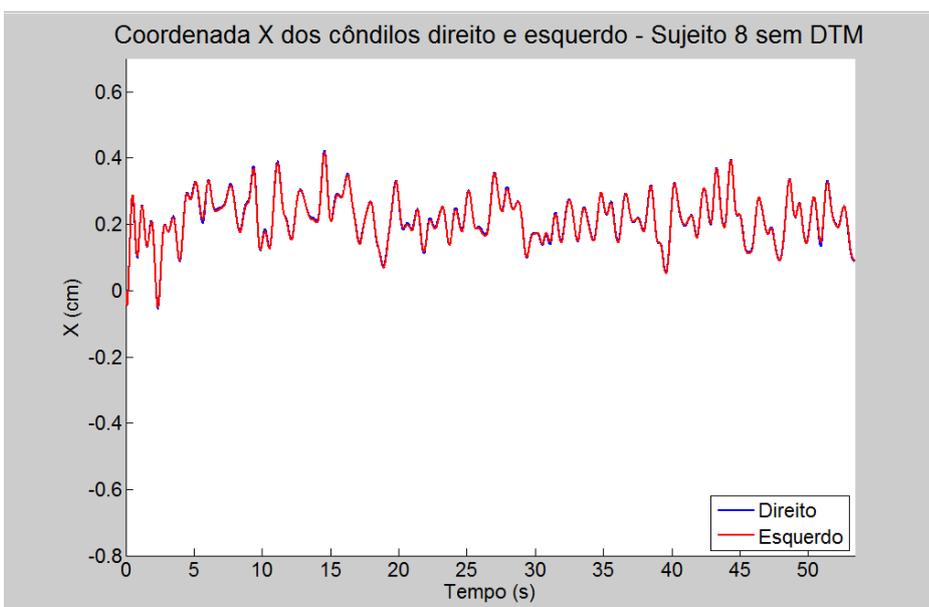
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo sem DTM.



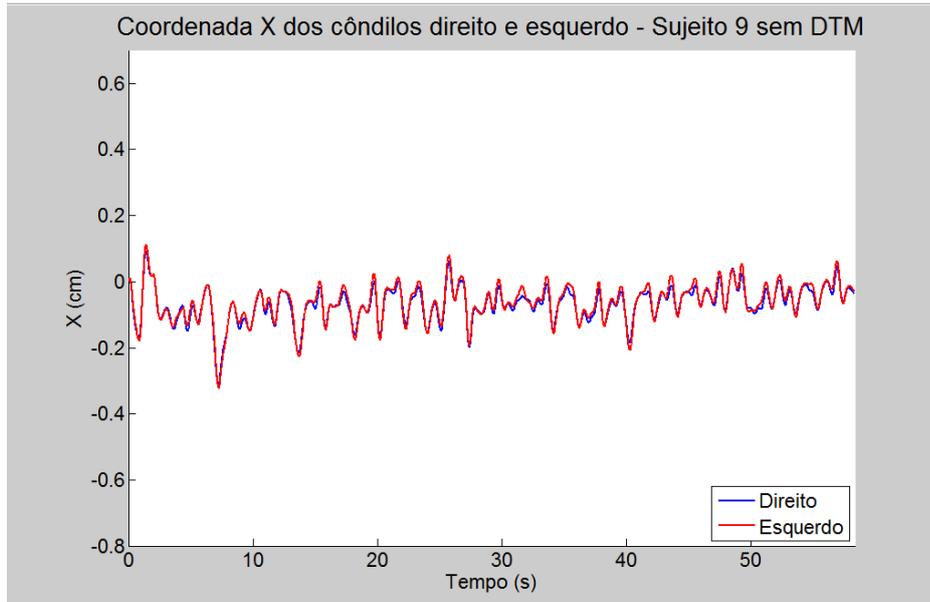
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo sem DTM.



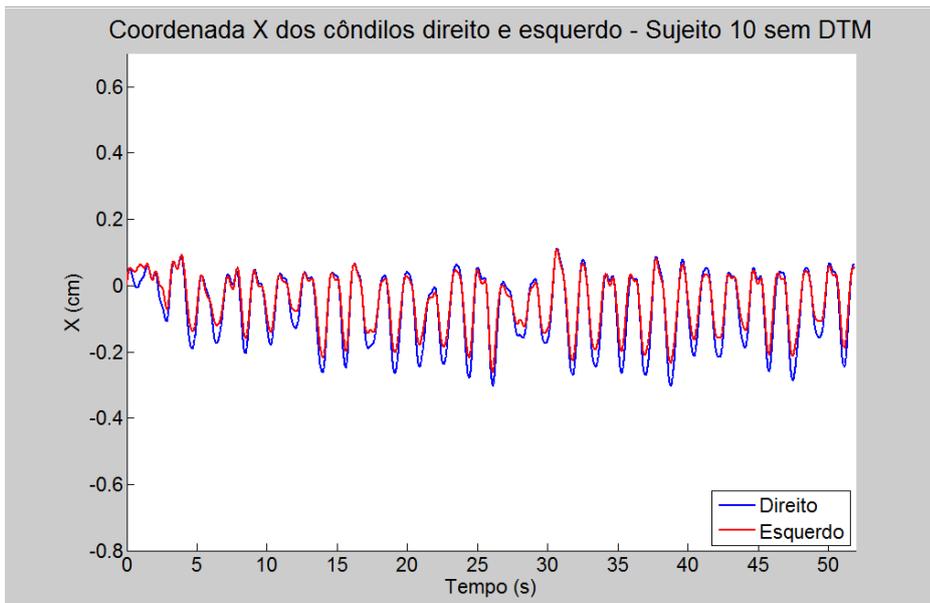
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo sem DTM.



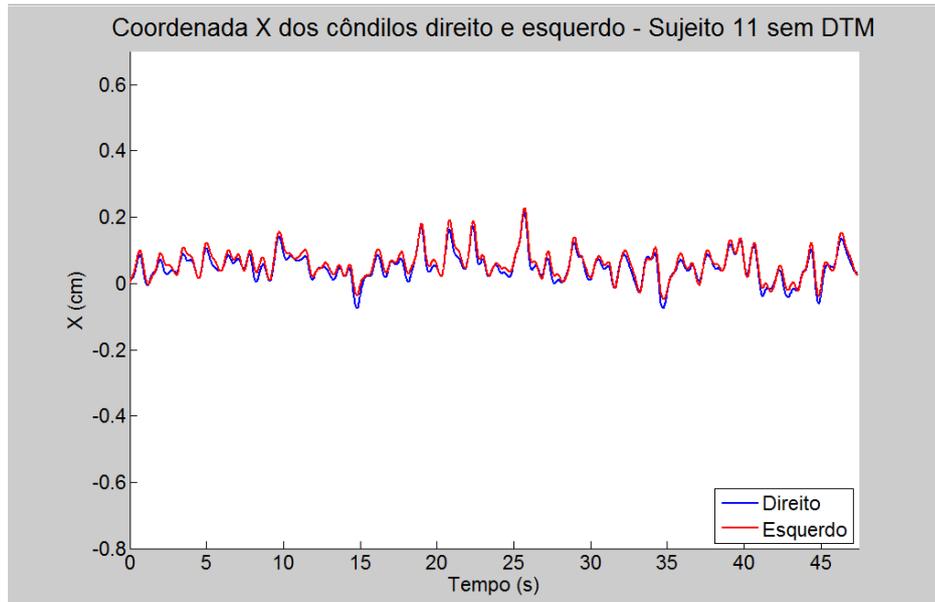
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo sem DTM.



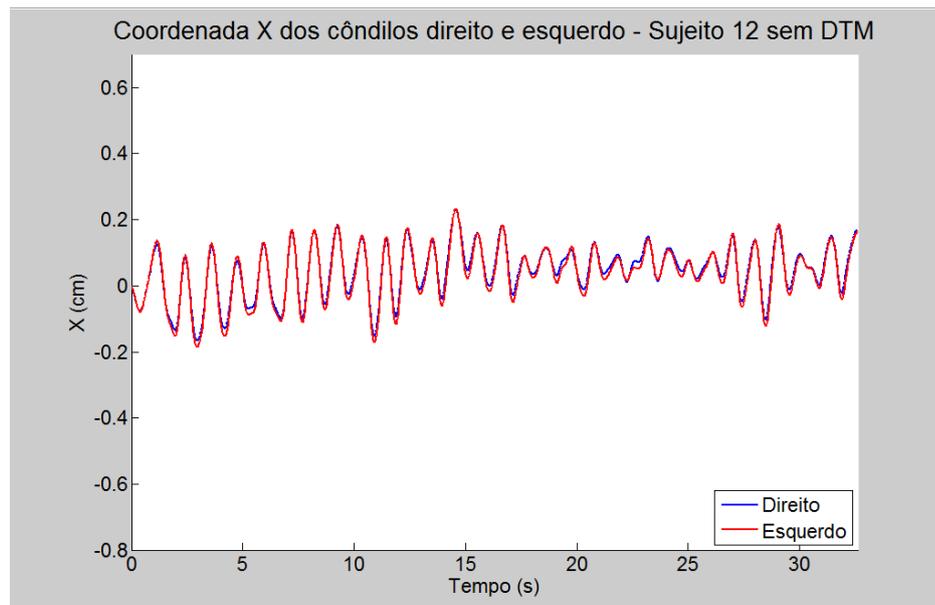
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo sem DTM.



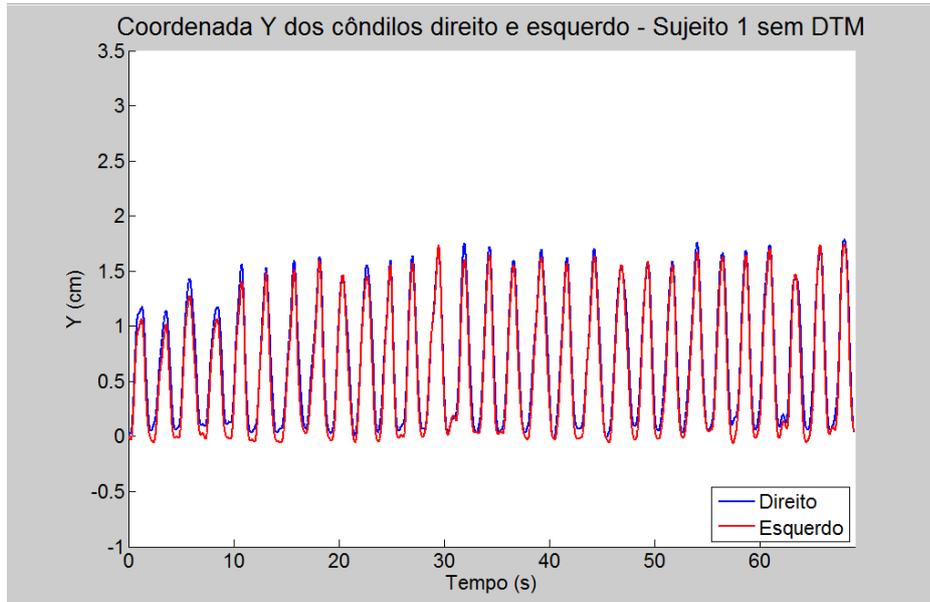
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo sem DTM.



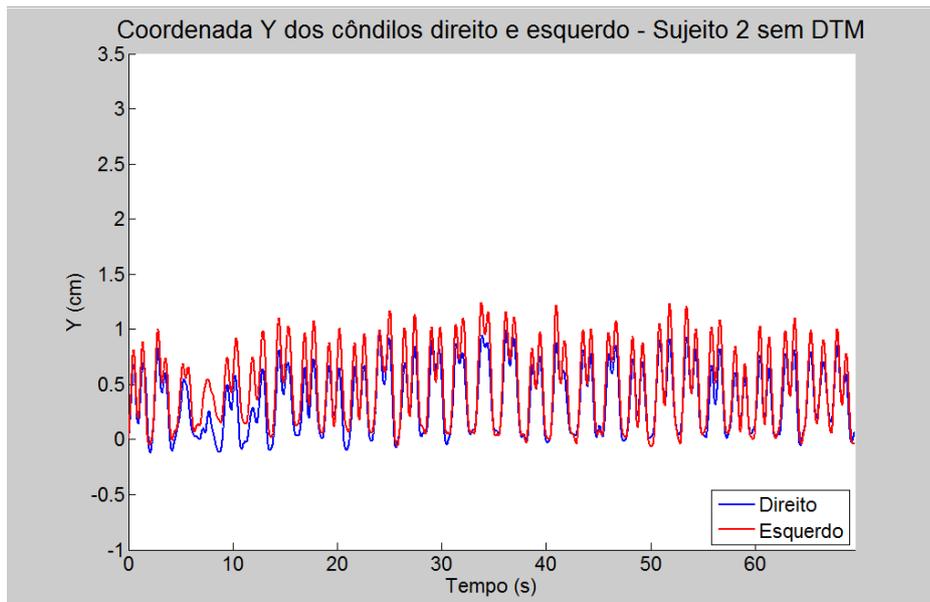
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo sem DTM.



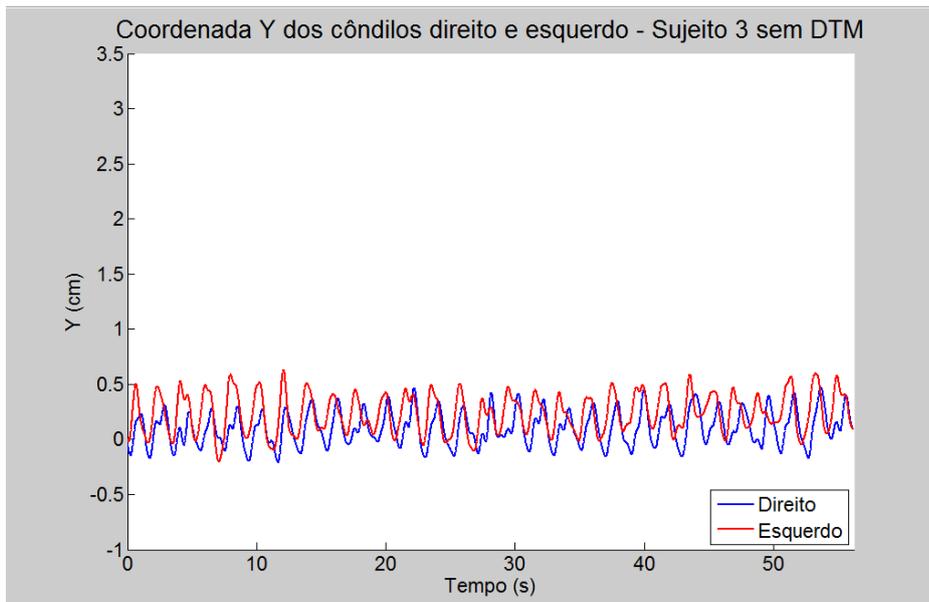
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo sem DTM.



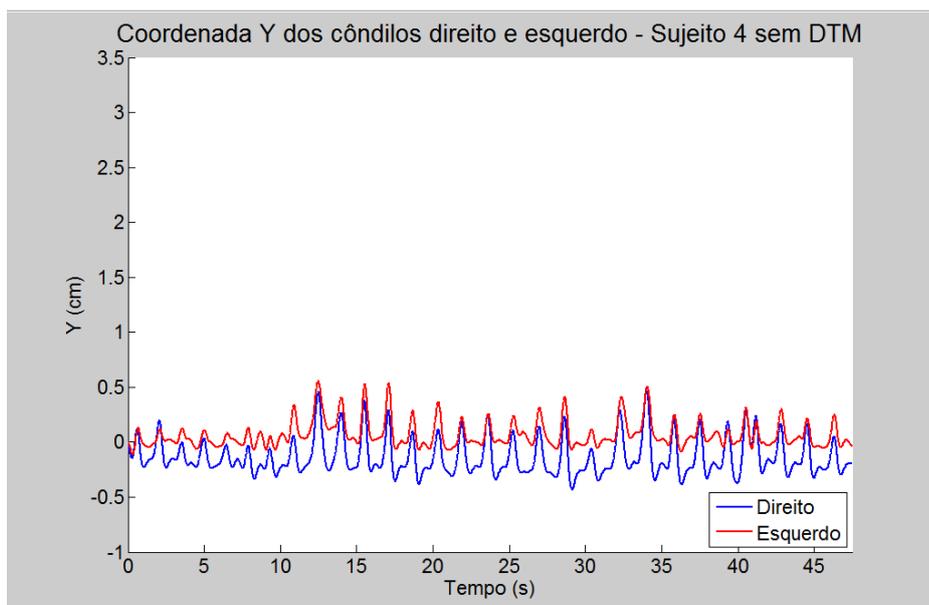
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo sem DTM.



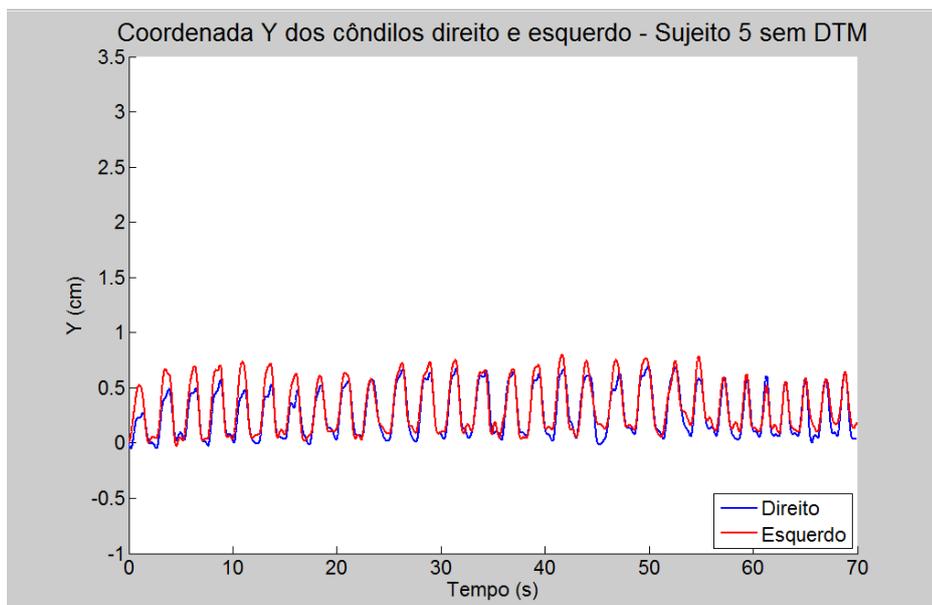
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo sem DTM.



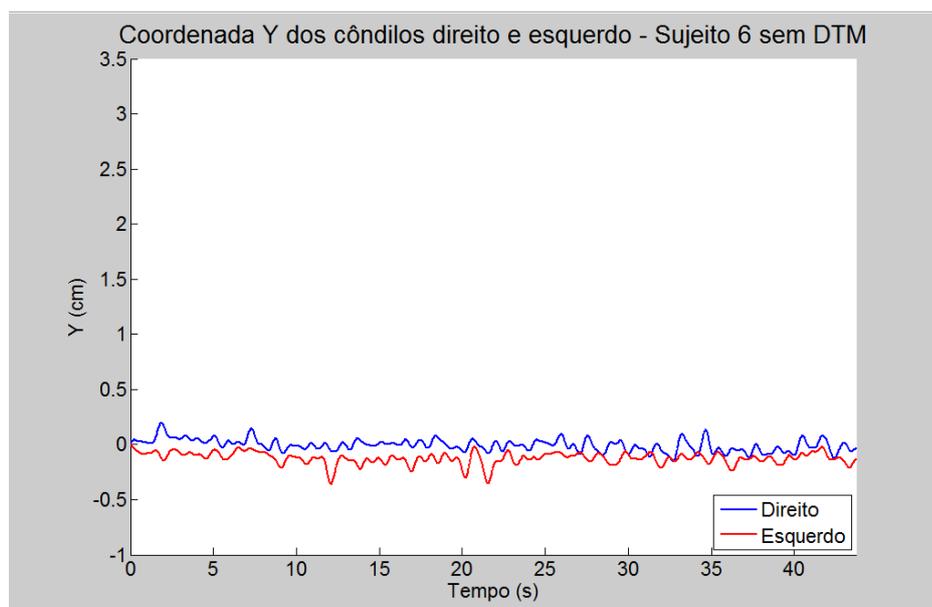
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo sem DTM.



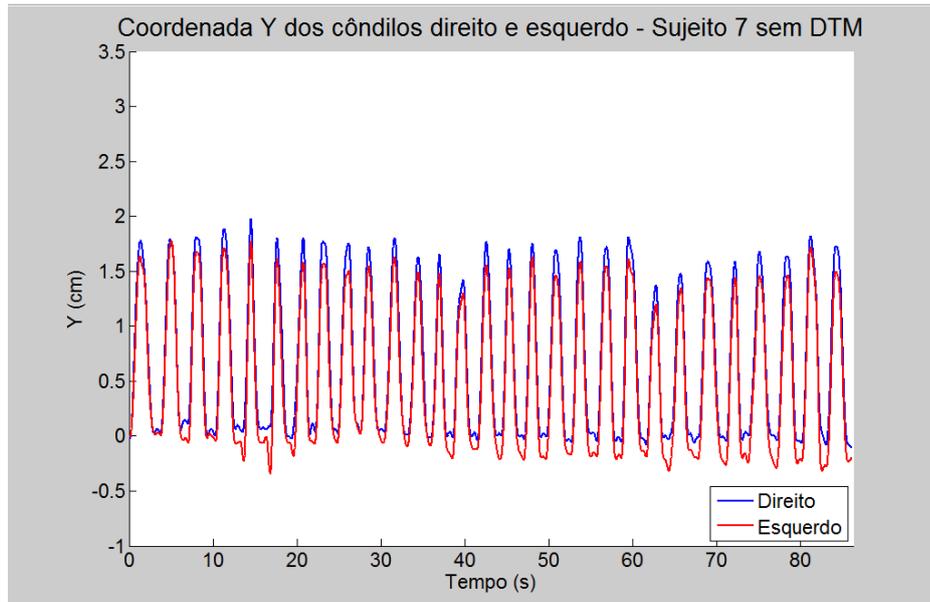
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo sem DTM.



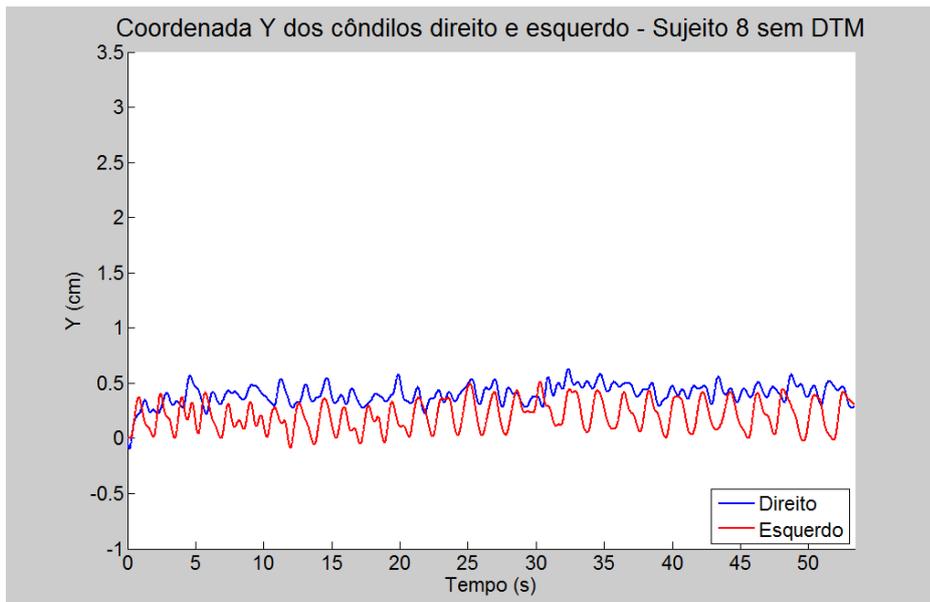
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo sem DTM.



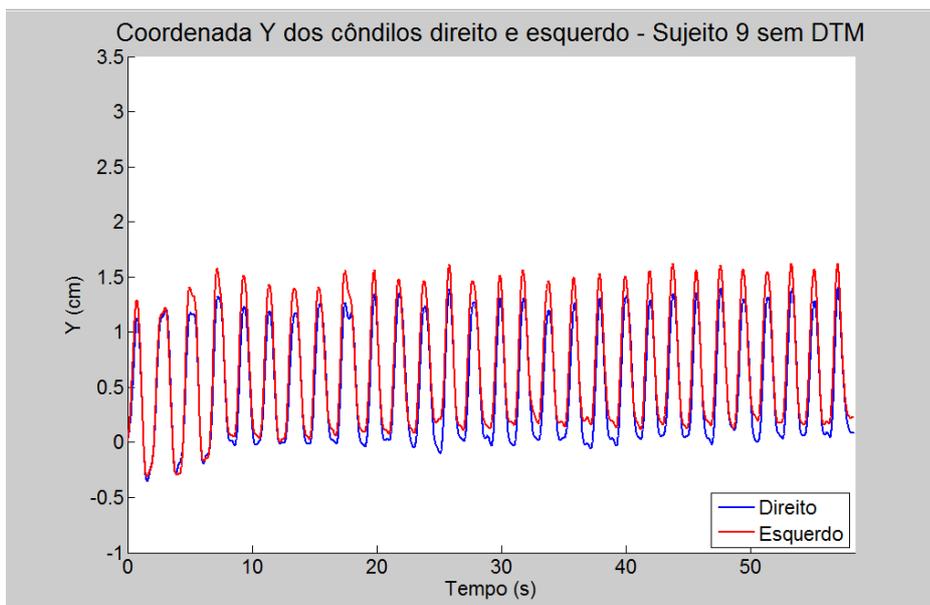
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo sem DTM.



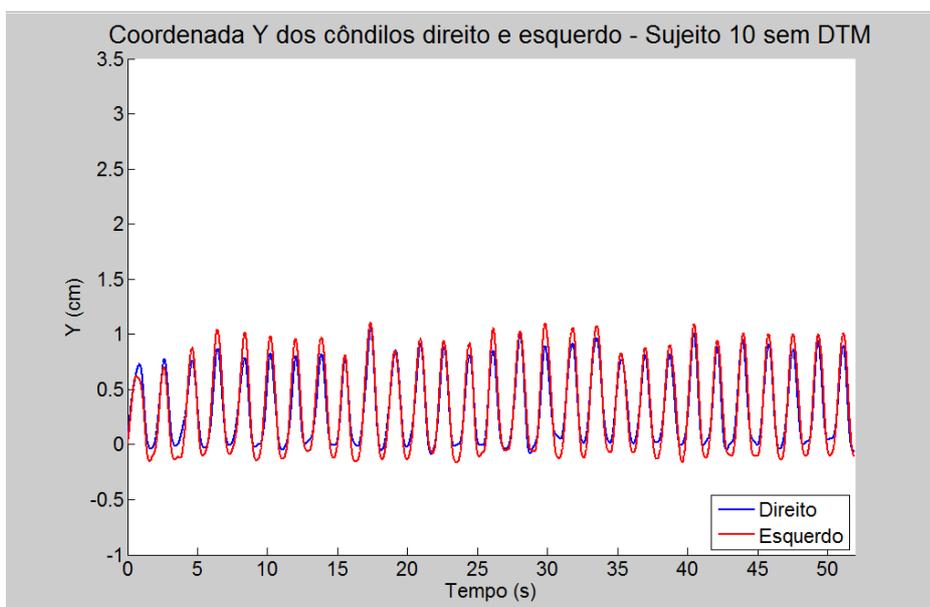
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo sem DTM.



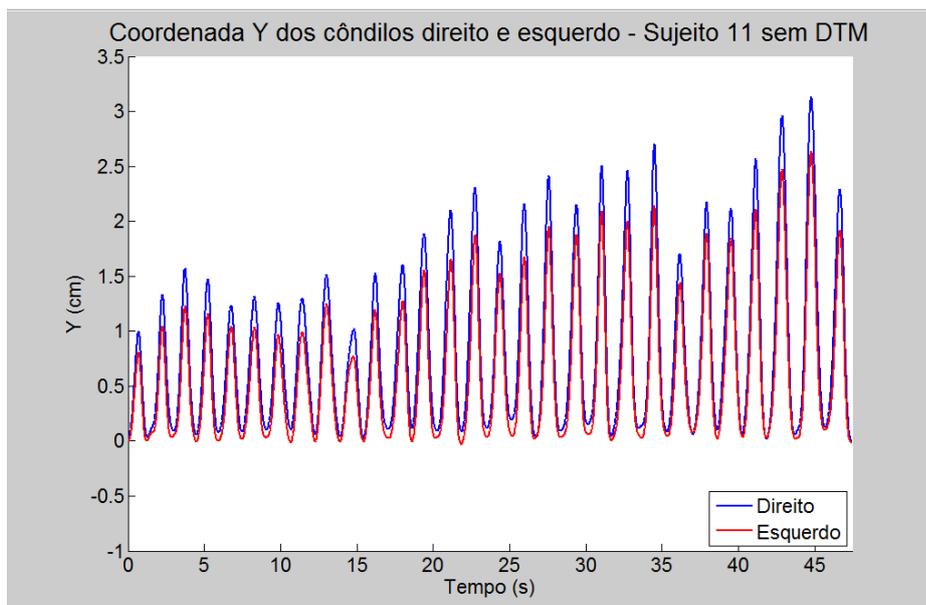
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo sem DTM.



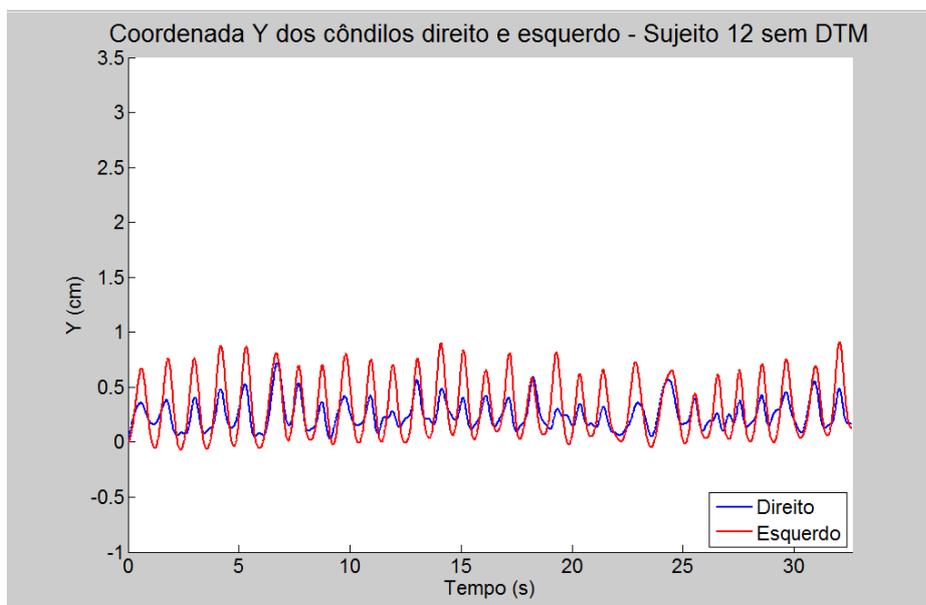
Coordenada Y dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo sem DTM.



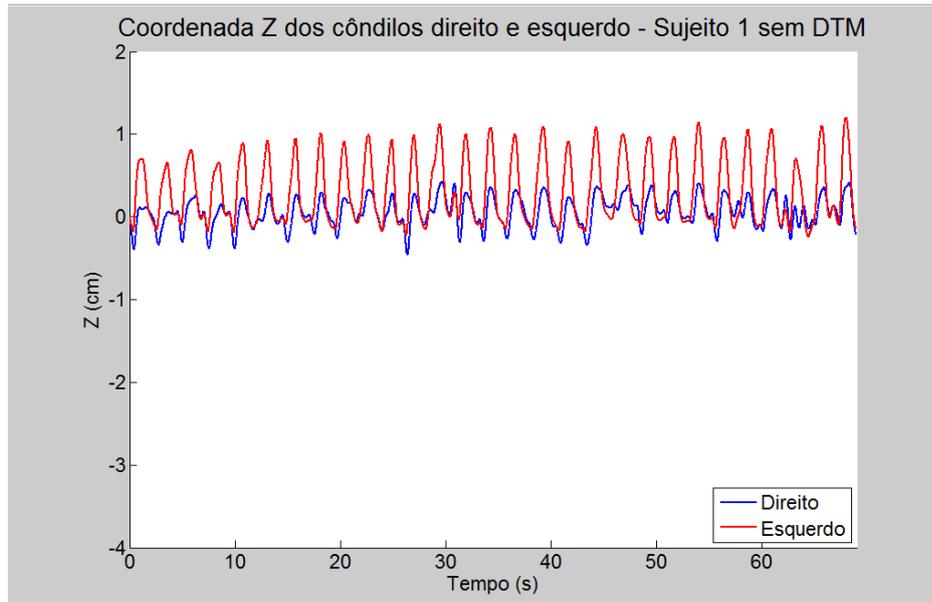
Coordenada Y dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo sem DTM.



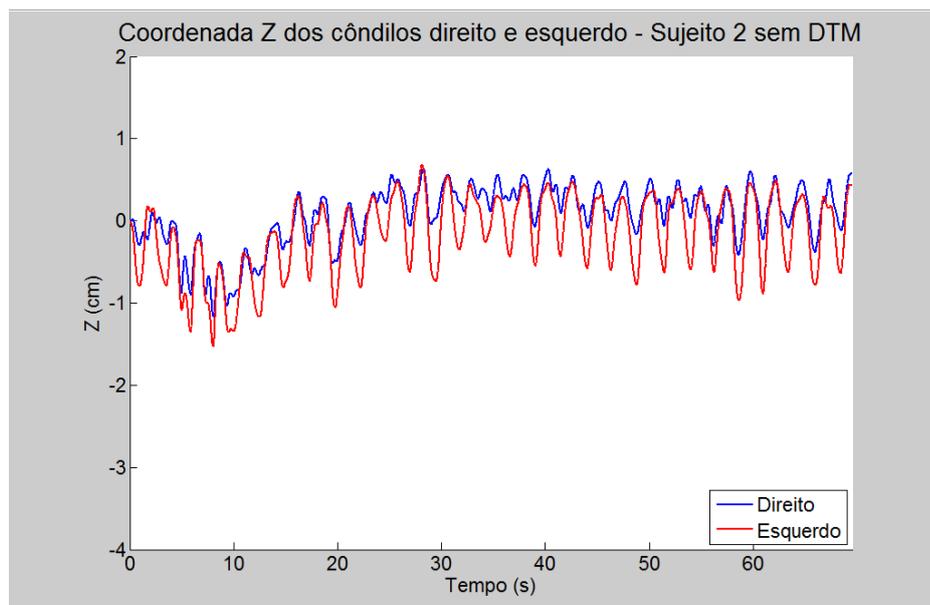
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo sem DTM.



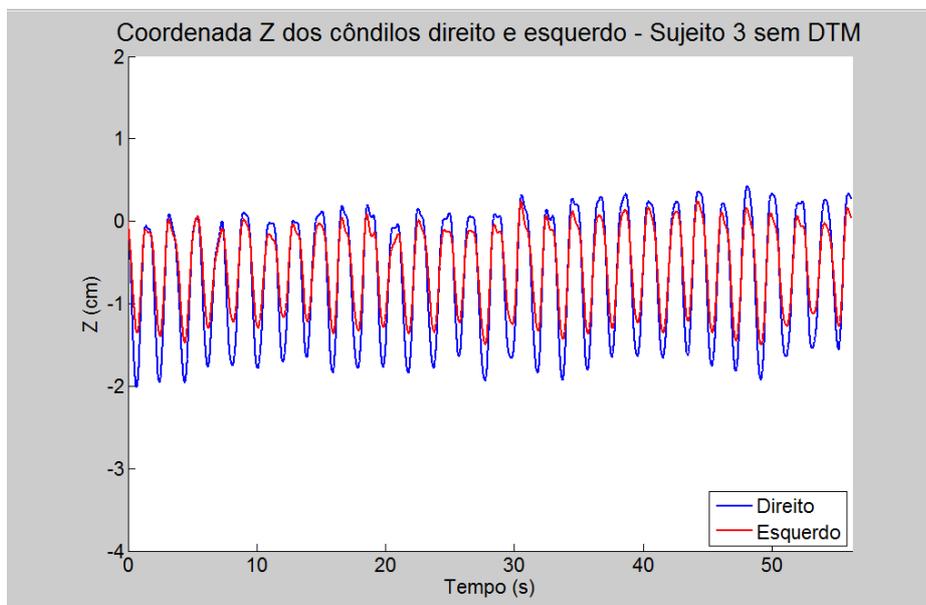
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo sem DTM.



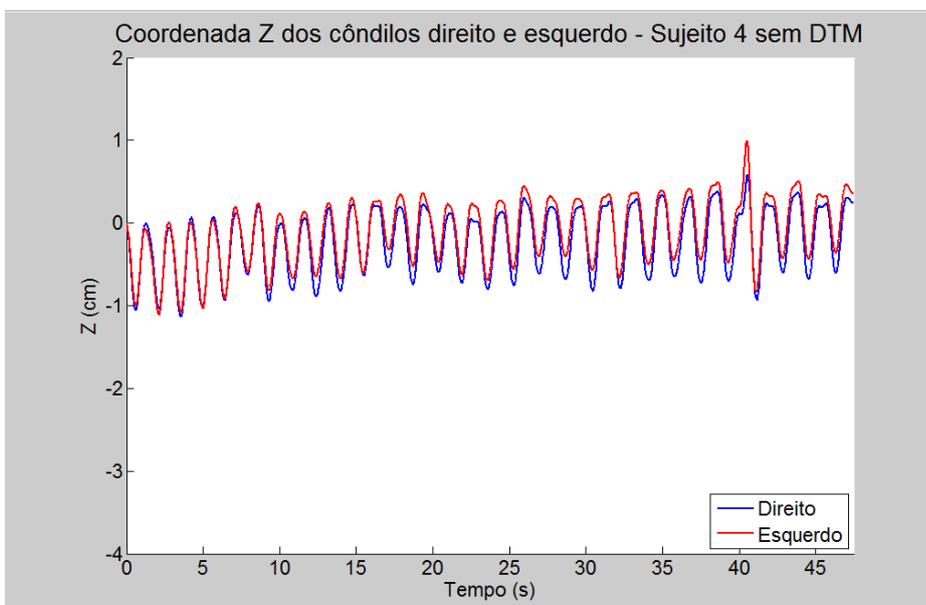
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo sem DTM.



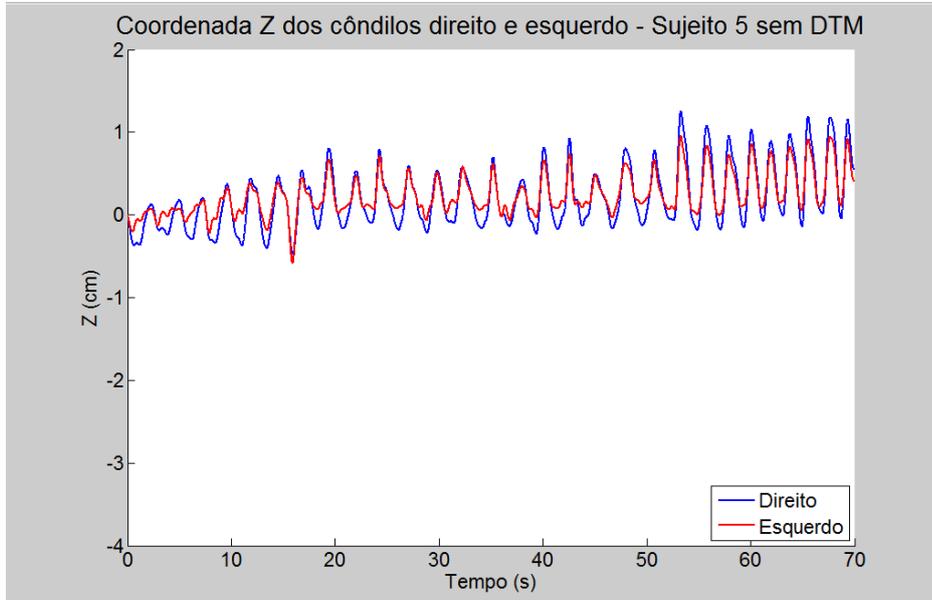
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo sem DTM.



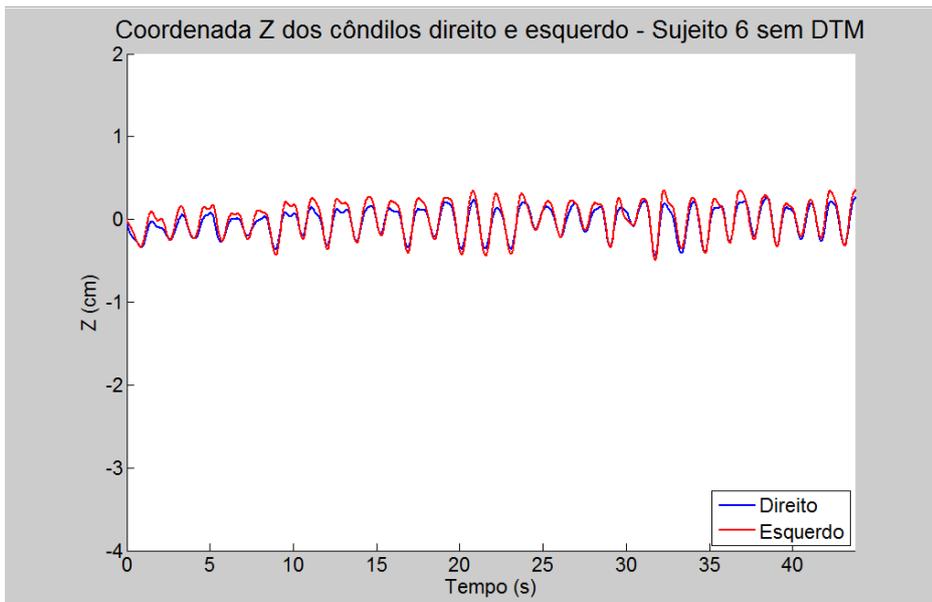
Coordenada Z dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo sem DTM.



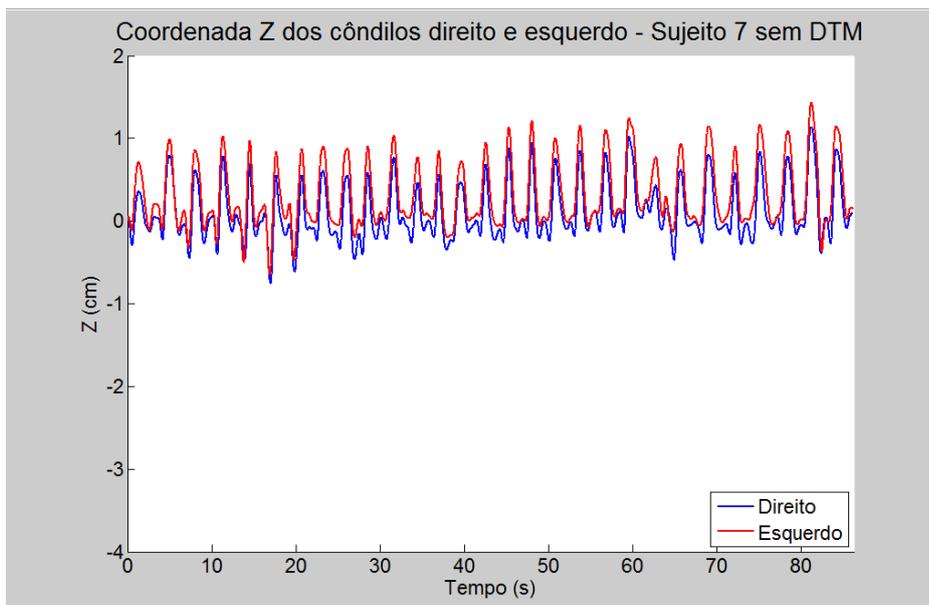
Coordenada Z dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo sem DTM.



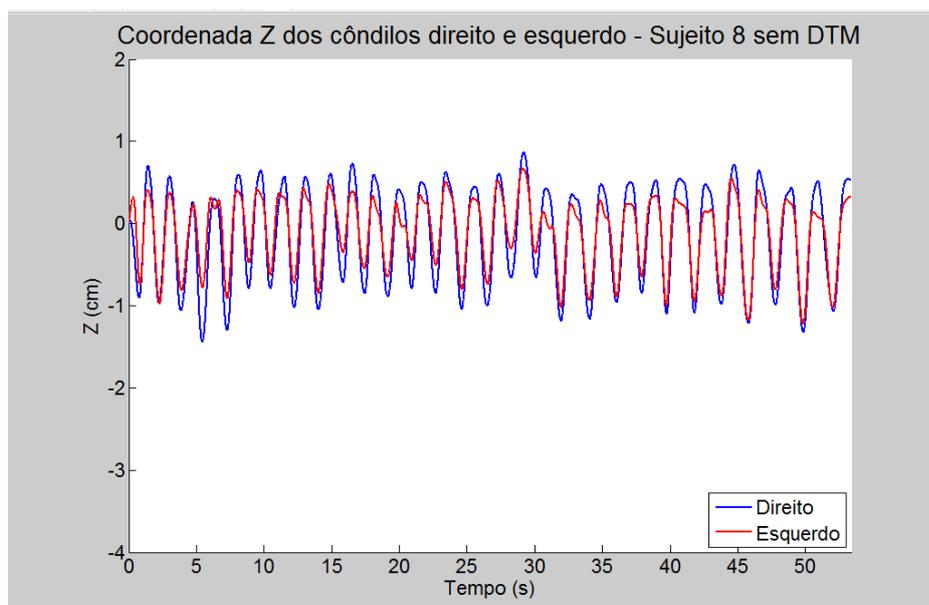
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo sem DTM.



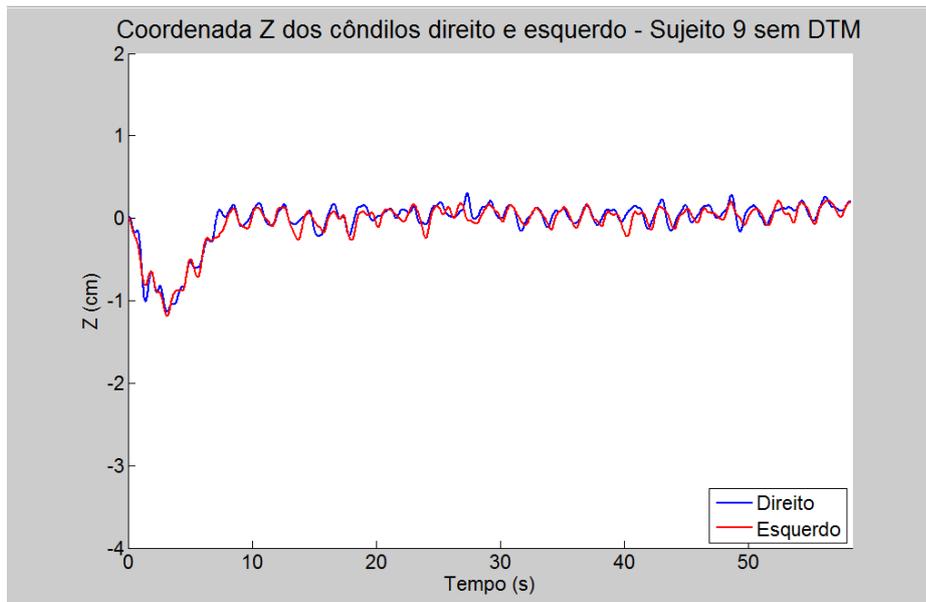
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo sem DTM.



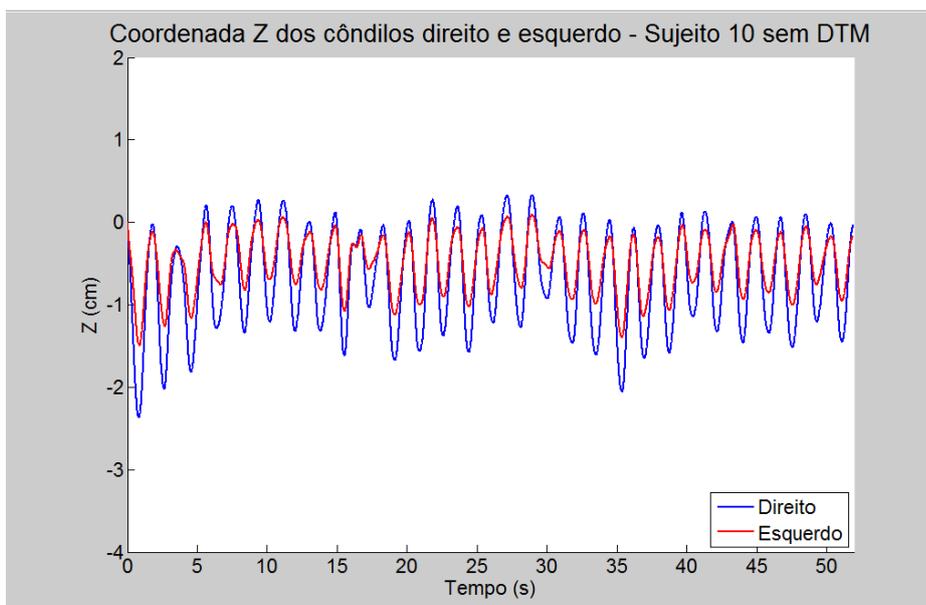
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo sem DTM.



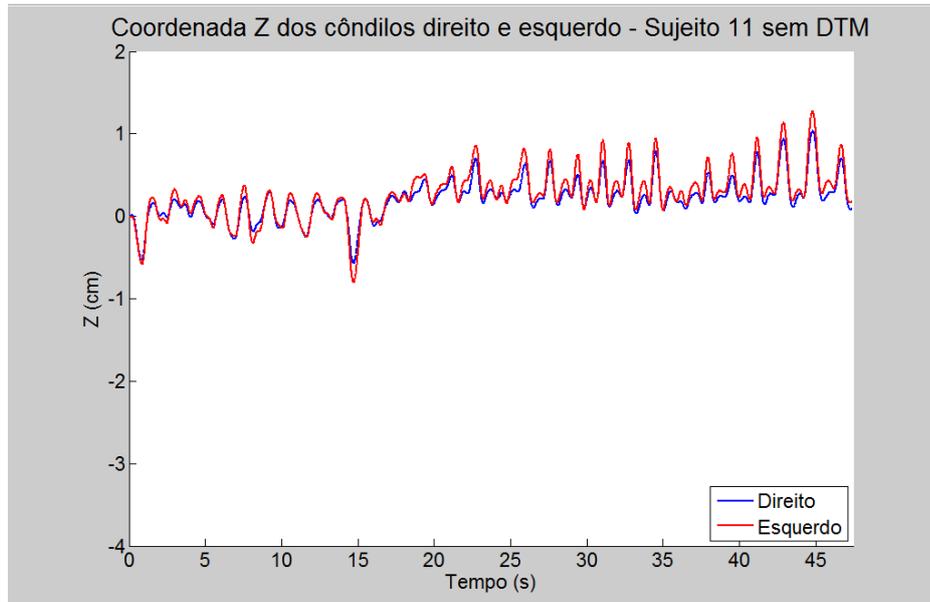
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo sem DTM.



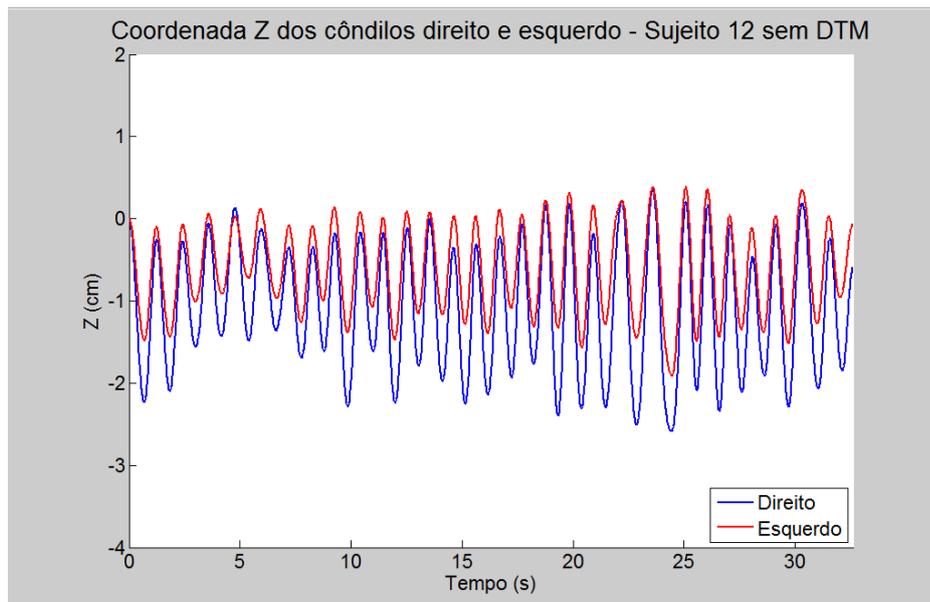
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo sem DTM.



Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo sem DTM.



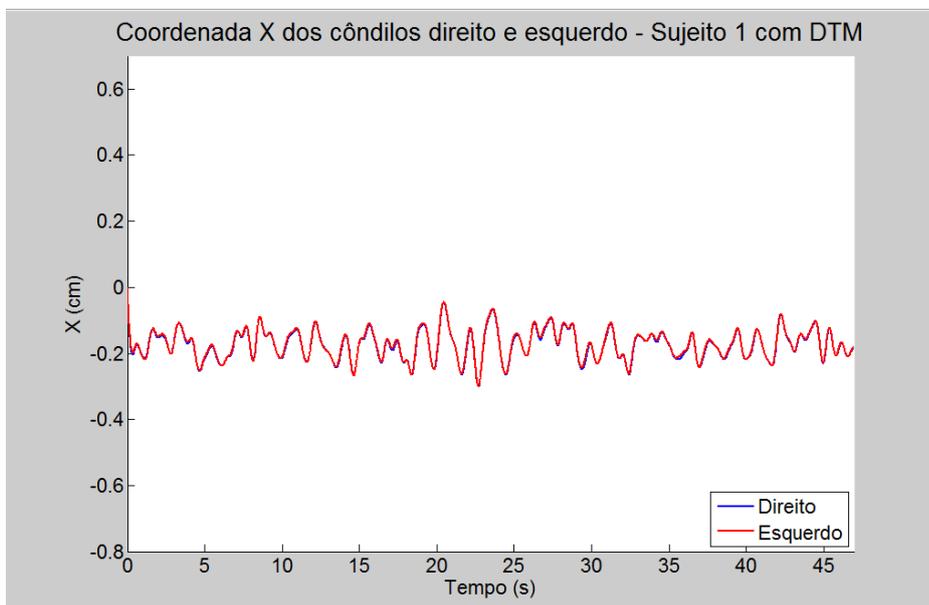
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo sem DTM.



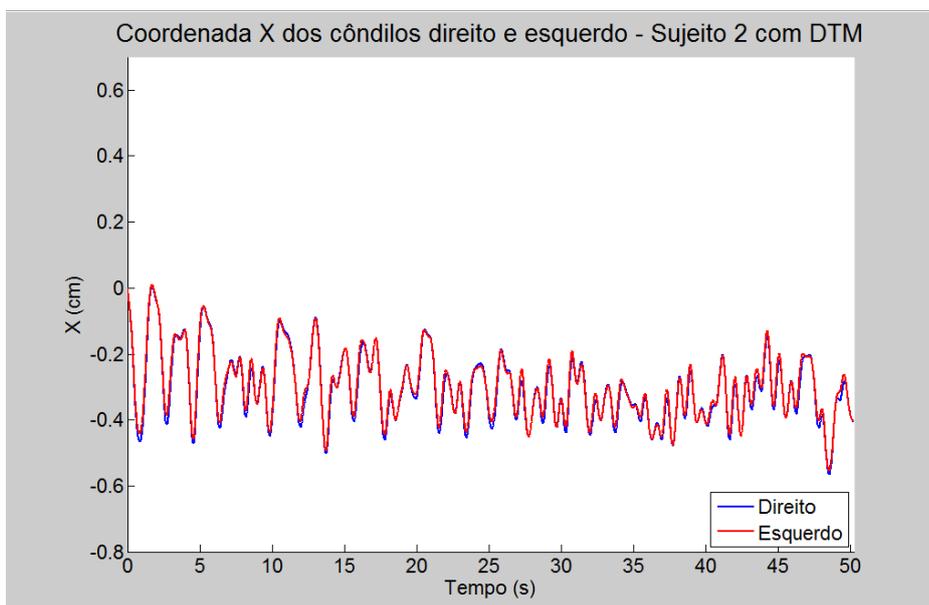
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo sem DTM.

APÊNDICE D - Gráficos das coordenadas X, Y e Z separadamente,  
em função do tempo, dos sujeitos do grupo com DTM

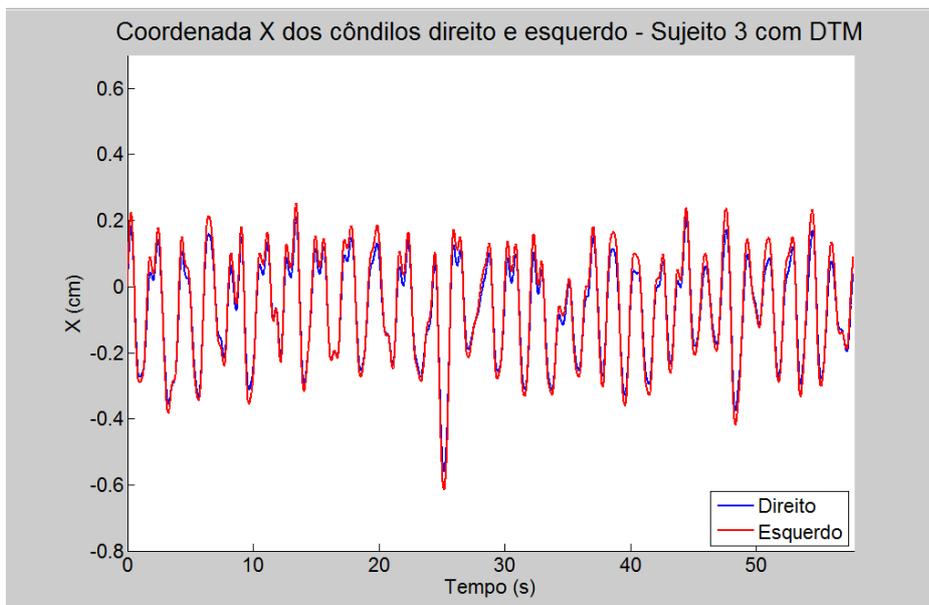
Gráficos das coordenadas X, Y e Z separadamente, em função do tempo, dos sujeitos do grupo com DTM



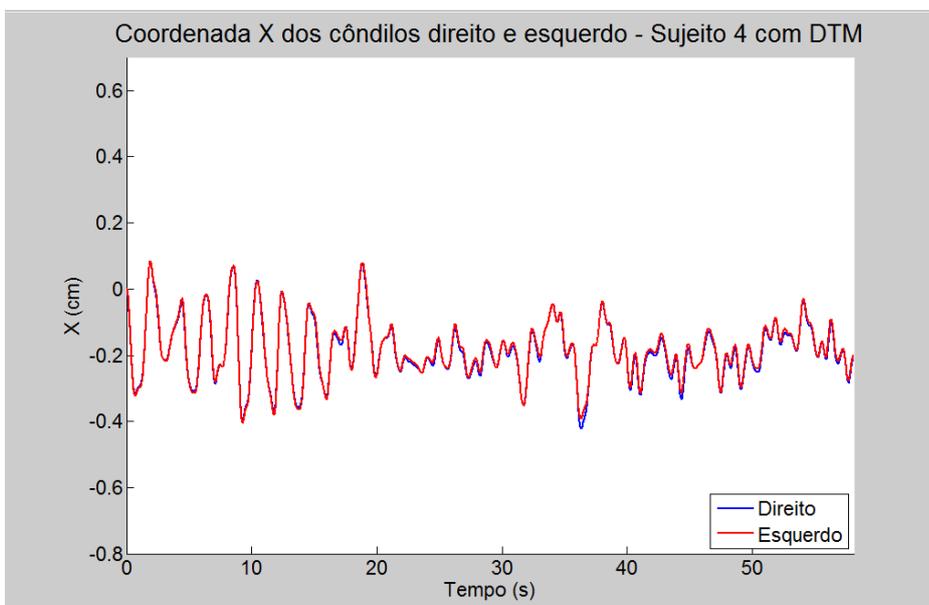
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo com DTM.



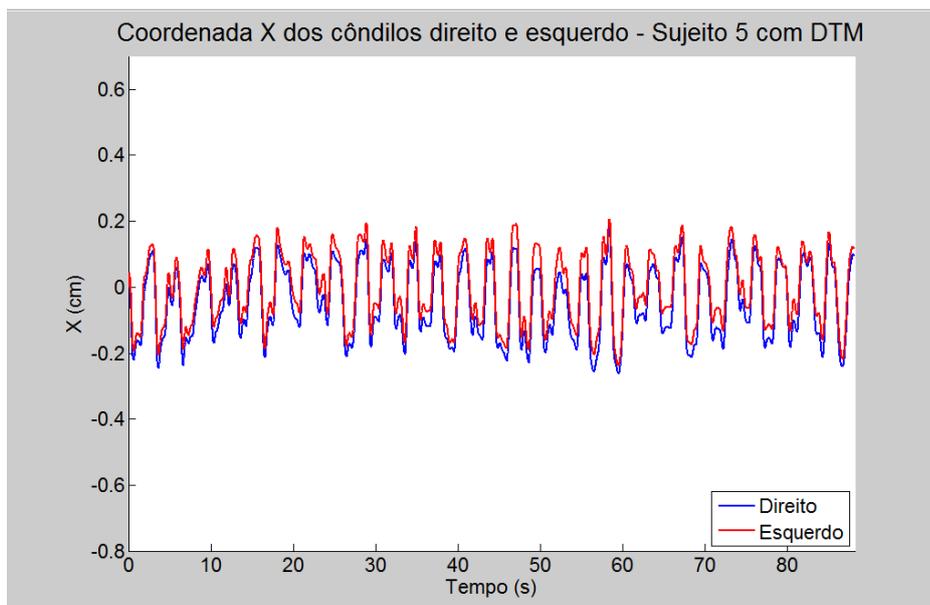
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo com DTM.



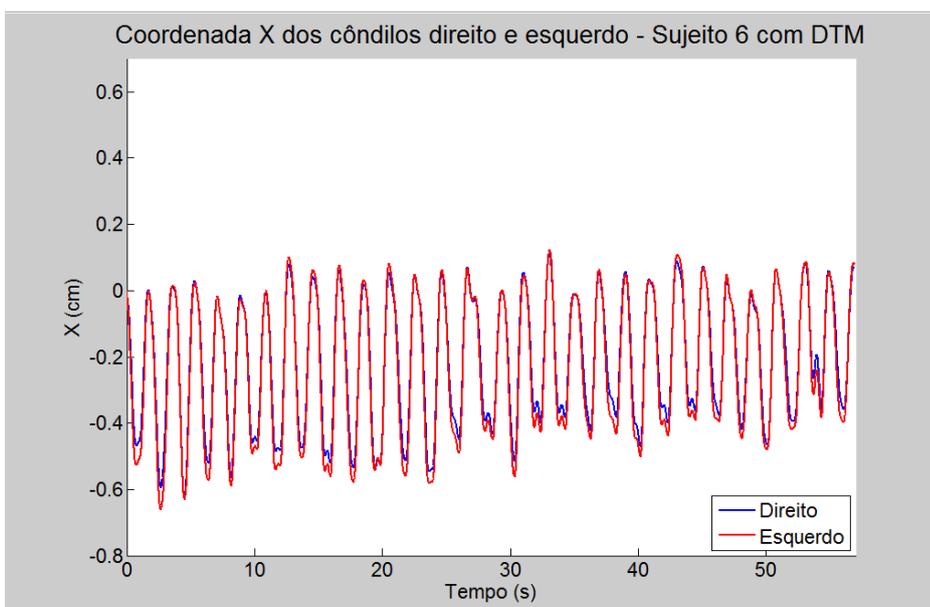
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo com DTM.



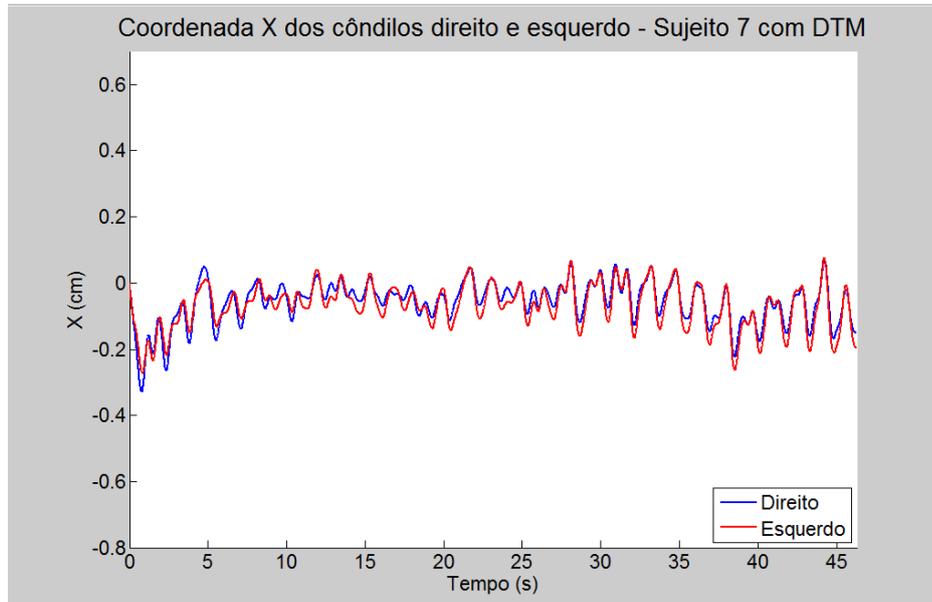
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo com DTM.



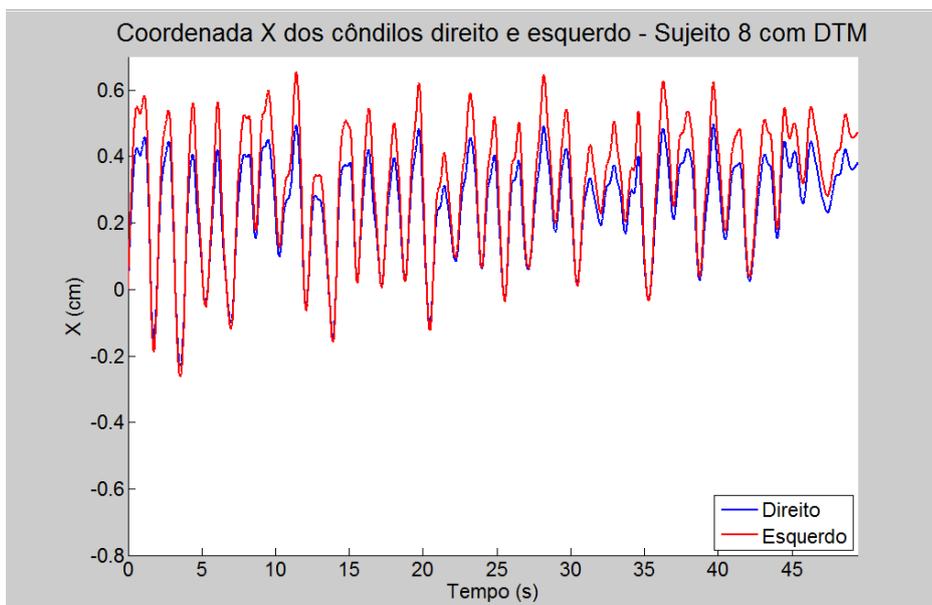
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo com DTM.



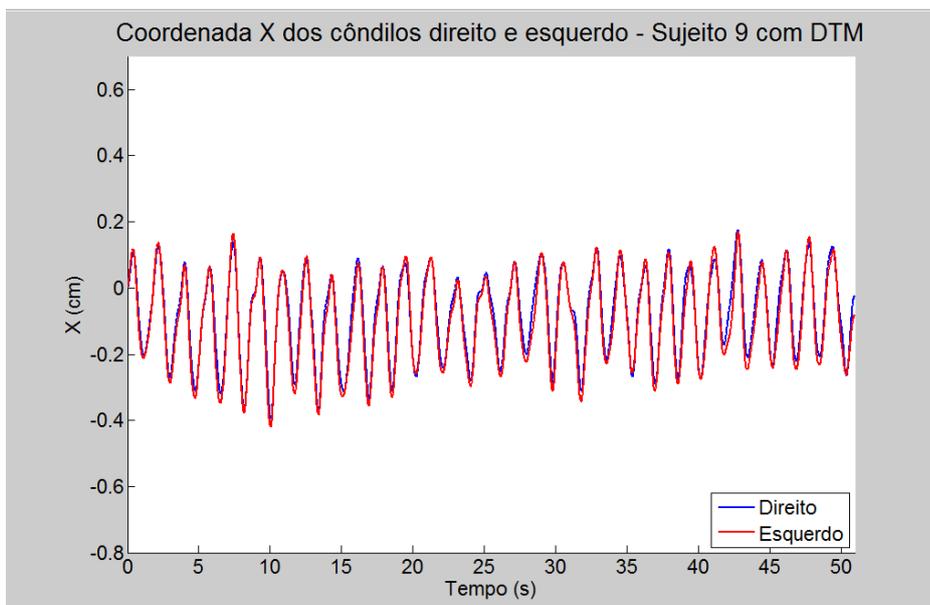
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo com DTM.



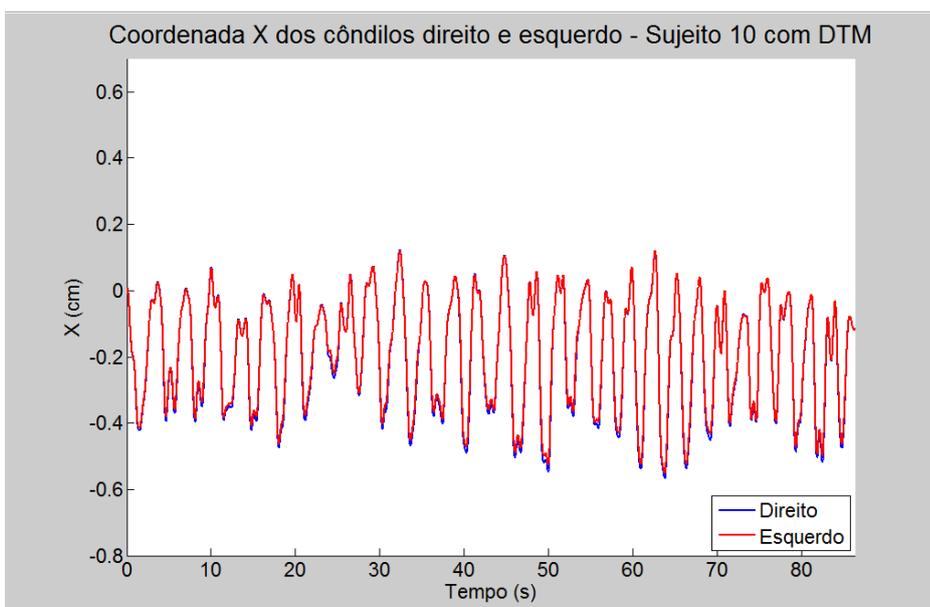
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo com DTM.



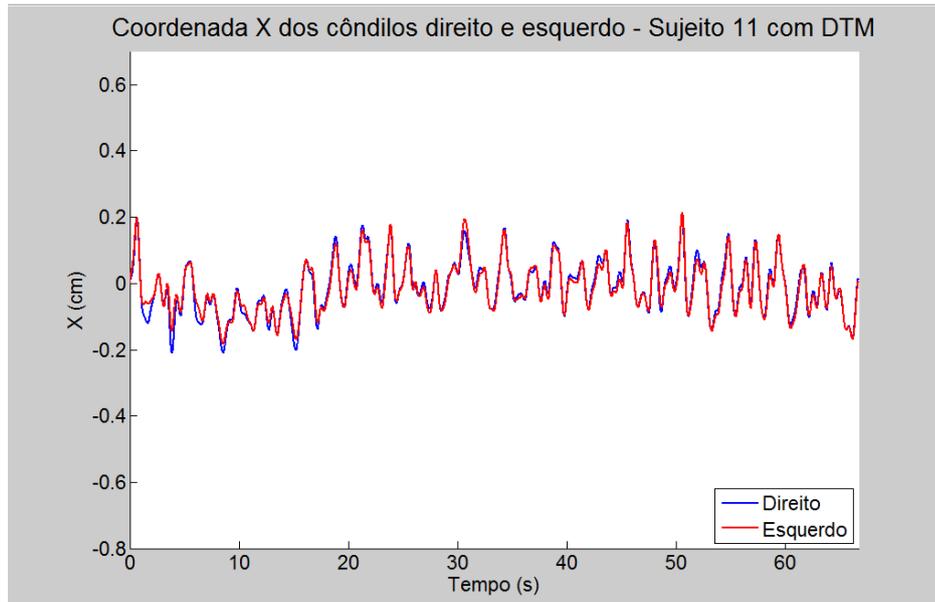
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo com DTM.



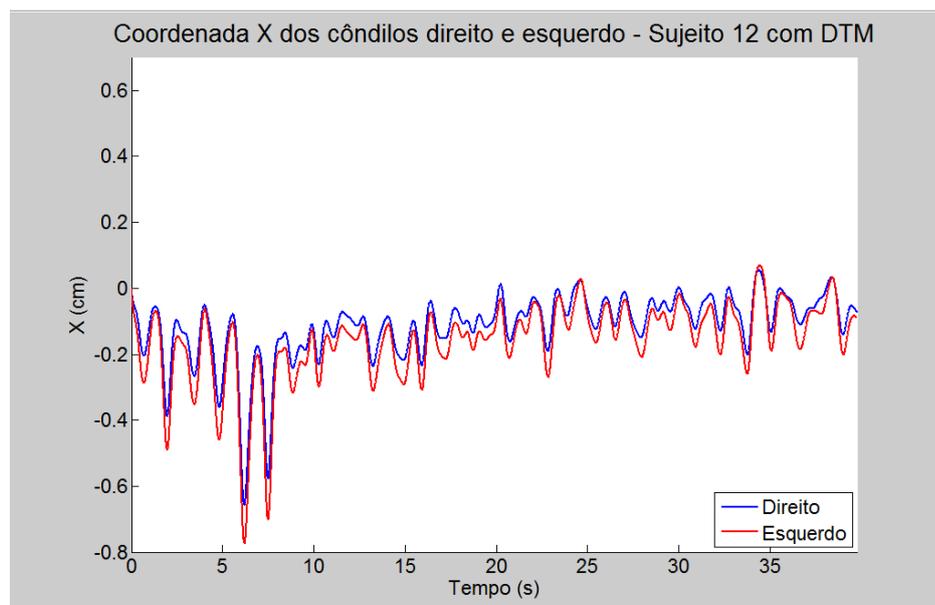
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo com DTM.



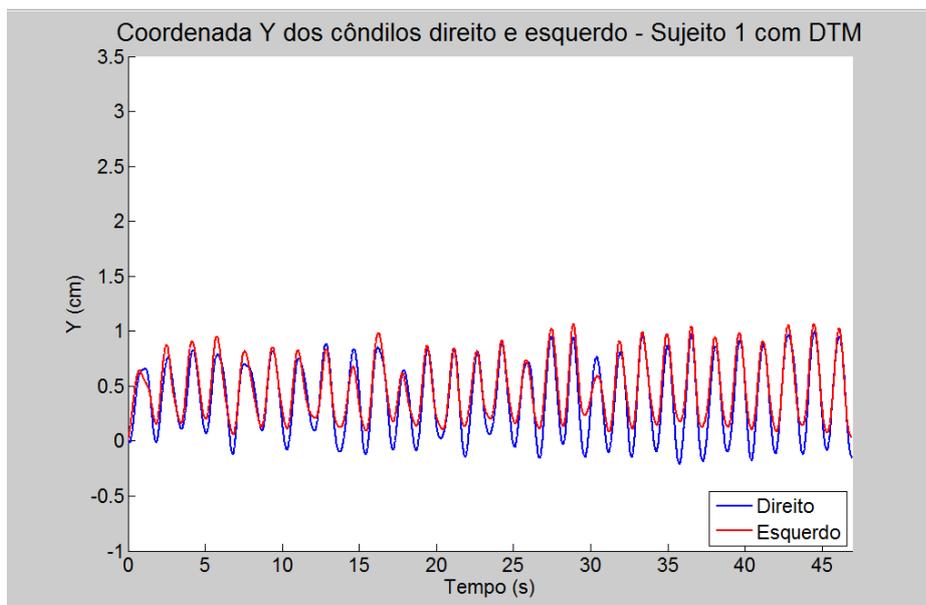
Coordenada X dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo com DTM.



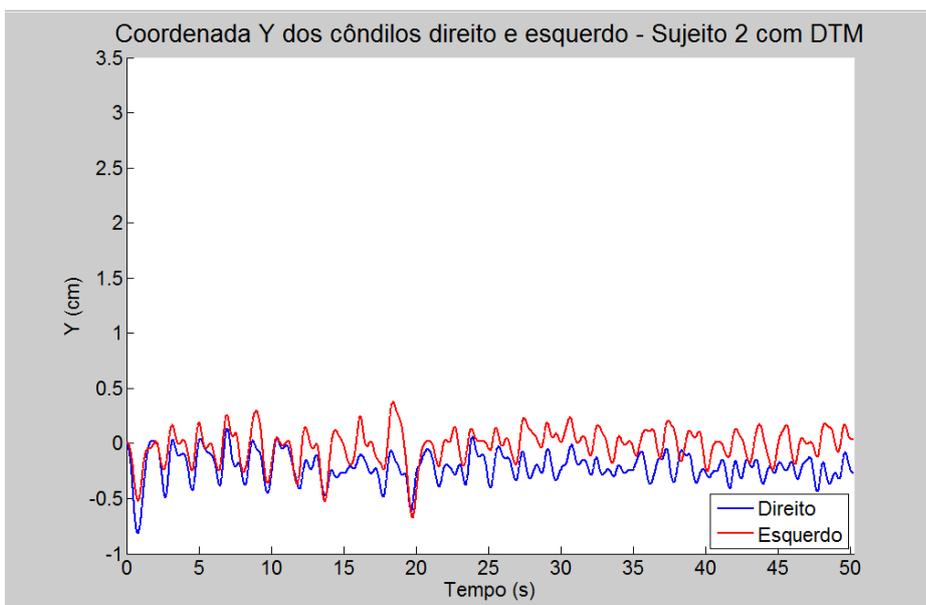
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo com DTM.



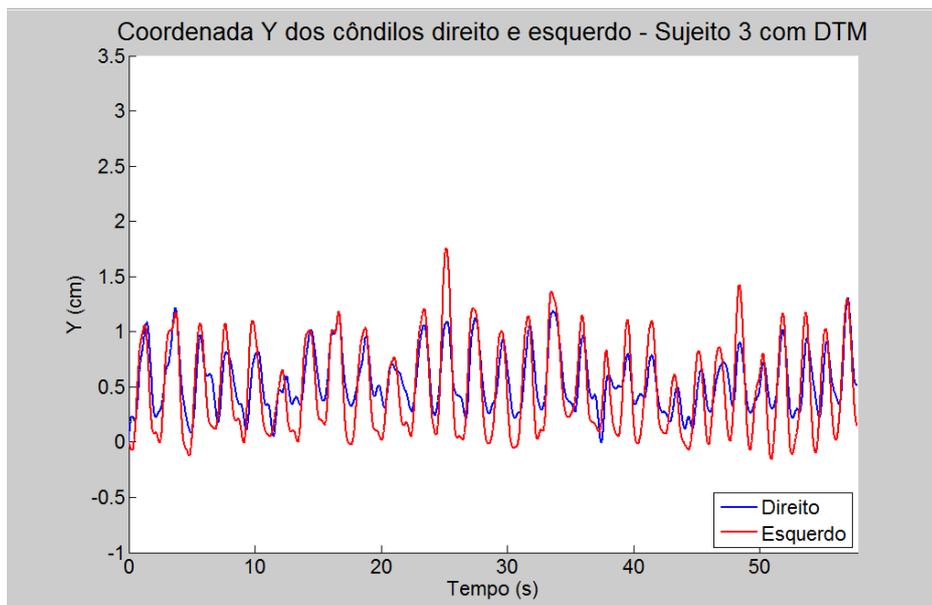
Coordenada X dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo com DTM.



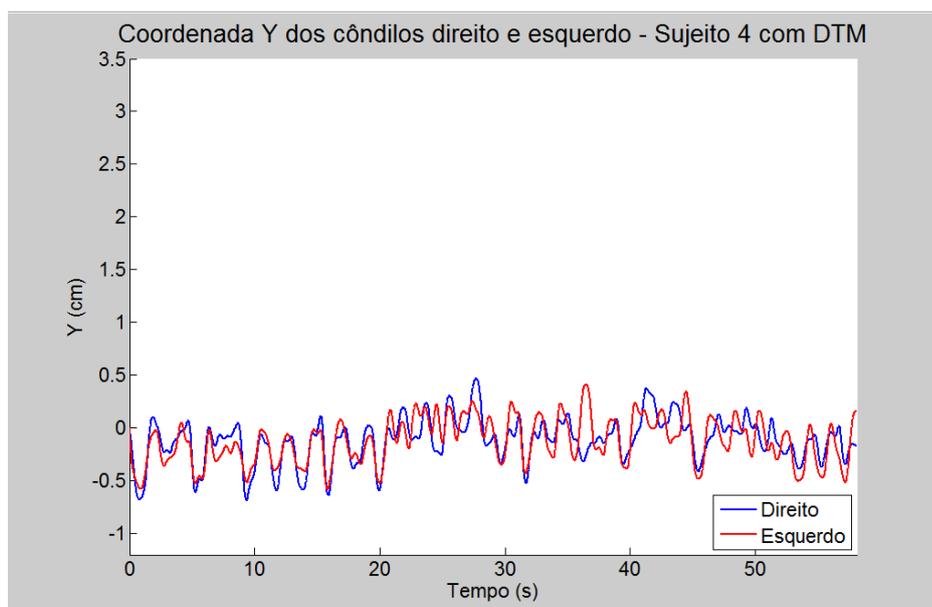
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo com DTM.



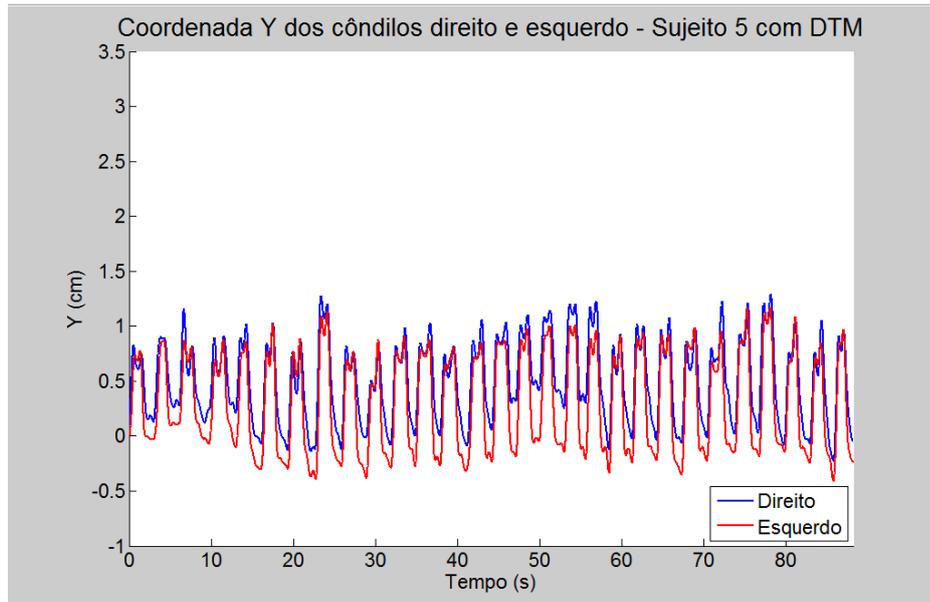
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo com DTM.



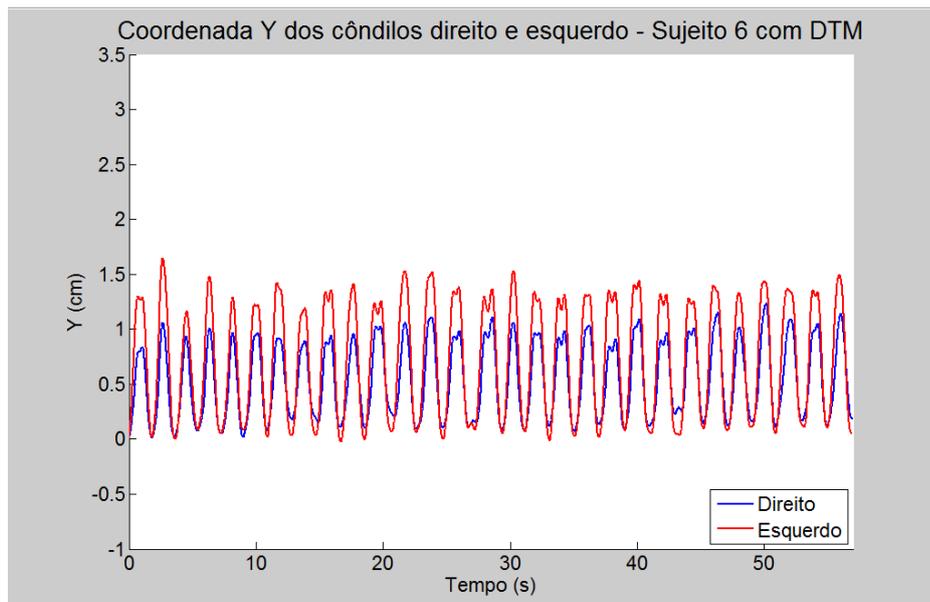
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo com DTM.



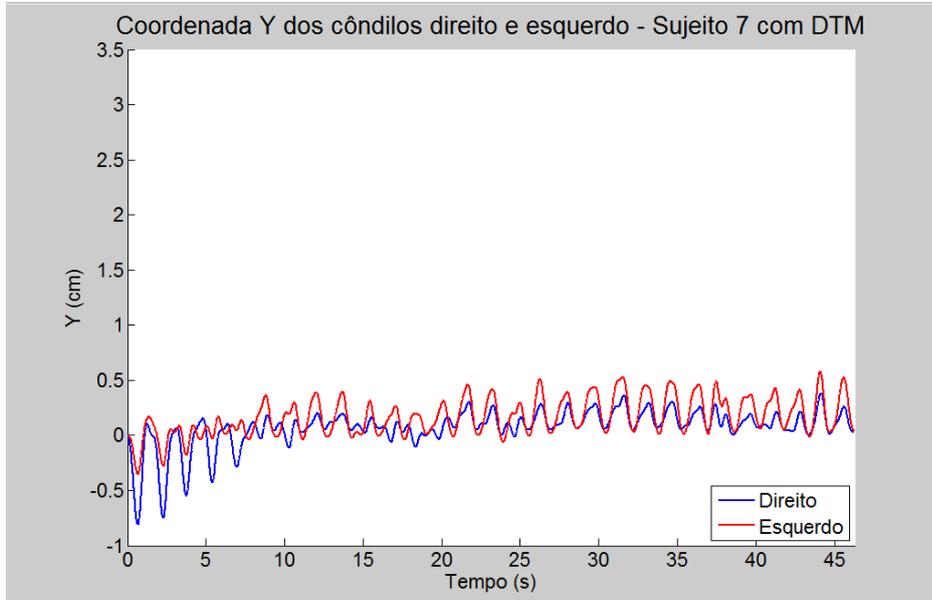
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo com DTM.



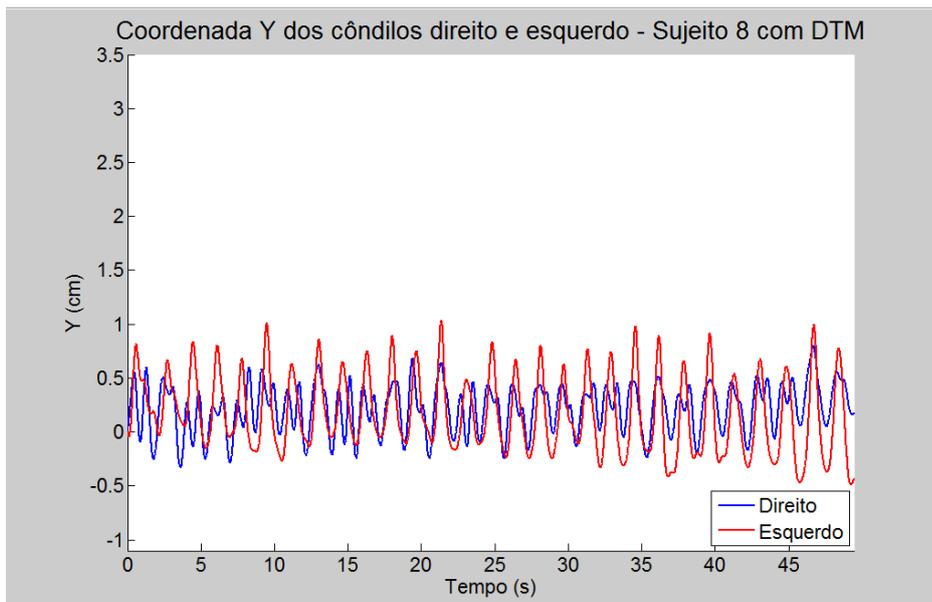
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo com DTM.



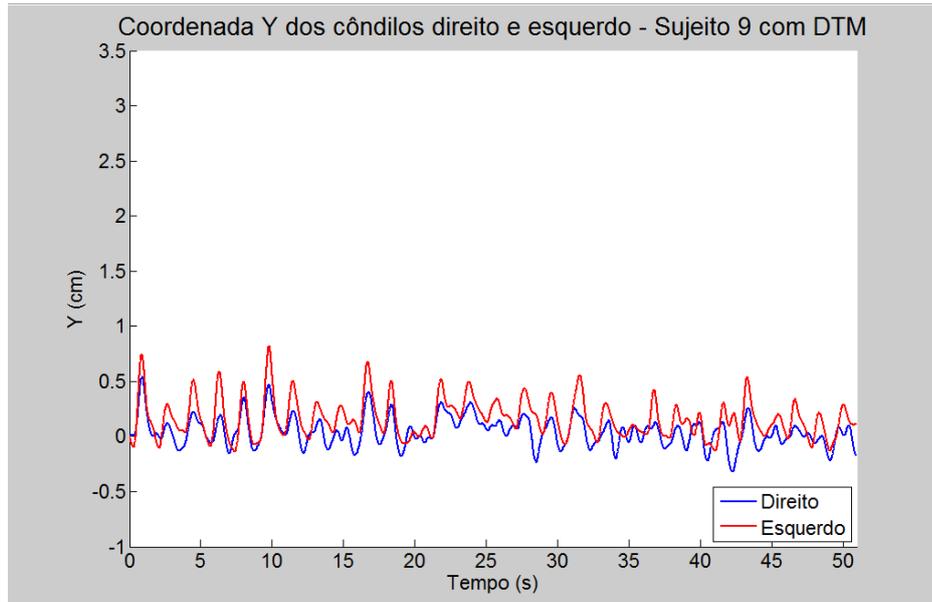
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo com DTM.



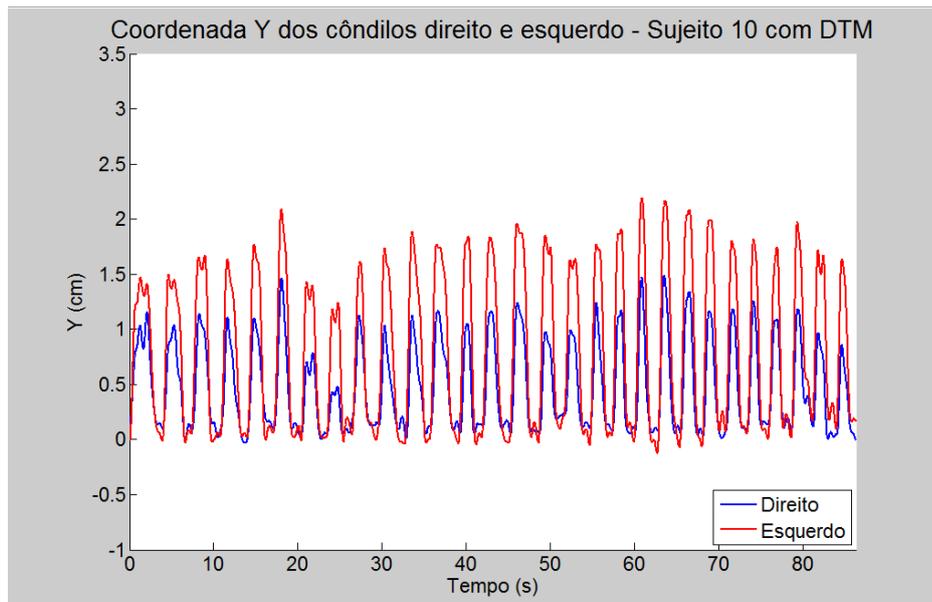
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo com DTM.



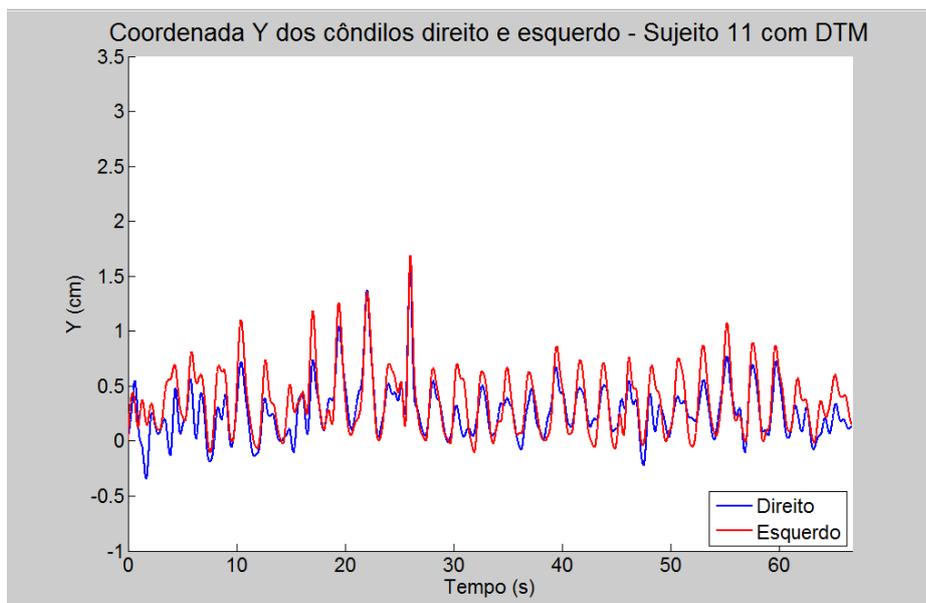
Coordenada Y dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo com DTM.



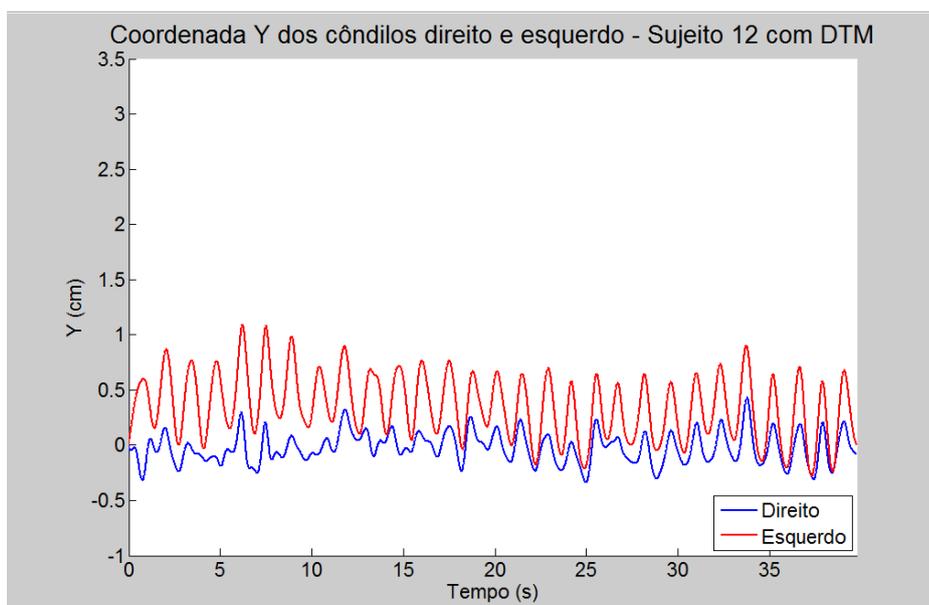
Coordenada Y dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo com DTM.



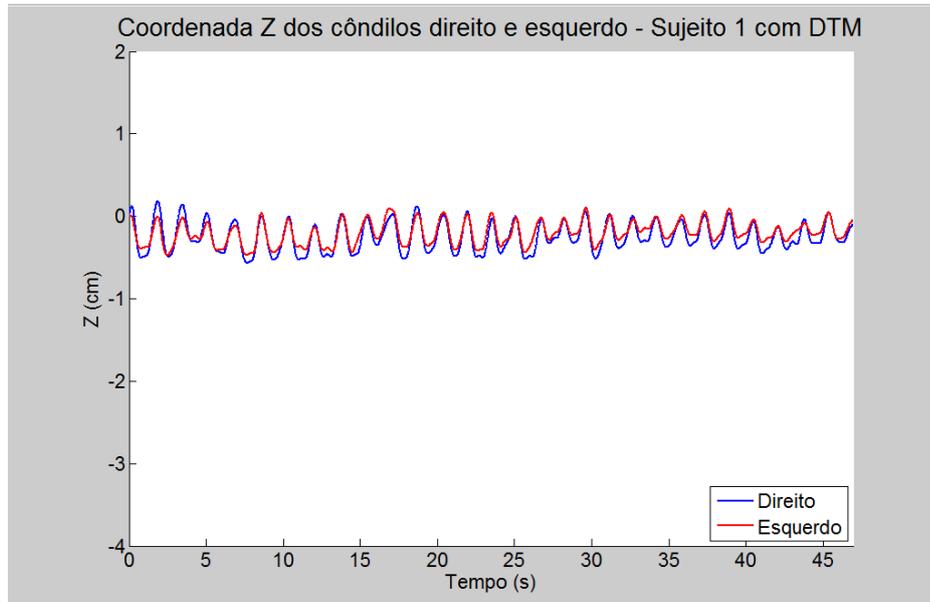
Coordenada Y dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo com DTM.



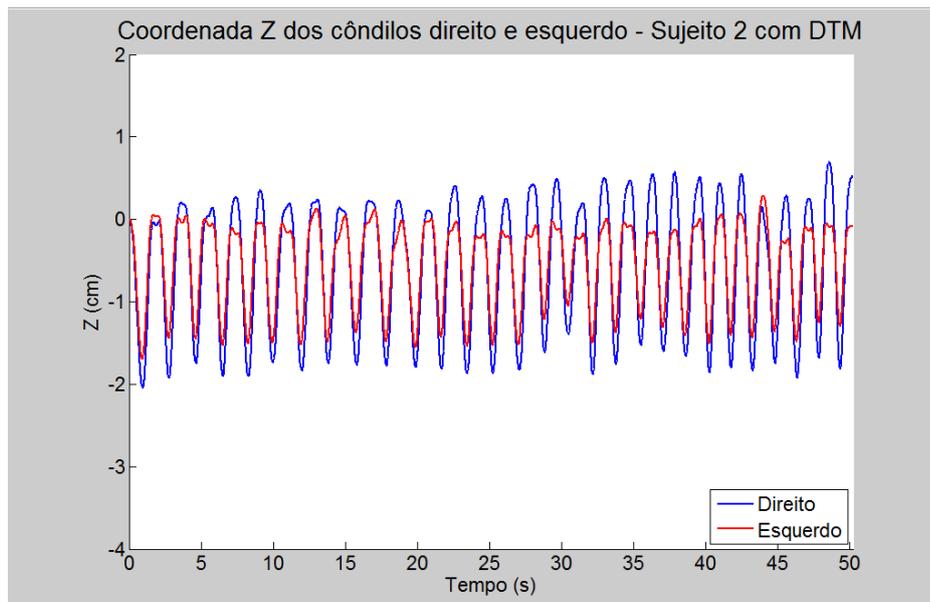
Coordenada Y dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo com DTM.



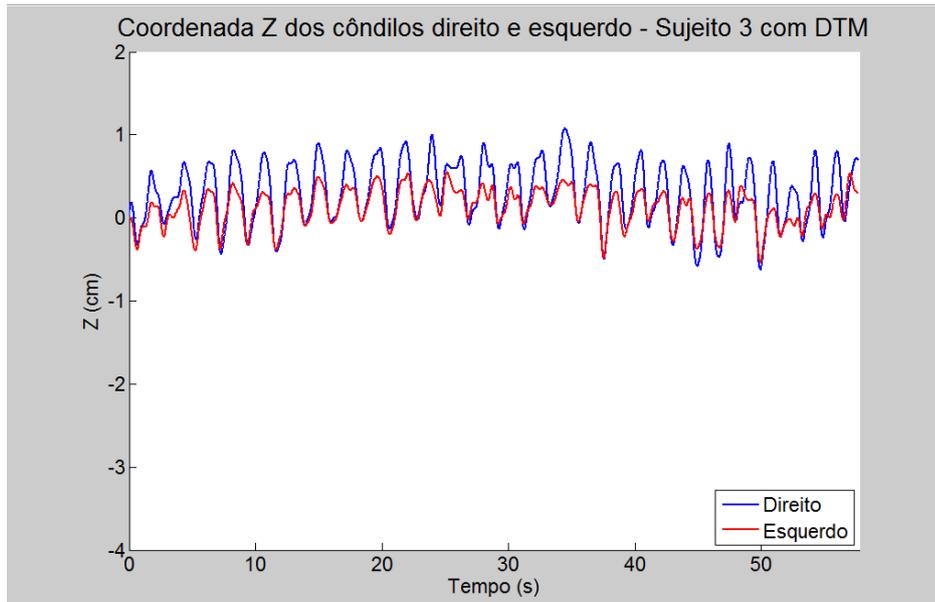
Coordenada Y dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo com DTM.



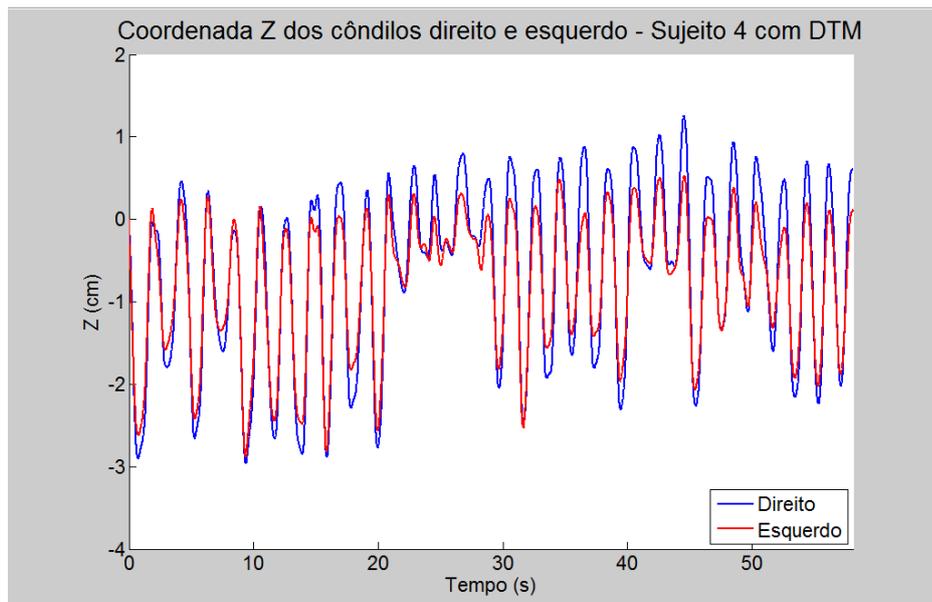
Coordenada Z dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 1 do grupo com DTM.



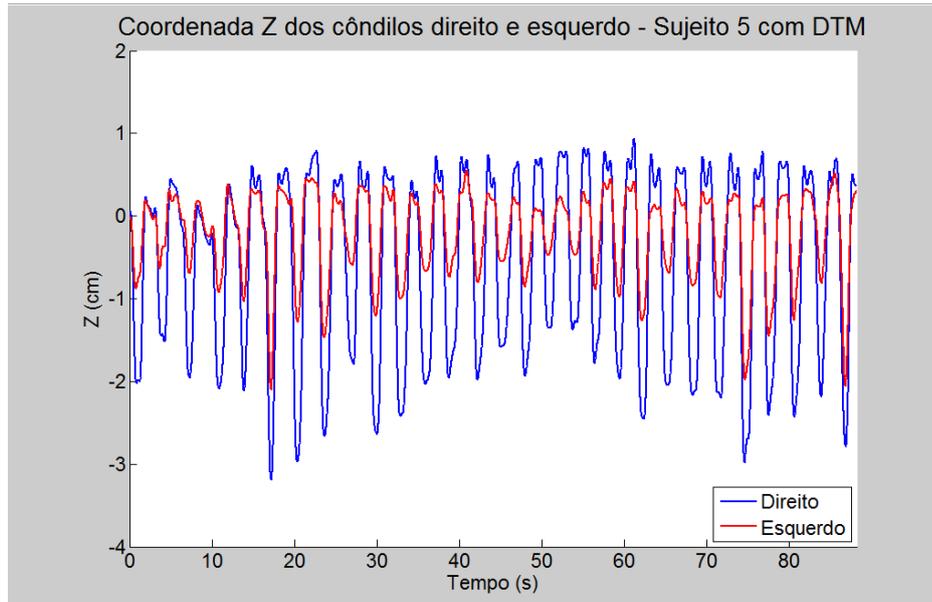
Coordenada Z dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 2 do grupo com DTM.



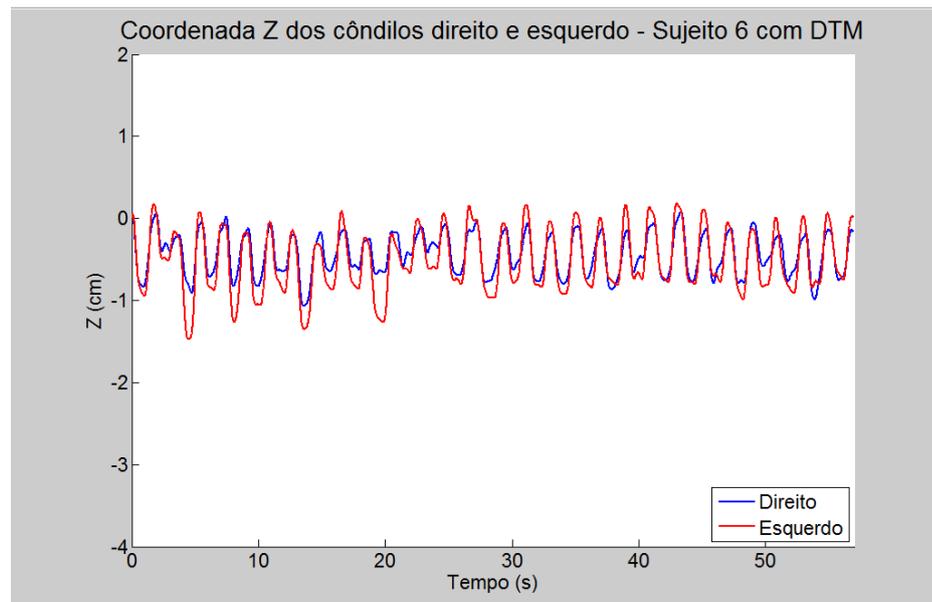
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 3 do grupo com DTM.



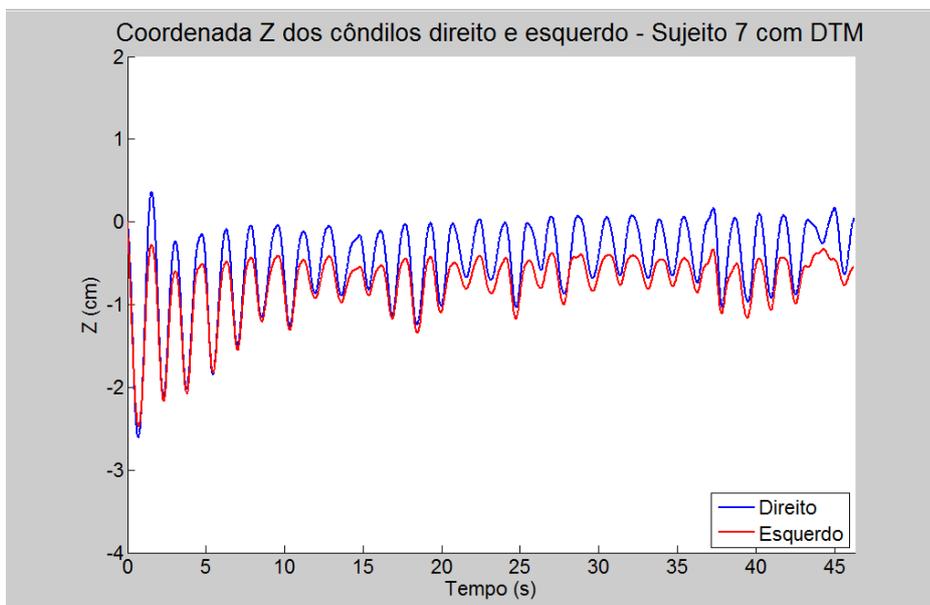
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 4 do grupo com DTM.



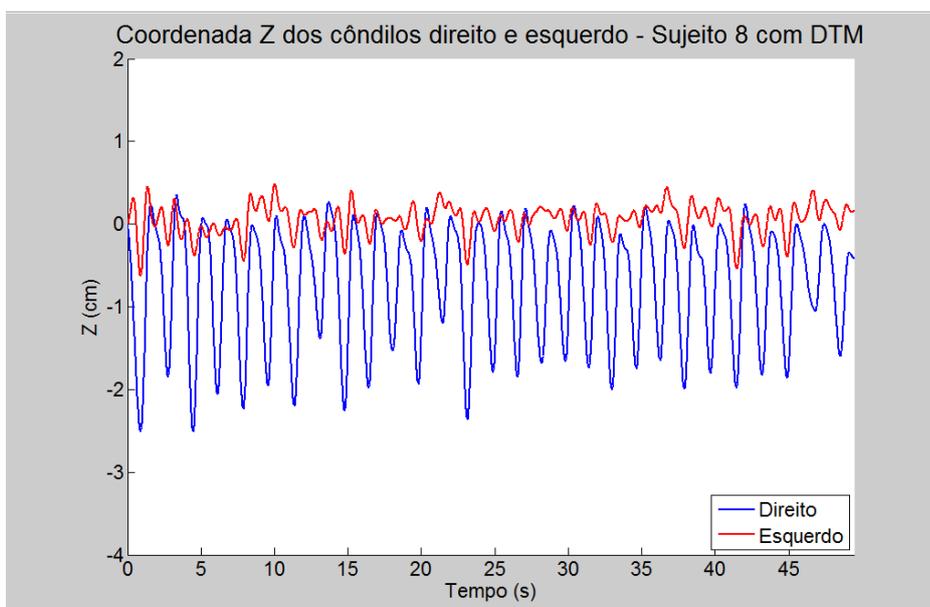
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 5 do grupo com DTM.



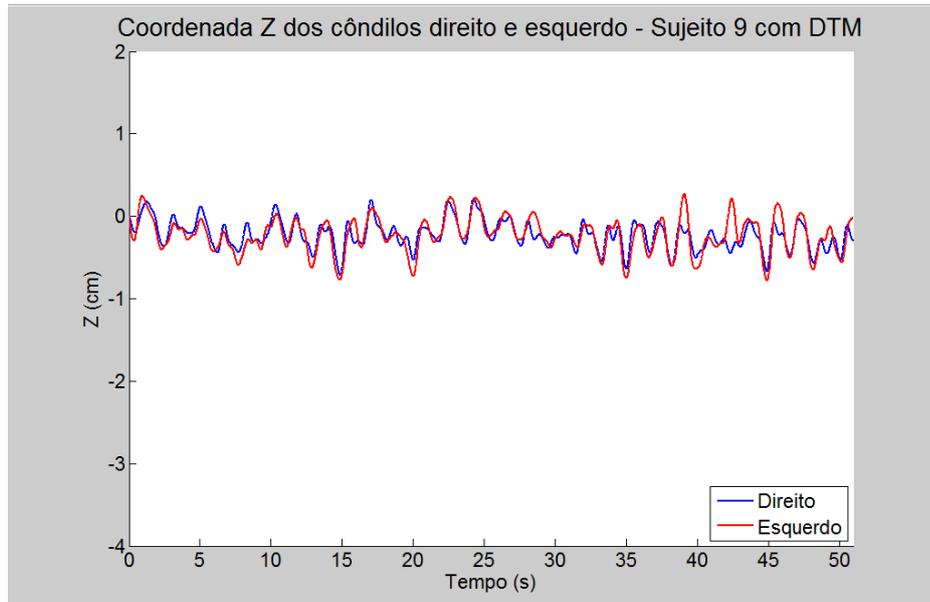
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 6 do grupo com DTM.



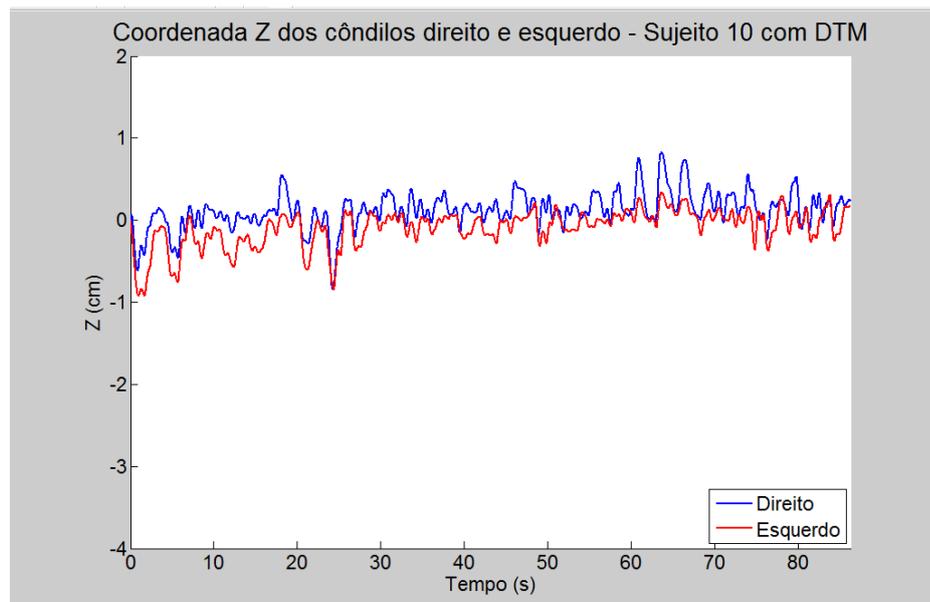
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 7 do grupo com DTM.



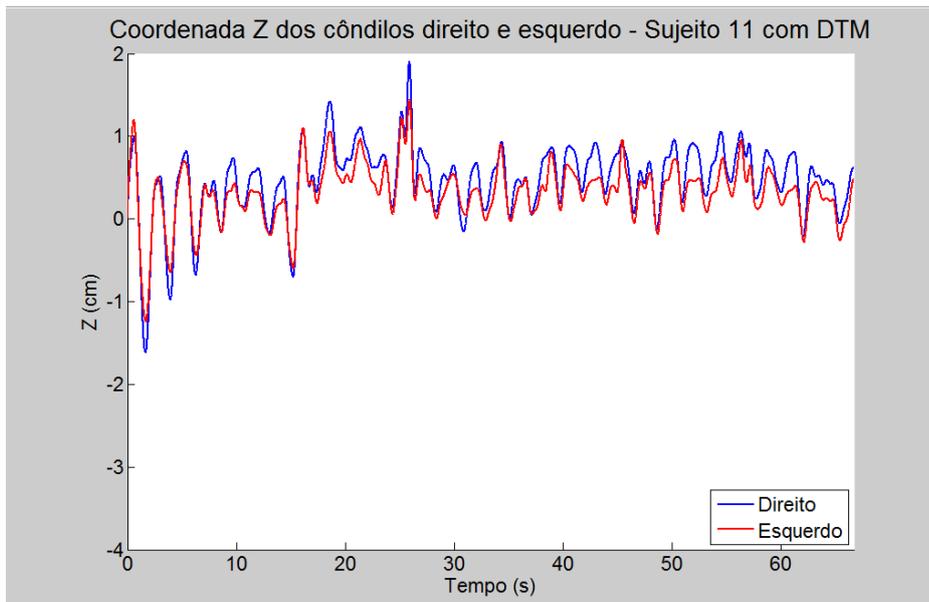
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 8 do grupo com DTM.



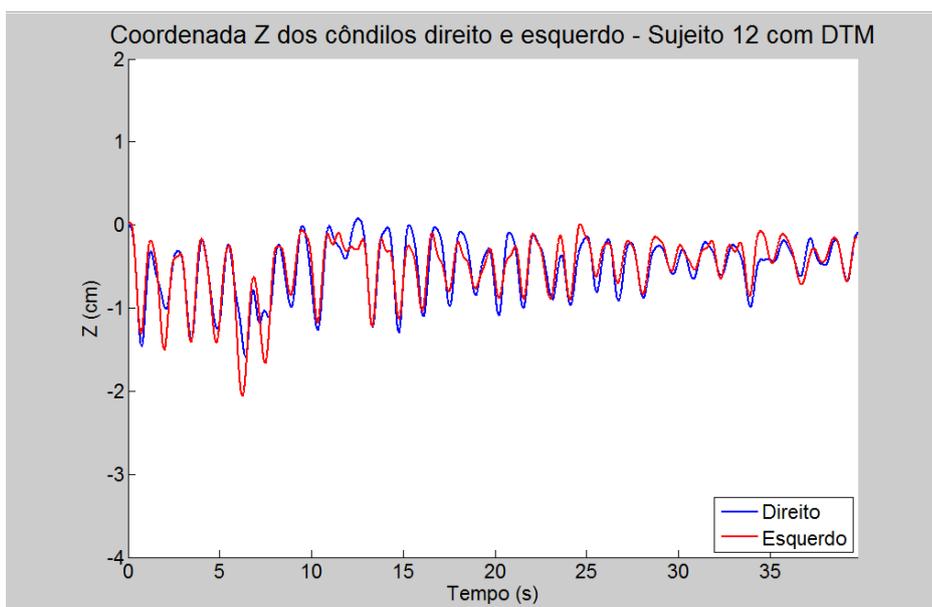
Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 9 do grupo com DTM.



Coordenada Z dos côndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 10 do grupo com DTM.



Coordenada Z dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 11 do grupo com DTM.



Coordenada Z dos cêndilos direito (azul) e esquerdo (vermelho) em função do tempo, durante as 30 repetições do movimento de abertura/fechamento da mandíbula para o sujeito 12 do grupo com DTM.

## **ANEXO A – Aprovação do comitê de ética**



## COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

**Título:** ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA E CINEMÁTICA DA ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR EM INDIVÍDUOS PORTADORES DA DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR

**Área de conhecimento:** 3.13 – Eng<sup>a</sup>. Biomédica

**Responsável pelo projeto:** Prof. Luciano Allegretti Mercadante

**Autora:** Juliana Souza Miranda

**Processo CEP:** 116/2007

**CAAE:** 0117.0.237.000-07

Em reunião de 26 de fevereiro de 2008 o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos aprovou o parecer que segue aqui descrito.

### Resumo

O presente projeto tem por objetivo quantificar a atividade elétrica dos músculos masseter superficial e temporal anterior em função do ângulo de abertura da mandíbula, sincronizando temporalmente os dois canais em indivíduos saudáveis e com disfunção temporomandibular de origem muscular.

Serão analisados sujeitos com diagnóstico de disfunção temporomandibular de origem muscular, capazes de realizar um movimento de abertura mandibular entre 45 a 55mm e apresentarem oclusão do tipo I. Serão selecionados para compor a amostra também indivíduos sem o diagnóstico de disfunção temporomandibular.

A coleta dos dados será realizada por meio de um eletromiógrafo e 03 câmeras durante o movimento de abertura e fechamento da boca.

### Parecer após alteração

Após a reapresentação do referido projeto, as alterações solicitadas foram realizadas de maneira satisfatória, podendo ser APROVADO por este Comitê de Ética.

### Conclusão

Projeto Aprovado de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

**Obs.:** O Comitê de Ética em Pesquisa - CEP, de acordo com suas atribuições definidas na Resolução CNS 196/96, solicita ao pesquisador responsável que encaminhe o relatório final (em CD ou disquete) ou cópia da publicação do artigo ou resumo (em papel) referentes a este projeto no mês de **MAIO de 2009** com carta de encaminhamento ao Coordenador do CEP-UMC. Caso contrário, deve ser entregue uma justificativa para que não haja complicações na entrega de projetos posteriores.

Mogi das Cruzes, 26 de fevereiro de 2008.

Prof. Dr. Carlos Marcelo Gurjão de Godoy  
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa  
envolvendo Seres Humanos

## **ANEXO B – Avaliação – RDC/TMD – Eixo I**

AVALIAÇÃO – RDC/TMD – EIXO I

NOME: \_\_\_\_\_

IDADE: \_\_\_\_\_ SEXO: ( ) F ( ) M ALTURA: \_\_\_\_\_ PESO: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

PROFISSÃO: \_\_\_\_\_ TELEFONE: \_\_\_\_\_

Favor ler cada pergunta e responder de acordo. Para cada pergunta abaixo, circule somente uma resposta.

1. Você diria que a sua saúde em geral é excelente, muito boa, boa, razoável, ou precária?

1 Excelente      2 Muito boa      3 Boa      4 Razoável      5 Precária

2. Você diria que a sua saúde oral em geral é excelente, muito boa, boa, razoável, ou precária?

1 Excelente      2 Muito boa      3 Boa      4 Razoável      5 Precária

3. Você já teve dor na face, nos maxilares, têmpora, na frente do ouvido, ou no ouvido, no mês passado?

0 Não                      1 Sim

(Em caso de Não ter tido dor no mês passado, PULE para a pergunta 14) Se a sua resposta foi Sim,

4.a. Há quantos anos atrás a sua dor facial começou pela primeira vez? \_\_\_\_\_ anos

(Se há menos de um ano ou mais, PULE para a pergunta 5) - (Se há menos de um ano, marque 00)

4.b. Há quantos meses a sua dor facial começou pela primeira vez? \_\_\_\_\_ meses

5. A sua dor facial é persistente, recorrente, ou foi um problema que ocorreu somente uma vez?

1 Persistente      2 Recorrente      3 Uma vez

6. Você alguma vez já foi a um Médico, Dentista, Quiroprático ou outro profissional de saúde devido à dor facial?

1 Não      2 Sim, nos últimos seis meses      3 Sim, há mais de seis meses

7. Como você classificaria a sua dor facial, em uma escala de 0 a 10, no presente momento, isto é, exatamente agora, sendo 0 "sem dor" e 10 a "pior dor possível"?

Sem dor    0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    A pior dor possível

8. Nos últimos seis meses, qual foi a intensidade da sua pior dor, classificada pela escala de 0 a 10, em que 0 é "sem dor" e 10 é a "pior dor possível"?

Sem dor    0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    A pior dor possível

9. Nos últimos seis meses, em média, qual foi a intensidade da sua dor, classificada pela escala de 0 a 10, em que 0 é "sem dor" e 10 é a "pior dor possível"? [Isto é, sua dor usual nas horas que você estava sentindo dor].

Sem dor    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    A pior dor possível

10. Aproximadamente, quantos dias nos últimos 6 meses você esteve afastado de suas atividades usuais (trabalho, escola, serviço doméstico) devido à dor facial? \_\_\_\_\_ dias

11. Nos últimos 6 meses, quanto esta dor facial interferiu com suas atividades diárias, de acordo com uma escala de 0 a 10, em que 0 é "nenhuma interferência" e 10 é "incapaz de realizar qualquer atividade"?

Nenhuma interferência    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    Incapaz de realizar qualquer atividade

12. Nos últimos 6 meses, quanto esta dor facial alterou a sua capacidade de participar de atividades recreativas, sociais e familiares, sendo 0 “nenhuma alteração” e 10, “alteração extrema”?

Nenhuma alteração    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    Alteração extrema

13. Nos últimos 6 meses, quanto esta dor facial alterou a sua capacidade de trabalhar (incluindo serviço doméstico), sendo 0 “nenhuma alteração” e 10, “alteração extrema”?

Nenhuma alteração    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    Alteração extrema

14.a. Você alguma vez teve travamento articular, de forma que não foi possível abrir a boca por todo o trajeto?

0 Não                      1 Sim

[se nunca apresentou este tipo de problema, PULE para a pergunta 15] Se a sua resposta foi Sim,

14.b. Esta limitação de abertura mandibular foi severa a ponto de interferir com a sua capacidade de mastigar?

0 Não                      1 Sim

15.a. Os seus maxilares estalam quando você abre ou fecha a boca ou quando você mastiga?

0 Não                      1 Sim

15.b. Os seus maxilares crepitam quando você abre e fecha ou quando você mastiga?

0 Não                      1 Sim

15.c. Alguém lhe disse, ou você nota, que você range os seus dentes ou aperta os seus maxilares quando dorme à noite?

0 Não                      1 Sim

15.d. Durante o dia, você range os seus dentes ou aperta os seus maxilares?

0 Não                      1 Sim

15.e. Você sente dor ou rigidez nos seus maxilares quando acorda de manhã?

0 Não                      1 Sim

15.f. Você apresenta ruídos ou zumbidos nos seus ouvidos?

0 Não                      1 Sim

15.g. Você sente a sua mordida desconfortável ou incomum?

0 Não                      1 Sim

16.a. Você tem artrite reumatóide, lúpus, ou qualquer outra doença artrítica sistêmica?

0 Não                      1 Sim

16.b. Você conhece alguém na sua família que tenha qualquer uma dessas doenças?

0 Não                      1 Sim

16.c. Você já apresentou ou apresenta inchaço ou dor em qualquer das articulações que não sejam as articulações perto dos seus ouvidos (ATM)?

0 Não                      1 Sim

[em caso de Não ter tido inchaço ou dor nas articulações, PULE para a pergunta 17.a.] Se a sua resposta foi Sim,

16.d. É uma dor persistente que você vem tendo por pelo menos um ano?

0 Não                      1 Sim

17.a. Você teve alguma injúria recente contra sua face ou seus maxilares?

0 Não                      1 Sim

[em caso de Não ter tido injúria, pule para a pergunta 18] Se sua resposta foi Sim,

17.b. Você teve dor nos maxilares antes da injúria?

0 Não                      1 Sim

18. Durante os últimos 6 meses você teve dor de cabeça ou enxaquecas?

0 Não                      1 Sim

19. Que atividades o seu problema atual dos maxilares impede ou limita?

a. Mastigar	0 Não	1 Sim
b. Beber	0 Não	1 Sim
c. Exercitar-se	0 Não	1 Sim
d. Comer alimentos duros	0 Não	1 Sim
e. Comer alimentos moles	0 Não	1 Sim
f. Sorrir/gargalhar	0 Não	1 Sim
g. Atividade sexual	0 Não	1 Sim
h. Limpar os dentes ou a face	0 Não	1 Sim
i. Bocejar	0 Não	1 Sim
j. Engolir	0 Não	1 Sim
k. Conversar	0 Não	1 Sim
l. Manter a sua aparência facial usual	0 Não	1 Sim

20. No último mês, quanto você tem estado angustiado por:

a. Dores de cabeça

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

b. Perda de interesse ou prazer sexual

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

c. Fraqueza ou tontura

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

d. Dores no coração ou peito

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

e. Sensação de falta de energia ou lerdeza

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

f. Pensamentos sobre morte ou relacionados ao ato de morrer

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

g. Falta de apetite

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

h. Chorar facilmente

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

<b>i. Culpar a si mesmo pelas coisas</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>j. Dores na parte inferior das costas</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>k. Sentir-se só</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>l. Sentir-se triste</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>m. Preocupar-se muito com as coisas</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>n. Sentir nenhum interesse pelas coisas</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>o. Náusea ou distúrbio gástrico</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>p. Músculos doloridos</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>q. Dificuldade em adormecer</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>r. Dificuldade em respirar</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>s. Acessos calor/frio</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>t. Dormência ou formigamento em partes do corpo</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>u. Inchaço/protuberância na sua garganta</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>v. Sentir-se desanimado sobre o futuro</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>w. Sentir-se fraco em partes do corpo</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>x. Sensação de peso nos braços ou pernas</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	
<b>y. Pensamentos sobre acabar com a sua vida</b>					
0 Nem um pouco	1 Um pouco	2 Moderadamente	3 Muito	4 Extremamente	

**z. Comer demais**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**aa. Acordar de madrugada**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**bb. Sono agitado ou perturbado**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**cc. Sensação de que tudo é um esforço/sacrifício**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**dd. Sentimentos de inutilidade**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**ee. Sensação de ser enganado ou iludido**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**ff. Sentimentos de culpa**

0 Nem um pouco      1 Um pouco      2 Moderadamente      3 Muito      4 Extremamente

**21. Como você classificaria os cuidados que tem tomado para com a sua saúde, de uma forma geral?**

1 Excelente      2 Muito bom      3 Bom      4 Satisfatório      5 Insatisfatório

**22. Como você classificaria os cuidados que tem tomado para com a sua saúde oral?**

1 Excelente      2 Muito bom      3 Bom      4 Satisfatório      5 Insatisfatório

**23. Quando você nasceu? Dia\_\_\_\_\_ Mês\_\_\_\_\_ Ano\_\_\_\_\_****24. Sexo masculino ou feminino?**

1 Masculino      2 Feminino

**25. Qual dos grupos abaixo melhor representa a sua raça?**

1 Aleúte, Esquimó ou Índio Americano

2 Asiático ou Insulano Pacífico

3 Negro

4 Branco

5 Outro (favor especificar)\_\_\_\_\_

**26. Alguns destes grupos representa a sua origem nacional ou ancestralidade?**

1 Porto Riquenho

2 Cubano

3 Mexicano

4 Mexicano Americano

5 Chicano

6 Outro Latino Americano

7 Outro Espanhol

8 Nenhum

**27. Qual o seu grau de escolaridade mais alto ou último ano de escola que você completou?**

Nunca freqüentou a escola / jardim de infância      0 0

Escola Primária      1      2      3      4

Escola Ginásial      5      6      7      8

Científico      9      10      11      12

Faculdade      13      14      15      16      17      18+

**28a. Durante as últimas duas semanas, você trabalhou no emprego ou negócio, não incluindo trabalho em casa (inclui trabalho não remunerado em negócios/fazenda da família)?**

0 Não                      1 Sim

[Se a sua resposta foi Sim, PULE para a pergunta 29] Se a sua resposta foi Não,

**28b. Embora você não tenha trabalhado nas duas últimas semanas, você tinha um emprego ou negócio?**

0 Não                      1 Sim

[Se a sua resposta foi Sim, PULE para a pergunta 29] Se a sua resposta foi Não,

**28c. Você estava procurando emprego ou de dispensa, durante aquelas duas semanas?**

1 Sim, procurando emprego                      2 Sim, de dispensa  
3 Sim, ambos de dispensa e procurando emprego                      4 Não

**29. Qual o seu estado civil?**

1 Casado (a) – esposa (o) em casa                      2 Casado (a) – esposa (o) fora de casa  
3 Viúvo (a)                      4 Divorciado (a)  
5 Separado (a)                      6 Nunca me casei

**30. Qual foi a sua renda doméstica total durante os últimos 12 meses?**

R\$ \_\_\_\_\_ (Reais, moeda brasileira)

**NÃO PREENCHER. DEVERÁ SER PREENCHIDO PELO PROFISSIONAL**

\_\_\_\_ US\$ 0 – US\$ 14,999  
\_\_\_\_ US\$ 15,000 – US\$ 24,999  
\_\_\_\_ US\$ 25,000 – US\$ 34,999  
\_\_\_\_ US\$ 35,000 – US\$ 49,999  
\_\_\_\_ US\$ 50,000 ou mais

**31. Qual o seu CEP? \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_**

#### FORMULÁRIO DE EXAME

**1. Você tem dor no lado direito da sua face, lado esquerdo ou ambos os lados?**

0 nenhum                      1 direito                      2 esquerdo                      3 ambos

**2. Você poderia apontar as áreas aonde você sente dor?**

Direito	Esquerdo
0 Nenhuma	0 Nenhuma
1 Articulação	1 Articulação
2 Músculos	2 Músculos
3 Ambos	3 Ambos

**Examinador apalpa a área apontada pelo paciente, caso não esteja claro se é dor muscular ou articular**

**3. Padrão de Abertura**

0 Reto                      1 Desvio lateral direito (não corrigido)  
2 Desvio lateral direito corrigido ("S")                      3 Desvio lateral esquerdo (não corrigido)  
4 Desvio lateral esquerdo corrigido ("S")                      5 Outro

Tipo (especifique) \_\_\_\_\_

4. **Extensão de movimento vertical – incisivos maxilares utilizados: 11 - 21**

- a. Abertura sem auxílio sem dor \_\_\_ mm  
 b. Abertura máxima sem auxílio \_\_\_ mm  
 c. Abertura máxima com auxílio \_\_\_ mm  
 d. Transpasse incisal vertical \_\_\_ mm

Tabela abaixo: Para os itens "b" e "c" somente

DOR MUSCULAR				DOR ARTICULAR			
Nenhuma	direito	esquerdo	ambos	nenhuma	direito	esquerdo	ambos
0	1	2	3	0	1	2	3
0	1	2	3	0	1	2	3

5. **Ruídos articulares (palpação)**

a. **abertura**

	Direito	Esquerdo
Nenhum	0	0
Estalido	1	1
Crepitação grosseira	2	2
Crepitação fina	3	3

Medida do estalido na abertura \_\_\_ mm \_\_\_ mm

b. **Fechamento**

	Direito	Esquerdo
Nenhum	0	0
Estalido	1	1
Crepitação grosseira	2	2
Crepitação fina	3	3

Medida do estalido de fechamento \_\_\_ mm \_\_\_ mm

c. **Estalido recíproco eliminado durante abertura protrusiva**

	Direito	Esquerdo
Sim	0	0
Não	1	1
NA	8	8

6. **Excursões**

- a. Excursão lateral direita \_\_\_ mm  
 b. Excursão lateral esquerda \_\_\_ mm  
 c. Protrusão \_\_\_ mm

Tabela abaixo: Para os itens "a", "b" e "c"

DOR MUSCULAR				DOR ARTICULAR			
Nenhuma	Direito	esquerdo	ambos	nenhuma	direito	esquerdo	ambos
0	1	2	3	0	1	2	3
0	1	2	3	0	1	2	3
0	1	2	3	0	1	2	3

d. Desvio de linha média \_\_\_\_mm

1 direito      2 esquerdo      8 NA

7. Ruídos articulares nas excursões

Ruídos direito

	nenhum	estalido	Crepitação grosseira	Crepitação leve
Excursão Direita	0	1	2	3
Excursão Esquerda	0	1	2	3
Protrusão	0	1	2	3

Ruídos esquerdo

	nenhum	estalido	Crepitação grosseira	Crepitação leve
Excursão Direita	0	1	2	3
Excursão Esquerda	0	1	2	3
Protrusão	0	1	2	3

INSTRUÇÕES, ÍTENS 8-10

O examinador irá palpar (tocando) diferentes áreas da sua face, cabeça e pescoço. Nós gostaríamos que você indicasse se você não sente dor ou apenas sente pressão (0), ou dor (1-3). Por favor, classifique o quanto de dor você sente para cada uma das palpções, de acordo com a escala abaixo. Circule o número que corresponde à quantidade de dor que você sente. Nós gostaríamos que você fizesse uma classificação separada para as palpções direita e esquerda.

0 = Sem dor / somente pressão

1 = dor leve

2 = dor moderada

3 = dor severa

8. Dor muscular extra-oral com palpção

	DIREITO	ESQUERDO
a. Temporal (posterior) "parte de trás da têmpora"	0 1 2 3	0 1 2 3
b. Temporal (médio) "meio da têmpora"	0 1 2 3	0 1 2 3
c. Temporal (anterior) "parte anterior da têmpora"	0 1 2 3	0 1 2 3
d. Masseter (superior) "bochecha/abaixo do zigoma"	0 1 2 3	0 1 2 3
e. Masseter (médio) "bochecha/lado da face"	0 1 2 3	0 1 2 3
f. Masseter (inferior) "bochecha/linha da mandíbula"	0 1 2 3	0 1 2 3
g. Região mandibular posterior (estilo-hióideo/região posterior do digástrico) "mandíbula/região da garganta"	0 1 2 3	0 1 2 3

h. Região submandibular (pterigóideo medial/supra-hióideo/região anterior do digástrico) "abaixo do queixo"	0 1 2 3	0 1 2 3
<hr/>		
<b>9. Dor articular com palpação</b>		
	DIREITO	ESQUERDO
a. Pólo lateral "por fora"	0 1 2 3	0 1 2 3
b. Ligamento posterior "dentro do ouvido"	0 1 2 3	0 1 2 3
<hr/>		
<b>10. Dor muscular intra-oral com palpação</b>		
	DIREITO	ESQUERDO
a. Área do pterigóideo lateral "atrás dos molares superiores"	0 1 2 3	0 1 2 3
b. Tendão do temporal "tendão"	0 1 2 3	0 1 2 3

**ANEXO C** – Certificado de participação do prêmio Cândido Pinto de Melo no 21º congresso brasileiro de engenharia biomédica

**CBEB 2008**

21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica

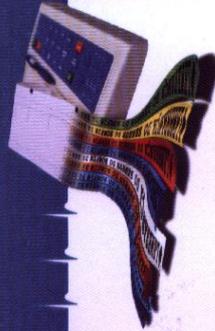
IV Congresso Brasileiro de Engenharia Clínica

VI Fórum de Tecnologia Aplicada à Saúde

**Engenharia Biomédica:  
A Engenharia da Saúde**

16 a 20 de Novembro

Centro de Convenções - Salvador - Bahia



## CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho:

**Método para descrição da movimentação da mandíbula por videogrametria**

De autoria de: Juliana Souza Miranda  
foi classificado entre os seis finalistas do prêmio Cândido Pinto de Melo,  
concedido aos melhores trabalhos de estudantes, no **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, e foi apresentado na sessão final do concurso, no dia de  
16 de novembro de 2008, na cidade de Salvador - Bahia - Brasil.

*Mara Souza*  
**Mara Clécia Dantas Souza**  
Presidente CBEB 2008

*Adson Ferreira da Rocha*  
**Adson Ferreira da Rocha**  
Coordenador Científico CBEB 2008



Realização  
GOVERNO DA Bahia  
Secretaria da Saúde  
TERRA DE TODOS NÓS



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)