

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**



**DISSERTAÇÃO**

**Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre**

Gabriela Neves Nunes

Pelotas, 2018

**GABRIELA NEVES NUNES**

**Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Pelotas como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física (linha de pesquisa: Comportamento Motor – subárea Biomecânica)

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristine Lima Alberton

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Stephanie Santana Pinto

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

N972p Nunes, Gabriela Neves

Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de down nos meios aquático e terrestre / Gabriela Neves Nunes ; Cristine Lima Alberton, orientadora ; Stephanie Santana Pinto, coorientador. — Pelotas, 2018.

98 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Força de reação do solo. 2. Caminhada. 3. Imersão.  
I. Alberton, Cristine Lima, orient. II. Pinto, Stephanie Santana, coorient. III. Título.

CDD : 796

GABRIELA NEVES NUNES

Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down*  
nos meios aquático e terrestre

Data da Defesa: 30 de Julho de 2018.

Banca Examinadora:

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Cristine Lima Alberton (orientadora)

Doutora em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Stephanie Santana Pinto (coorientadora)

Doutora em Ciência do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Alexandre Carriconde Marques

Doutor em Ciência do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Luiz Fernando Martins KrueI

Doutor em Ciência do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Fernanda de Souza Teixeira (suplente)

Doutora em Ciência de la Actividad Física y del Deporte pela Universidad de León, Espanha.

Dedico este trabalho as pessoas importantes da minha vida, meus pais

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Cláudia e Reginaldo, por toda força e incentivo que deram ao longo desse processo.

Aos meus familiares que mesmo “longe”, sempre estiveram me apoiando e incentivando, em especial a minha prima Liziane. Obrigada por todo apoio nessa reta final.

À minha amiga Flávia por estar presente para escutar meus desabaços e me confortar dizendo que “tudo vai passar e dar certo”. Obrigada, por me aturar nesse processo e nesses longos anos de amizade.

À melhor equipe de coleta, Luana, Vítor, Rochele, Graciele e seu pequeno Otávio que está para chegar nesse mundo. Obrigada pessoal, por me ajudarem nesses últimos meses de coletas, análises e enfrentarem o frio da piscina comigo.

Às meninas Gabriele e Jennifer, obrigada por todo suporte durante as coletas. Obrigada Gabi, por sempre arranjar um jeito para ajudar nas coletas e fora delas.

A todos os participantes e seus responsáveis que aceitaram fazer parte do estudo.

A todos do grupo Labneuro, muito obrigada pelos momentos de descontração e aprendizado ao longo desses anos.

Por fim e não menos importante, agradeço imensamente às minhas orientadoras Cristine e Stephanie. Obrigada por todos os conhecimentos passados ao longo desse tempo todo, tanto na área profissional quanto na área pessoal. Conviver com vocês é um aprendizado diário, muito obrigada mesmo.

## SUMÁRIO DO VOLUME

Projeto de Dissertação	11
Artigo científico	61
Anexos	90

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar os parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* (SD) realizada nos meios aquático e terrestre em diferentes intensidades. **Materiais e Métodos:** Participaram do estudo 14 pessoas com SD ( $27,86 \pm 7,91$  anos,  $58,41 \pm 12,91$  kg e  $1,41 \pm 0,10$  cm), que realizaram duas sessões de coleta de dados. A primeira sessão consistiu na familiarização dos participantes com a marcha e as intensidades autosselecionadas. A seguir, os participantes realizaram o protocolo no meio terrestre. Na sessão seguinte, os participantes executaram o protocolo no meio aquático. O protocolo, independente do meio, consistiu na realização da caminhada em três velocidades autosselecionadas (lenta, normal e rápida) em ordem randomizada. Os participantes realizaram 10 vezes a caminhada sobre uma passarela com as plataformas de força em cada intensidade para a aquisição dos dados de força de reação do solo vertical (Fz). Foram determinados o 1º e 2º picos da Fz, impulso, tempo de contato (TC) e taxa de aceitação do peso (TAP) para cada passo realizado com os membros direito e esquerdo. A comparação das variáveis dependentes entre passos direito e esquerdo foi realizada através do teste t pareado. A comparação das variáveis dependentes entre intensidades e meios foi realizada através da ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, com *post hoc* de Bonferroni. O índice de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$ .

**Resultados.** Foram encontradas diferenças significativas entre meios, sendo observado uma redução no meio aquático para o 1º da Fz (~69-73%), 2º pico Fz (~66-70%) da Fz, taxa de aplicação da força (~71-78%), e (~35-40%) independente da velocidade executada. Já para o TC foram observados maiores valores no meio aquático (201-232%). Em relação ao efeito da velocidade no meio aquático, o 1º pico e 2º pico da Fz não foram encontradas diferenças significativas ao longo do aumento da velocidade. Para o impulso e tempo de contato, houve reduções à medida que a velocidade era aumentada. Em contrapartida para a TAP, a medida que era aumentada a velocidade, seus valores também aumentara. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os membros direito e esquerdo, exceto para o 1º pico da Fz durante a velocidade rápida no meio aquático, no 2º pico da Fz na velocidade lenta no meio terrestre, para TAP durante a velocidade lenta no meio aquático e terrestre e rápida no



meio aquático e para o TC durante a velocidade lenta no meio terrestre.

**Conclusão:** Pessoas com SD apresentam uma redução nos valores de todos os parâmetros da Fz durante a caminhada no meio aquático em relação ao meio terrestre. Os valores de 1º pico e TAP aumentaram com o aumento da velocidade enquanto o impulso e TC foram reduzidos com o aumento da velocidade no meio aquático. Observamos como aplicações práticas que o meio aquático pode ser benéfico e seguro para a população com SD, visto que o este meio apresentou uma redução no impacto ao longo da caminhada. Além disso, a imersão proporciona uma redução na sobrecarga muscular e também maior força de resistência, auxiliando nos ganhos de força, conseqüentemente diminuindo a hipotonia muscular.

Palavras-chave: Força de reação do solo; Caminhada; imersão.

## ABSTRACT

**Purpose:** To analyze the kinetic parameters during gait performed in aquatic and dry land environments at different intensities by individuals with *Down's Syndrome* (DS). **Material and Methods:** Fourteen individuals with DS ( $27.86 \pm 7.91$  years,  $58.41 \pm 12.91$  kg,  $1.41 \pm 0.10$  cm) participated of the study and performed two data collection sessions. The first session consisted in participants' familiarization with the gait and self-selected intensities. Next, participants performed the protocol on dry land. In the following session, participants performed the protocol in the aquatic environment. The protocol consisted in the walking performance at three self-selected intensities (slow, normal and fast) in randomized order, regardless the environment. Participants performed 10 times the walking at each intensity over a walkway with the force platforms for the ground vertical reaction force (Fz) data acquisition. The 1<sup>st</sup> e 2<sup>nd</sup> peak Fz, impulse, contact time (CT) and loading rate (LR) for each step performed with the right and left lower limbs. The comparison of dependent variables between right and left steps was performed using paired t test. Dependent variables comparison between intensities and environments was performed using repeated measures ANOVA two-way, with Bonferroni *post hoc*. The significance level adopted was  $\alpha = 0.05$ . **Results:** Significant differences between environments were found, with a reduction corresponding to the 1<sup>st</sup> peak Fz (~69-73%) , 2<sup>nd</sup> peak Fz (~66-70%) and LR (~71-78%), (~35-40%) and for the impulse in the aquatic environment, regardless the velocity. For CT, higher values were observed in the aquatic environment (201-232%). Regarding to effect of aquatic environment, the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> Fz peak were not found significant difference along to velocity increase. For impulse and CT, there were decreases with the increase of velocity. On the other hand, for the LR, the values increased with the increase of velocity. There were no found statistical difference between left and right limbs, except for the 1<sup>st</sup> Fz peak during the fast velocity in aquatic environment, the 2<sup>nd</sup> Fz peak during slow velocity in land environment, the LR during the slow velocity in both aquatic and land environments and fast velocity in aquatic environment, the contact time during the slow velocity in land environment. **Conclusion:** Individuals with DS presented a reduction in values

from all Fz parameters during water walking in comparison to dry land. The 1<sup>st</sup> peak Fz and LR values increased with the velocity increases, while impulse and CT were reduced with the velocity increases in the aquatic environment. We observed as the practical implications that aquatic environment may be benefic and safe for the SD population, since this environment demonstrated decrease in the impact along to walking. Moreover, the immersion decreases the muscular overload and presented high resistance that assists to strength gains, consequently decrease the muscular hypotonia.

**Keywords:** Ground Reaction Force; Gait; immersion.

PROJETO DE DISSERTAÇÃO

## RESUMO

O objetivo do presente estudo é analisar os parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre em diferentes intensidades. Participarão do estudo 20 indivíduos com síndrome de *Down*. Os indivíduos irão realizar duas sessões de coleta de dados. A primeira sessão consistirá na familiarização dos participantes com a marcha e as intensidades autosselecionadas (lenta, normal e rápida). Nesta mesma sessão, os participantes serão orientados sobre todos os procedimentos e execução da marcha. Após 5 minutos, irão executar o protocolo no meio terrestre e na sessão seguinte, a marcha no meio aquático nas diferentes intensidades será realizada. A ordem das intensidades será determinada de formada randomizada. Em ambos os protocolos os participantes irão realizar 10 passadas sobre as plataformas de força em cada intensidade para a aquisição dos dados de pico, impulso e taxa de aceitação de peso da força de reação do solo vertical. Será respeitado um intervalo de 5 minutos entre as intensidades e de no mínimo 24 horas entre os meios. Para verificar a normalidade dos dados será utilizado teste de *Shapiro-Wilk*. A comparação das variáveis dependentes entre passos direito e esquerdo será realizada através do teste t pareado. A comparação das variáveis dependentes entre intensidades e meios será realizada através da ANOVA de dois fatores para medidas repetidas. Se houver interação significativa, será realizado desdobramento dos efeitos principais por meio do teste F. O índice de significância adotado será de  $\alpha=0,05$  e os dados serão processados no pacote estatístico SPSS versão 20.0.

Palavras-chave: Força de reação do solo; Caminhada; Síndrome de *Down*.

## Sumário

1. Introdução.....	15
1.1. Objetivo Geral.....	17
1.2. Objetivo Específicos.....	18
2. Revisão de Literatura.....	18
2.1 Síndrome de Down.....	18
2.2 Padrão de Marcha.....	19
2.2.1 Marcha no meio terrestre: Força de reação do solo.....	20
2.2.2 Marcha no meio aquático: Força de reação do solo.....	28
2.3 Marcha em pessoas com Síndrome de Down.....	38
3. Materiais e Métodos.....	47
3.1 Tipo do estudo.....	47
3.2 Amostra.....	47
3.2. Variáveis do Estudo.....	47
3.2.1. Variáveis Dependentes.....	47
3.2.2. Variáveis Independentes.....	48
3.2.3 Variáveis Controle.....	48
3.3. Protocolo experimental.....	48
3.4 Tratamento dos dados.....	50
3.5. Análise estatística.....	51
4. Cronograma.....	52
5. Orçamento.....	53
6. Referências.....	54
Anexo I.....	59

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1** – Características de estudos encontrados sobre a força de reação do solo vertical no meio terrestre.

**Quadro 2-** Características de estudos encontrados sobre a força de reação do solo vertical durante a caminhada nos meios aquático e terrestre

**Quadro 3-** Características de estudos encontrados sobre a marcha de pessoas com síndrome de Down no meio terrestre.

.

## 1. Introdução

A marcha é um movimento simples, mas ao mesmo tempo é considerado um movimento complexo de ser analisado, pois sua execução depende da combinação do movimento de vários segmentos e articulações (Angulo-Barroso et al 2008; Mann et al. 2008a). Além disso, é um processo evolutivo que começa desde a infância até a velhice, sendo o padrão de marcha modificado de pessoa para pessoa, independentemente de haver alguma limitação associada ou não. As modificações no caminhar estão associadas a problemas neurológicos, cognitivos, morfológicos e também a fatores externos (Mann et al. 2008b, Castro 2012).

Entre as pessoas que podem ter a marcha modificada, destacam-se as pessoas com síndrome de *Down* (SD) que além de apresentarem algumas alterações na marcha apresentam algumas doenças associadas. Entre elas, pode-se destacar a cardiopatia congênita, que acomete 40 a 50% dessa população, distúrbios na tireoide acometendo 4 a 15%, problemas de visão e audição acometendo 20 a 50% e obesidade acometendo 80 a 100% dos indivíduos com SD (Bull & Committee on Genetics 2011; de Ávila et al. 2011; OMS 2016). Além disso, pessoas com SD apresentam frouxidão ligamentar e baixo tônus muscular (hipotonia), que são os possíveis responsáveis pela modificação no padrão da marcha desta população (Almeida Matos 2005). Essas características prejudicam diretamente o desenvolvimento motor dos indivíduos, dificultando assim, a mobilidade e o equilíbrio de pessoas com SD (Santos Araujo et al. 2007; Gimenez et al. 2004).

De acordo com as características descritas acima, Wu et al. (2014a) observaram a força de reação vertical do solo (Fz) de crianças com e sem SD durante a caminhada em esteira realizada em duas velocidades autosseleccionadas. Os autores observaram que o grupo de crianças com SD durante a caminhada em velocidade autosseleccionada confortável apresentaram valores significativamente maiores para o primeiro pico da Fz e um decréscimo significativo tanto para o segundo pico da Fz como o impulso, quando comparado ao grupo sem SD. Na situação de maior velocidade, o grupo com SD obteve



valores significativamente maiores para o impulso e novamente um decréscimo no segundo pico da Fz.

Está bem consolidado que o comportamento motor da marcha modifica-se de acordo com o meio, velocidade e modo de execução (Mann et al. 2008b; Nilsson et al. 1989). Nesse sentido, a marcha realizada no meio aquático sofre alterações biomecânicas devido às propriedades físicas da água. A flutuação interfere diretamente no peso aparente e na força de reação do solo. Para a imersão ao nível de processo xifoide foi encontrado um peso aparente correspondente a 69-71% do peso corporal (Harrison et al. 1992; Krueel 1994; Alberton et al. 2013). Logo, a ação da flutuação gera uma menor sobrecarga nas articulações, especialmente nos membros inferiores, facilitando assim, a realização de movimentos. Outra propriedade do meio aquático que influencia a força de reação do solo é a força de resistência dos fluídos, visto que exercícios aquáticos podem gerar uma grande força de resistência na água, devido ao fato de o meio aquático apresentar maior densidade e viscosidade que o ar (Rebutini et al. 2012). Além disso, a área projetada e a velocidade de deslocamento em relação ao fluido também exercem influência na força de resistência resultante (Torres-Ronda et al. 2014). Nesse sentido, a marcha, que é um movimento de deslocamento horizontal, quando realizada no meio aquático resulta em diferente forma de aplicação da força durante um passo em comparação ao meio terrestre (Miyoshi et al. 2004; Barela & Duarte 2006; Roesler et al. 2006).

Estudos observaram a Fz durante a marcha no meio aquático, quando comparado meios, velocidades, níveis de imersão, formas de execução e sexo (Brito et al. 2004; Barela et al. 2006; Roesler et al. 2006; Barela & Duarte 2008; Carneiro et al. 2009). O estudo de Miyoshi et al. (2004) observou as respostas da Fz durante a caminhada realizada por indivíduos sem SD em diferentes velocidades autosseleccionadas e diferentes meios. Os autores encontraram que a magnitude da Fz foi menor no meio aquático em comparação ao meio terrestre independente da velocidade de execução. Barela e Duarte (2008) comparam as respostas cinéticas da caminhada em meio aquático entre indivíduos idosos e adultos jovens. Os autores observaram valores menores para o primeiro pico e impulso da Fz para o grupo de idosos em comparação aos adultos jovens tanto no meio aquático quanto no meio terrestre. A partir disto, pode-se ressaltar que

os idosos mudam suas estratégias de caminhar no meio aquático. Um estudo encontrado na literatura que observou a marcha realizada nos meios aquático e terrestre por crianças com mielomeningocele foi o de Carneiro et al. (2007). Os autores também encontraram menores valores para primeiro e segundo pico da Fz no meio aquático quando comparado ao meio terrestre. Dessa forma, pode-se destacar que para essa população com mielomeningocele, o meio aquático pode ser considerado um meio seguro, tendo em vista que esta síndrome também pode gerar prejuízos no desenvolvimento motor.

É importante destacar que ainda não está consolidado na literatura que há diferenças entre caminhar no meio aquático e no meio terrestre em diversas populações. Além disso, o meio aquático pode proporcionar um alívio de sobrecarga nos membros inferiores, facilitando os deslocamentos e reduzindo o impacto nas articulações de indivíduos executando diferentes atividades na posição vertical. Dessa forma, esse meio pode ser uma alternativa segura para a reabilitação ou correção e treinamento da marcha de pessoas que apresentam dificuldades locomotoras e com baixo tônus muscular como pessoas com SD. Visto que há ausência de estudos na literatura observando parâmetros biomecânicos durante a caminhada dessa população no meio aquático, o presente estudo destaca o seguinte problema de pesquisa:

Os parâmetros cinéticos pico, taxa de aceitação do peso e impulso da Fz durante a caminhada de pessoas com síndrome de Down são modificados pelo meio e intensidade de esforço?

### 1.1. Objetivo Geral

Analisar a força de reação do solo vertical durante a caminhada de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre em diferentes intensidades de esforço.

## 1.2. Objetivo Específicos

- Analisar e comparar o primeiro e segundo picos da força de reação do solo vertical durante a caminhada de pessoas com síndrome de *Down* entre os meios aquático e terrestre e diferentes intensidades autosselecionadas;
- Analisar e comparar o impulso da força de reação do solo vertical durante a caminhada de pessoas com síndrome de *Down* entre os meios aquático e terrestre e diferentes intensidades autosselecionadas;
- Analisar e comparar a taxa de aceitação de peso durante a caminhada de pessoas com síndrome de *Down* entre os meios aquático e terrestre e diferentes intensidades autosselecionadas.
- Analisar e comparar o tempo de apoio durante a caminhada de pessoas com síndrome de *Down* entre os meios aquático e terrestre e diferentes intensidades autosselecionadas.

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1 Síndrome de Down

A síndrome de *Down* (SD) foi descoberta por John Langdon Down no ano de 1866. Esta alteração genética é diagnosticada através de uma alteração cromossômica no par de cromossomos 21, e pode ocorrer de três formas distintas: trissomia simples, diagnosticada em 95% da população com SD; translação Robertsonia, entre 3% a 4% da população; e o mosaïcismo, alteração cromossômica mais rara de ser encontrada, contemplando entre 1% a 2% da população com SD (Mazzone et al. 2004). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (2016), a prevalência mundial da SD é observada em uma proporção estimada de 1:1000 nascimentos vivos.

Além disto, as pessoas com SD apresentam prevalências em algumas doenças, como hipotonia muscular, acometendo 100% dos indivíduos, alterações na coluna cervical, entre 1% e 10% dos indivíduos, cardiopatia congênita, entre 40 e 50% da população, problemas de audição, entre 50 e 70%,

problemas de visão, entre 15 e 50%, distúrbios na tireoide, entre 4 e 15% da população, problemas neurológicos, entre 5 e 10%, e obesidade acometendo entre 80 a 100% da população com SD (Bull & Committee on Genetics 2011; OMS, 2016).

## 2.2 Padrão de Marcha

O andar é caracterizado por uma sequência regular de movimentos adaptáveis e aparentemente simples, fundamental para o desenvolvimento motor, social e cognitivo. A marcha é um dos movimentos mais complexos que o corpo humano pode executar por mais que seja um gesto rotineiro (Angulo-Barroso et al. 2008, Castro 2012). A marcha é composta por vários ciclos e fases, processos estes que basicamente consistem em sucessivos movimentos de apoios duplos e unilaterais dos pés (Meireles et al. 2014). Envolvidos nesses ciclos, existem duas fases importantes para a realização da marcha, a fase de apoio que é determinada quando o pé está por sua totalidade em contato com o solo e a fase de balanço que ocorre quando há o despregue dos dedos para realizar a passada (Bruxel 2010).

Ao realizar a marcha, existem diversas forças externas sendo empregadas para que ocorra o deslocamento (Barela et al., 2011). Entre elas, podemos destacar a força da gravidade, a força de atrito, a força de reação do solo (FRS) e a força de resistência aos fluidos, que são forças que dão interações ao corpo e ambiente e que causam o movimento do corpo no espaço.

A FRS é a força externa que é mais comumente investigada durante a marcha e apresenta três componentes: o componente vertical ( $F_z$ ), que está relacionado aos movimentos longitudinais, e os componentes anteroposterior ( $F_x$ ) e mediolateral ( $F_y$ ), que estão relacionados aos movimentos horizontais. Durante a marcha no meio terrestre, a curva da  $F_z$  apresenta dois picos e um vale, formato similar a um "M". O primeiro pico corresponde a primeira metade do período da passada que é caracterizado quando o membro inferior recebe o peso corporal, logo após o contato do pé com o solo. O segundo pico ocorre no final do processo anterior, caracterizando o impulso contra o solo para dar início ao próximo passo. Entre esses picos há uma deflexão da curva, ligeiramente

menor que os picos, chamado de vale, caracterizado quando o pé está na posição plana em relação ao solo (Toso, 2012).

Ainda, a força de gravidade está intimamente ligada a  $F_z$ , decorrente do peso corporal e de qualquer aceleração e desaceleração que agem sobre o corpo. A força de atrito atua durante os momentos de começo e fim de locomoções, além de alterar a velocidade e direção da marcha (Barela et al. 2011). No meio aquático, existem algumas propriedades que estão ligadas a  $F_z$  como a força de resistência aos fluidos, já que exercícios aquáticos podem gerar uma força de resistência na água devido ao meio apresentar uma maior densidade e viscosidade que o ar. A área projetada e a velocidade de deslocamento em relação ao fluido também influenciam na força de resistência (Rebutini et al. 2012; Torres-Ronda et al. 2014).

### 2.2.1 Marcha no meio terrestre: Força de reação do solo

Para a análise da marcha no meio terrestre, o parâmetro mais utilizado para observar o comportamento da marcha em diferentes velocidades e formas de execução é através da força de reação do solo. Dessa forma, foram encontrados alguns estudos que observaram o comportamento da  $F_z$  na caminhada realizada no meio terrestre em diversas idades e em ambos os sexos

Observando o comportamento da  $F_z$  na marcha durante diferentes velocidades o estudo de Wang et al. (2013) observou  $F_z$  durante a caminhada de 30 adultos jovens (15 mulheres e 15 homens) que realizaram a caminhada em três velocidades diferentes classificadas como regular (1,1 m/s), média (1,4m/s) e rápida (1,7 m/s). Foram determinados o primeiro pico, pico mínimo e o segundo pico da  $F_z$ , o comprimento de passada, tempo de apoio e frequência de passada. Os autores verificaram que não houve diferenças entre os sexos durante a caminhada. No entanto, ao comparar velocidades, diferenças significativas foram observadas no primeiro pico durante a caminhada realizada na condição rápida quando comparado com a velocidade regular. Para o segundo pico e o pico mínimo não houve diferenças entre as três velocidades. Além disso para as variáveis tempo de apoio foram encontradas diferenças entre

a velocidade rápida quando comparado com a velocidade regular, sendo observados valores significativamente menores durante a caminhada rápida. Para a frequência de passada, observaram maiores valores durante a caminhada rápida quando relacionada com a velocidade média. Os autores concluíram que a caminhada em velocidade rápida resulta em maiores magnitudes da Fz em relação às outras velocidades.

Ainda observando o comportamento da Fz durante a realização da marcha em diferentes velocidades, Masani et al. (2002) observaram a variabilidade da Fz durante a caminhada em seis velocidades diferentes. Participaram do estudo 10 homens adultos jovens que realizaram a caminhada nas velocidades de 3,0 km/h, 4,0 km/h, 5,0 km/h, 6,0 km/h, 7,0 km/h e 8,0 km/h. Durante a caminhada foram determinadas as variáveis de primeiro e segundo pico da Fz. Os autores verificaram diferenças significativas na velocidade mais baixa quando comparado com a velocidade mais rápida, sendo observados valores maiores para a velocidade mais rápida (8,0 km/h) de caminhada tanto para o primeiro pico como para o segundo pico quando comparado com as demais velocidades. A partir destes achados os autores concluíram que a Fz pode sofrer alterações durante a realização da caminhada em diferentes velocidades.

Além destes fatores avaliados, o estudo de Damavandi et al. (2012) observou a Fz durante a caminhada e a corrida com e sem inclinação (positiva e negativa) em esteira. Participaram do estudo nove homens jovens que realizaram seis condições diferentes: caminhada e corrida no plano (0%); caminhada e corrida em declínio (-10%) e caminhada e corrida com inclinação (10%) em velocidades que variaram em 1,3 a 3,8 m/s. Foram determinados o primeiro pico e segundo pico da Fz em cada condição a partir de uma plataforma acoplada a esteira. Os autores encontraram diferenças significativas para todas situações de caminhada e corrida para o primeiro pico quando comparado com a caminhada realizada no plano (0%). Foram observados valores significativamente maiores para o primeiro pico da Fz durante a caminhada em declínio (-10%) Os autores concluíram que os resultados podem estar relacionados com fato de que para realizar a caminhada em declínio é necessário um controle postural mais complexo, ou seja, maiores níveis de

equilíbrio visto que há uma maior instabilidade para a realização da caminhada em declínio em relação as outras condições.

Um dos fatores que pode alterar as respostas da Fz durante a caminhada no meio terrestre é a quantidade de massa corporal sustentada pelo indivíduo. O estudo de Pamukoff et al. (2016) comparou os parâmetros da Fz durante a caminhada entre adultos obesos e adultos eutróficos. Participaram do estudo 30 adultos (15 adultos obesos e 15 adultos eutróficos) que realizaram dez tentativas da marcha em velocidade autosselecionada em uma passarela de 10 metros, sendo determinados o pico da Fz e a taxa de aceitação de peso. Como resultados, os autores verificaram que não houve diferença significativa entre os grupos para o pico da Fz, mesmo sendo observado que o grupo de obesos realizou a caminhada de forma mais lenta que o grupo eutrófico. Já para a taxa de aceitação do peso, o grupo de obesos apresentou valores significativamente maiores em relação ao grupo de eutróficos, possivelmente pelo fato de que o corpo sofre alterações ou doenças que afetam a mobilidade dessa população.

Por outro lado, Barela et al. (2014) determinaram a Fz durante a caminhada com suporte parcial do peso corporal de jovens de ambos os sexos. Participaram do estudo 18 jovens (9 homens e 9 mulheres) saudáveis que realizaram a marcha em velocidade autosselecionada suspensos a 0%, 15% e 30% do peso corporal, sendo determinados o primeiro e segundo pico da Fz, o impulso e a taxa de aceitação do peso dos membros inferiores direito e esquerdo. Foram encontrados como resultados que todos os participantes caminharam de forma mais lenta quando comparado com a velocidade de caminhada regular. O comportamento das variáveis de primeiro, segundo pico da Fz, vale e impulso foram inversamente proporcionais ao aumento dos percentuais de redução do peso, ou seja, a medida que aumentava os percentuais de redução (15% e 30%), os picos e o impulso eram reduzidos quando comparado com a menor condição de suspensão (0%). Para a taxa de aceitação do peso, não foram encontradas diferenças significativas nas diferentes condições de redução do peso corporal. A partir disto, os autores concluíram que as variáveis de pico e impulso sofrem alterações direta com diferentes percentuais de redução do peso.

Outro fator que também auxilia nas modificações biomecânicas durante a marcha realizada no meio terrestre é a idade. Diop et al. (2005) observaram a influência da variação da velocidade e idade nos parâmetros de Fz de crianças com a marcha normal. Participaram do estudo 47 crianças (24 meninas e 23 meninos) que foram divididos em três grupos: grupo 1 composto por 15 crianças de 4-6 anos; grupo 2 composto por 16 crianças de 6-8 anos e grupo 3 composto por 16 crianças de 8-10 anos. Os grupos caminharam na esteira em três velocidades diferentes 2,7 km/h, 3,6 km/h e 4,5km/h, sendo determinados o primeiro e segundo pico da Fz e o impulso. Como resultados, os autores observaram que o grupo 1 apresentou maiores valores para o primeiro pico quando comparado aos demais grupos. Os grupos 2 e 3 apresentaram valores significativamente maiores para o segundo pico e impulso quando comparado com o grupo 1. Em relação a variação da velocidade, foi observado um aumento para o primeiro pico da Fz com o aumento da velocidade, enquanto o impulso diminuiu e o segundo pico da Fz não foi influenciado com a variação da velocidade. Dessa forma, os autores concluíram que tanto a variação de velocidade como a idade podem influenciar nos parâmetros da Fz durante a caminhada.

Adicionalmente, alguns estudos avaliaram a Fz durante a caminhada para frente e para trás. O estudo de Lee et al. (2013) analisou a curva e os picos da Fz durante os dois modos de caminhada realizada por 31 sujeitos em velocidade autosselecionada por uma passarela de 10 metros. Os autores observaram que a curva ao longo da caminhada para frente apresentou dois picos bem definidos, diferente da caminhada para trás, que apresentou somente um pico. Além disso, o primeiro pico da caminhada para trás apresentou valores maiores quando comparado à caminhada para frente. Além disso, a velocidade autosselecionada apresentou diferenças significativas entre os modos de caminhada, sendo a caminhada para trás realizada de forma mais lenta. Os autores concluíram que esse comportamento apresentado pela curva deve-se ao fato de que na caminhada para trás há uma maior aplicação de força contra o solo, demonstrando somente um pico.

Outro estudo que comparou diferentes modos de realizar a caminhada foi o estudo de Mahaki et al. (2017), que observou o comportamento da Fz durante



a caminhada para frente e para trás realizada em velocidade autosselecionada em 24 homens jovens. O primeiro e segundo pico da Fz foram determinados em cada situação, durante o passo com os pés esquerdo e direito. Os autores observaram que o primeiro pico durante a caminhada para trás apresentou valores significativamente maiores quando comparado com a caminhada para frente. Já o segundo pico da Fz apresentou diferenças significativamente menores na caminhada para trás quando relacionada na situação para frente. Além disso, os autores verificaram que durante a fase de apoio, na caminhada para trás, a Fz apresentou valores significativamente maiores durante o contato inicial em ambos os pés. Durante a fase de impulso, a Fz apresentou valores maiores durante a caminhada para trás, mas não demonstrou diferença estatística entre os membros inferiores (pés esquerdo e direito). A partir disto, os autores concluíram que a Fz é modificada pela variação no modo da caminhada.

Observando os estudos supracitados, pode-se destacar que a magnitude da Fz é sensível às modificações que nosso corpo sofre como também a forma e a velocidade de execução da caminhada. A Fz também está ligada com as modificações do centro de massa e esta variação altera os parâmetros da Fz. No Quadro 1 estão apresentadas as características de estudos encontrados sobre a força de reação do solo vertical no meio terrestre.

Quadro 1: Características de estudos encontrados sobre a força de reação do solo vertical no meio terrestre.

Autores/Ano	População	Variáveis	Protocolo Experimental	Resultados
Wang et al (2013)	30 adultos jovens 15 mulheres 15 homens	1º pico da Fz 2º pico da Fz Pico mínimo	Caminhada na esteira em três velocidades diferentes: regular = 1.1m/s média = 1.4m/s rápida = 1.7m/s	Durante a caminhada rápida o 1º pico da Fz foi significativamente maior quando comparada a caminhada regular. Já para o segundo pico e o pico mínimo não houve diferenças significativas entres os grupos.
Masani et al. (2002)	10 homens jovens	1º pico da Fz 2º pico da Fz	Caminhada na esteira em 6 velocidades: 3.0km/h, 4.0 km/h, 5.0km/h, 6.0km/h, 7.0km/h e 8.0km/h	Os picos apresentaram maior magnitude da Fz quando a caminhada foi realizada em velocidade mais rápida quando comparado com as mais baixas.
Damavandi et al (2012)	9 homens jovens	1º pico da Fz	Caminhada e corrida em diferentes situações. Sem inclinação (0%) Com inclinação (10%) Com declínio (-10%)	Encontraram diferenças significativas em todas as situações para o 1º pico quando comparada com a caminhada (0%). Durante a caminhada em declínio o 1º pico apresentou maior magnitude quando comparado com as demais situações
Pamukoff et al (2016)	30 adultos 15 obesos 15 eutróficos	1º pico da Fz Taxa de aceitação de peso/loading rate	Caminhada em velocidade autosselecionada	Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para a magnitude do 1º pico da Fz. Já para a taxa de aceitação de peso, o grupo de obesos apresentaram valores significativamente maiores em relação ao grupo eutrófico .

Barela et al (2014)	18 jovens 9 Mulheres 9 Homens	1º pico da Fz Vale Taxa de aceitação do peso Impulso	Caminhada em velocidade autosselecionada com redução do peso corporal em três níveis de suspensão 0%, 15% e 30% do peso corporal	Encontraram que com aumento dos percentuais de redução (15% e 30%) ocorreu uma diminuição no 1º pico da Fz e para o vale quando comparado com situação 0%. Não houve diferenças estatísticas para a taxa de aceitação do peso em nenhuma das condições. O impulso apresentou valores significativamente menores nos maiores percentuais de redução (15% e 30%) quando comparado com a situação sem suspensão (0%).
Diop et al (2005)	47 crianças: Grupo 1: 15 crianças 4-6 anos Grupo 2: 16 crianças 6-8 anos Grupo 3: 16 crianças de 8-10 anos.	1º pico da Fz 2º pico da Fz Impulso	Caminhada na esteira em três velocidades: 2.7km/h, 3.6km/h e 4.5km/h	O G1 apresentou maiores valores para o 1º pico da Fz em relação aos demais grupos. Os grupos 2 e 3 apresentaram valores significativamente maiores para a variável de 2º pico e impulso quando comparado ao grupo 1. Com o aumento da velocidade o 1º pico da Fz também aumentou. O 2º pico da Fz diminuiu com o aumento da velocidade e o Impulso não sofreu alterações durante as variações de velocidade.

Lee et al (2013)	31 Sujeitos de ambos os sexos	1º pico da Fz	Caminhada para frente e para trás em velocidade autosselecionada	Observaram que o 1º pico apresentou valores maiores durante a caminhada para trás quando comparado a caminhada para frente, mas não foram observadas diferenças estatisticamente comprovadas.
Mahaki et al (2017)	24 homens jovens	1º pico da Fz 2º pico da Fz	Caminhada para frente e para trás em velocidade autosselecionada	O 1º pico da Fz durante a caminhada para trás apresentou valores significativamente maiores quando comparado com a situação de caminhada para a frente. Já para o 2º pico durante a caminhada trás foi significativamente menor do que nada caminhada para frente.

### 2.2.2 Marcha no meio aquático: Força de reação do solo

No meio aquático o padrão de marcha é diferente do meio terrestre, devido as forças que atuam nesse meio, como as forças de arrasto da água e a força de empuxo. O estudo de Barela e Duarte (2008) demonstrou que a marcha de idosos e adultos realizada no meio aquático resultou em redução na força de compressão sobre as articulações, pois a força do empuxo age de forma oposta a da gravidade, reduzindo assim o peso aparente, proporcionando uma facilidade na execução de movimento. Alguns estudos observaram a imersão ao nível de processo xifoide e encontraram uma redução aparente correspondente a 69-71% do peso corporal (Harrison et al. 1992; Krueger, 1994; Albertson et al. 2013). Já a força de arrasto oferece a resistência ao movimento, dificultando e reduzindo a velocidade de execução da marcha, pois essa força é influenciada pela densidade do meio, e a densidade da água é significativamente maior que a do ar, além de outros parâmetros que influenciam na magnitude da força de arrasto, como por exemplo o coeficiente de forma, a área projetada e a velocidade do movimento (Alexander 1977).

Dentro da literatura pesquisada foram encontrados diversos estudos que observaram e compararam o comportamento da componente vertical da FRS (i.e.,  $F_z$ ) durante exercício em meio aquático, como caminhada e corrida, realizados por diversas populações, de ambos os sexos e em diferentes meios (Nakazawa et al. 1994; Miyoshi et al. 2004; Barela et al. 2006; Roesler et al. 2006; Carneiro et al. 2007; Barela & Duarte 2008; Carneiro et al. 2009; Hauptenthal et al. 2010; Carneiro et al. 2012; Hauptenthal et al. 2013).

Alguns estudos encontrados na literatura, compararam a marcha em diferentes níveis de profundidade no meio aquático. O estudo de Brito et al. (2004) observou a marcha de onze sujeitos de ambos os sexos (sete homens e quatro mulheres) realizada em velocidade autosselcionada em diferentes níveis de imersão (quadril e joelho) no meio aquático com o intuito de observar o primeiro e segundo pico da  $F_z$  e a taxa de aceitação do peso. Os autores verificaram uma redução na magnitude da  $F_z$  e na taxa de aceitação do peso durante a imersão, destacando valores maiores desta redução para a situação

de marcha com imersão ao nível de quadril. Durante a caminhada no meio terrestre, a Fz apresentou o primeiro e o segundo pico bem definidos, diferente do encontrado no meio aquático na imersão ao nível de joelho e quadril, em que a curva não apresentava esta característica. Foram observadas reduções significativas de maior magnitude da Fz durante a caminhada em imersão ao nível do quadril quando comparado ao meio terrestre e imersão ao nível de joelho. Através dos resultados supracitados, foi possível determinar que quanto maior for o nível de imersão, menor é a magnitude da Fz.

O estudo de Hauptenthal et al. (2010) observou a caminhada aquática de 22 participantes adultos de ambos os sexos (11 homens e 11 mulheres). Os participantes executaram a caminhada em dois níveis de imersão no meio aquático (quadril e peito) em velocidade autosseleccionada. A partir disto, os autores observaram que não houve diferença significativa entre os dois níveis de imersão para o tempo de contato durante a realização da marcha. O pico da Fz também apresentou comportamento e magnitude similares durante a caminhada em ambos os níveis de imersão. Os sujeitos foram significativamente mais rápidos ao realizarem a caminhada imersos ao nível do quadril do que imersos ao nível do peito para uma mesma intensidade de esforço (autosseleccionada), mas essa diferença não interferiu no comportamento da Fz.

Em outro estudo com metodologia similar ao estudo supracitado, Hauptenthal et al. (2013) observaram os efeitos de dois níveis de imersão (quadril e peito) durante a corrida aquática em duas velocidades, rápida (0,9 m/s) e lenta (0,7 m/s). Vinte sujeitos de ambos os sexos (10 homens e 10 mulheres), com idades entre 18 e 35 anos foram avaliados durante a corrida, com a determinação do pico e da taxa de aplicação da Fz. Como resultados, houve diferença significativa entre sexo, velocidade de execução e níveis de imersão. As mulheres apresentaram valores significativamente maiores para o pico da Fz. Com o aumento da velocidade, a magnitude da Fz também aumentou para ambos os sexos. Por outro lado, o comportamento da Fz em relação aos níveis de imersão foi contrário, visto que quanto maior o nível de imersão, menor foi o valor de pico da Fz. Para a taxa de aplicação de força, observou-se que esta variável está intimamente ligada aos níveis de imersão, pois a diminuição do nível de imersão (quadril) gerou incremento na taxa de aplicação da força.

Nakazawa et al. (1994) analisaram a marcha de seis sujeitos (quatro homens e duas mulheres, com idade média de 25 anos) em diferentes níveis de profundidade (0,4 m, 0,7 m, 1,0 m e 1,2 m) no meio aquático, realizada em velocidade autosselecionada. Foram determinados o pico, tempo de apoio e impulso da Fz no meio aquático em comparação ao meio terrestre. Os autores encontraram incrementos no tempo de apoio à medida que o nível de imersão era aumentado. O pico da Fz e o impulso durante a caminhada aquática foram reduzidos em comparação com os valores obtidos durante a caminhada no meio terrestre. Para a magnitude da Fz, os níveis de imersão mais baixos apresentaram uma maior magnitude, quando comparado a execução da marcha no meio terrestre.

Outro estudo que analisou os efeitos da profundidade de imersão, associada aos efeitos da variação na velocidade de execução sobre a Fz foi o de Roesler et al. (2006). A amostra foi composta por 60 sujeitos (28 mulheres e 32 homens) que foram divididos em três grupos de acordo com a profundidade de imersão: imersão ao nível do manúbrio; imersão entre o manúbrio e o processo xifoide; e imersão na altura do processo xifoide. Duas velocidades de execução foram utilizadas, fixa em 40 batidas por minuto ( $b \cdot \text{min}^{-1}$ ) controlada por metrônomo e máxima autosselecionada. Além disso, os autores compararam duas posições de membros superiores. Portanto, quatro situações de marcha foram analisadas: marcha lenta e membros superiores ao lado do corpo dentro da água, marcha lenta e membros superiores para fora da água, marcha rápida e membros superiores ao lado do corpo dentro da água e marcha rápida e membros superiores fora da água. Os autores verificaram que a medida que incrementava a velocidade a magnitude da Fz também aumentava. Para as situações dos membros superiores, houve valores significativamente maiores para a Fz quando os membros superiores estavam para fora da água. Os autores destacaram que com a diminuição do nível de imersão a magnitude da Fz aumentava. Além disto, observaram para a taxa de aceitação de peso que os valores da Fz reduziram com a diminuição do nível de imersão, retirada dos membros superiores e com aumento da velocidade da marcha.

Outro estudo que também reporta a caminhada em diferentes velocidades nos meios aquático e terrestre foi o estudo de Miyoshi et al. (2004). Os autores

avaliaram 15 homens realizando a marcha nos meios aquático (profundidade de imersão no peito) e terrestre em diferentes velocidades autosseleccionadas (lenta, rápida e confortável). Os autores observaram menor magnitude da Fz no meio aquático para o primeiro e segundo pico da Fz para todas as velocidades em comparação ao meio terrestre. Não foram encontradas diferenças significativas entre as velocidades no meio aquático durante a caminhada.

O estudo de Barela et al. (2006) observou as características da marcha de 10 adultos jovens por meio da Fz. Os participantes realizaram a caminhada em velocidade autosseleccionada nos meios aquático (profundidade de processo xifoide) e terrestre. Durante a marcha foram observados a magnitude dos dois picos e o impulso da Fz. Como resultados, houve uma redução na velocidade da caminhada aquática em comparação à terrestre. Para os picos da Fz e o impulso, ocorreu um decréscimo quando comparados ao meio terrestre. Vale ressaltar que este estudo, diferente dos outros, a normalização das variáveis para a caminhada aquática foi realizada através do peso aparente determinado no meio aquático e tal análise impactou nas conclusões do estudo em relação a comparação entre meios.

Outro estudo de Barela & Duarte (2008) observou e comparou a caminhada realizada nos meios aquático e terrestre por indivíduos idosos e adultos. Vinte participantes, sendo 10 sujeitos idosos e 10 sujeitos adultos jovens, realizaram a caminhada, com a determinação do primeiro e segundo picos, impacto e impulso da Fz. A partir das análises das variáveis supracitadas, os autores encontraram que o primeiro pico da Fz durante a marcha do grupo de idosos foram significativamente menor quando comparado ao grupo adulto no meio aquático. Para a variável de impacto, os valores também foram significativamente menores para o grupo idosos e ambos os grupos apresentaram valores menores para o meio aquático em relação ao meio terrestre. Não houve diferenças entre grupos para a variável impulso no meio terrestre, já no meio aquático, o grupo de idosos apresentou valores significativamente mais baixos. Levando em conta esses resultados, os sujeitos de ambos os grupos, apresentaram características de marcha distintas em ambos os meios. Os autores observaram que os idosos modificaram sua



característica de marcha no meio aquático, quando comparado ao meio terrestre, por isso apresentaram diferenças nas variáveis observadas.

O estudo de Carneiro et al. (2009) observou as características da Fz durante a marcha de crianças (duas meninas com 12 anos e um menino com 11 anos). Os participantes realizaram a caminhada em velocidade autosseleccionada nos meios aquático e terrestre, com a análise do primeiro e segundo picos máximos e pico mínimo da Fz. Os autores encontraram como resultados que a velocidade de execução diminuiu no meio aquático. O primeiro e segundo picos da Fz foram significativamente menores no meio aquático enquanto os valores de pico mínimo da Fz foram semelhantes. A partir destes resultados, pode-se concluir que a marcha de crianças no meio aquático, apresenta valores significativamente mais baixos para os picos da Fz.

Em outro estudo de Carneiro et al. (2012), a Fz foi investigada durante a marcha para frente e para atrás em adultos no meio aquático (profundidade do processo xifoide) e terrestre. Participaram do estudo 22 adultos (11 homens e 11 mulheres) que realizaram a caminhada em cada situação em velocidade autosseleccionada, com determinação dos dois picos máximos e pico mínimo da Fz. Como resultados, os autores encontraram valores significativamente menores para os picos da Fz durante a caminhada realizada no meio aquático. Além disso, os picos da Fz durante a caminhada aquática para trás resultaram em maiores valores comparado a caminhada para frente.

Outro estudo que observou a Fz durante a marcha foi o de Orselli et al. (2011), na qual 10 sujeitos jovens (seis mulheres e quatro homens com média de idade de 24 anos) foram avaliados ao longo da caminhada realizada em velocidade autosseleccionada no meio aquático e terrestre. A partir disto, foram observados o pico e o impulso da Fz em cada situação. Os autores encontraram valores significativamente menores no tempo de apoio durante a caminhada realizada no meio aquático quando comparada a caminhada realizada no meio terrestre. Para o pico e impulso da Fz também foram observadas magnitudes menores para o meio aquático.

Somente um estudo foi encontrado avaliando a marcha aquática em pessoas com alterações motoras na marcha. Carneiro et al. (2007) observaram

a marcha de duas crianças com sequelas de mielomeningocele (síndrome que também afeta o sistema cognitivo e motor) nos meios aquático e terrestre. As crianças estavam imersas ao nível do esterno e realizaram a caminhada em velocidade autosselecionada. Os autores encontraram que os valores para os picos da Fz foram menores no meio aquático quando comparado ao meio terrestre. Já para o tempo de apoio, as crianças apresentaram maior tempo para realizar o passo no meio aquático em relação ao meio terrestre. Além disto, quando comparado a variabilidade dos membros inferiores para as mesmas variáveis, não foram observadas diferenças entre os membros inferiores direito e esquerdo durante a marcha em ambos os meios.

Em vista dos estudos supracitados, é possível destacar que todos os estudos envolvendo comparação entre meios, independente se for somente a caminhada ou corrida mostraram que a Fz obteve menores valores no meio aquático quando comparado ao meio terrestre. Percebe-se também que o nível de imersão e intensidade influenciam de forma significativa na magnitude da Fz. No Quadro 2 estão apresentadas as características de estudos encontrados sobre a Força de reação do solo vertical durante a caminhada nos meios aquático e terrestre.

Quadro 2: Características de estudos encontrados sobre a Força de reação do solo vertical durante a caminhada nos meios aquático e terrestre

Autores/Ano	População	Variáveis	Protocolo Experimental	Resultados
Barela et al. (2006)	10 Jovens	1º e 2º picos da Fz Impulso Duração da fase de apoio	10 passadas em velocidade autosselcionada no MT e MA Imersão: processo xifoide	Semelhança entre meios para duração da fase de apoio. Diferenças entre as velocidades, menor no MA Redução do peso aparente Picos e Impulso da FRS valores significativamente menores no MA do que no MT.
Barela & Duarte (2008)	20 sujeitos 10 idosos 10 adultos	Magnitude da Fz 1º e 2º pico Impulso	10 passadas sobre a plataforma em velocidade autosselecionada. Imersão: processo xifoide	Idosos apresentaram valores menores para 1º e 2º pico, impulso no MA em relação ao MT e ao grupo adulto.
Brito et al. (2004)	11 homens 7 homens 4 mulheres	1º e 2º pico da Fz Taxa de aceitação do peso	10 passadas em cada nível de imersão: quadril e joelho em velocidade autosselecionada	Redução na magnitude da força peso durante a imersão. 14,6% na imersão joelho e 56,3% ao nível de quadril. Houve reduções na taxa de aceitação do peso 33,41% ao nível de joelho e 78.58% ao nível de imersão do quadril.

				A magnitude da FRS foi menor na imersão do quadril. MT apresentou magnitudes da FRS significativamente maiores que o MA.
Carneiro et al. (2007)	2 crianças com miogomeningocele 1 menino 1 menina	1º e 2º pico da Fz Tempo de apoio	10 passadas em cada meio. Imersão a nível de processo xifoide. Velocidade autosseleccionada	Encontraram diferenças entre as curvas. Os picos da FRS foram menores no MA quando comparados ao MT. Já o tempo de apoio apresentou valores maiores no MA quando comparado ao MT.
Carneiro et al. (2009)	3 crianças	1º e 2º pico da Fz Pico mínimo da Fz	12 passadas sobre a plataforma em velocidade autosseleccionada	Os picos da FRS foram significativos menores no MA. O pico mínimo foi semelhante entre as amostras e menor no MA.
Carneiro et al. (2012)	22 sujeitos	1º e 2º pico da Fz	10 passadas em cada situação de deslocamento: caminhada para a frente, caminhada para trás. Velocidade autosseleccionada	Diferenças significativas entre os picos da FRS para as situações. A caminhada para trás apresentou valores significativamente maiores pra FRS quando comparado a caminhada para a frente. Menores valores de pico no MA para ambas situações de deslocamento.
Hauptenthal et al. (2010)	22 sujeitos 11 homens 11 mulheres	Pico da Fz	6 passadas em cada nível: peito e quadril em velocidade autosseleccionada.	Semelhança entre os valores de pico da FRS-V entre as duas situações de imersão.

Haupenthal et al. (2013)	20 sujeitos 10 homens 10 mulheres	Pico da Fz Taxa de aplicação de força	Corrida em dois níveis de imersão: quadril e peito Velocidades: lenta (0,7m/s) e rápida (0,9m/s).	Mulheres correram significativamente mais rápido que os homens na imersão ao nível de quadril. Maior a FRS quando a imersão era menor para os dois gêneros e as velocidade. ≠ entre os gêneros nas duas velocidades para a FRS. Não encontraram ≠ para a taxa de aplicação de força entre as velocidades autosslecionadas.
Miyoshi et al. (2004)	15 homens jovens	Pico da Fz	10 passadas em cada situação de velocidade: rápida, lenta e confortável. Imersão correspondente a redução de 80% do peso corporal no meio terrestre.	A FRS foi significativamente menor no MA do que no MT. A magnitude da FRS foi menor na caminhada considerada confortável no MA quando comparado ao MT na mesma velocidade.
Nakazawa et al. (1994)	6 sujeitos 4 homens 2 mulheres	1º e 2º pico da Fz Tempo de contato Impulso	5 passadas sobre a plataforma em cada nível de imersão: 0,4m, 0,7m, 1,0m e 1,2m. Velocidade autosslecionada	Aumento do tempo de apoio com o aumento da imersão. 1º e 2º pico e Impulso foram atenuados com o aumento da imersão. Na imersão a 1,2m houve redução de 50% do PC.

				Diminuição da magnitude do impulso na imersão de 1,0 e 1,2m. Magnitude da FRS maior no MT do que no MA
Orselli et al. (2011)	10 homens jovens	1º pico da Fz Impulso Tempo de contato	10 passadas em velocidade autosselecionada imersos ao nível do processo xifoide.	O pico da Fz foi significativamente menor no MA do que no MT. O impulso também foi menor no MA em comparação os MT. Não foram observadas diferenças entre os meios para o tempo de apoio.
Roesler et al. (2006)	60 sujeitos 30 homens 30 mulheres	Pico da Fz Magnitude da Fz Taxa de aceitação de peso	3 grupos: imersos ao externo; imersos entre externo e processo xifoide; imersos a nível de processo xifoide. Realizaram 4 passagens sobre a plataforma em velocidade autosselcionada e pré-selecionada (40 rpm). Situações do MMSS: ao lado do corpo e fora d'água.	O pico da Fz foi significativamente menor quando a velocidade era maior (40 bpm) MMSS para fora d'água aumenta o pico da Fz. Menor magnitude da FRS quando o nível de imersão era maior. Redução da taxa de aceitação do peso quando havia uma diminuição no nível de imersão, retirada dos membros superiores e aumento da velocidade.

Nota: Força de reação do solo vertical (Fz); Meio aquático (MA); Meio Terrestre (MT); Membros Superiores (MMSS).

### 2.3 Marcha em pessoas com Síndrome de Down

Alguns problemas motores são observados em pessoas com SD durante a infância, mas que continuam na idade adulta, devido a fatores como a frouxidão ligamentar, hipotonia muscular, diminuição da massa muscular, quantidade excessiva de gordura e deficiência no equilíbrio. Esses fatores influenciam diretamente na biomecânica das atividades da vida diária, como a marcha, causando limitações ao longo do tempo. Diante disto, foram encontrados estudos demonstrando que indivíduos com SD apresentam prejuízos na marcha, juntamente ao controle postural. Esse prejuízo ao longo da execução da marcha está intimamente ligado a essas disfunções. (Gimenez et al. 2004; Almeida Matos 2005; Galli et al. 2015; Smith et al. 2010).

Alguns estudos foram encontrados comparando parâmetros biomecânicos durante o ciclo de marcha em crianças com e sem SD. O estudo de Rigoldi et al. (2011) observou a marcha de 68 pessoas, sendo 32 com SD e 36 sem SD, em diversas faixas etárias (crianças, adolescentes e adultos). Os participantes caminharam por 10 metros em uma passarela com uma plataforma acoplada, no intuito de observar o comprimento de passada dos sujeitos. Os autores observaram que o grupo com SD obteve valores mais baixos de comprimento de passada quando comparado ao grupo sem SD em todas as faixas etárias. Os grupos com SD diminuíram sua base durante a caminhada gerando um aumento no tempo de contato com a superfície, diferente do grupo controle. Desta forma, os participantes com SD reduziram os movimentos das articulações distais no plano sagital, aumentando o movimento do quadril para garantir a progressão da marcha. Segundo os autores, possivelmente, isso deve-se ao fato de os participantes com SD tentarem retardar a sensação de instabilidade distal por causa da frouxidão ligamentar e hipotonia muscular, e por isso, acabam diminuindo o comprimento de passada e aumentando o tempo de apoio do pé durante a marcha.

Outro estudo que observou o comprimento e a largura de passada, o tempo de apoio e a velocidade durante a marcha de pessoas com e sem SD foi realizado por Horvat et al. (2012). Os autores avaliaram 24 sujeitos adultos, sendo 12 com SD e 12 sem SD, que realizaram três passadas sobre a plataforma

realizando a caminhada em duas velocidades autosselecionadas (confortável e rápida). Os autores encontraram diferenças significativas entre os grupos nas variáveis comprimento e largura de passada na situação rápida, observando valores significativamente mais baixos para o grupo com SD. Outras diferenças encontradas foram nas variáveis temporais, na qual o grupo com SD apresentou valores significativamente maiores para o tempo de apoio e velocidade quando comparados ao grupo sem SD.

O estudo de Wu et al. (2014a) observou a marcha de crianças com e sem SD no meio terrestre. Participaram do estudo 20 crianças com e sem SD que realizaram a caminhada em esteira (com plataforma de força acoplada) em duas velocidades autosselecionada, com ou sem carga externa acoplada ao tornozelo. Foi observado que ao longo da caminhada o grupo com SD apresentou frequência de passada de forma similar que seus pares sem síndrome nas diversas situações. A caminhada em velocidade mais rápida e com carga externa no tornozelo ajudou o grupo com SD a produzir mais potência ao caminhar, fazendo com que as suas passadas fossem similares quando comparadas ao grupo sem SD. Os autores analisaram concomitantemente às análises temporais, medidas cinéticas, como o primeiro e segundo pico da Fz e o impulso. A partir destas avaliações, o grupo com SD apresentou valores significativamente maiores no primeiro pico da Fz, e um decréscimo significativo no segundo pico da Fz e no impulso em comparação ao grupo sem síndrome durante a caminhada em menor velocidade. Na velocidade autosselecionada rápida, o grupo com SD apresentou valores significativamente maiores para o impulso e um decréscimo no segundo pico da Fz comparado ao grupo sem síndrome. Foi observado que a caminhada com a utilização da carga externa acoplada ao tornozelo auxiliou no aumento significativo na magnitude do segundo pico da Fz e do impulso do grupo com SD. A partir destes resultados, os autores sugerem que a utilização da carga externa auxiliou o grupo com SD a executar a caminhada de forma semelhante ao grupo sem síndrome.

Outro estudo de Wu et al. (2014b) comparou a caminhada na esteira e no solo em pré-adolescentes com e sem SD, em diferentes velocidades autosselecionadas. Participaram deste estudo 20 sujeitos, sendo 10 com SD e 10 sem síndrome, na qual foram observados o tempo de contato, largura do



passo e velocidade de passada através de uma plataforma de força. Utilizando a metodologia similar ao estudo citado acima, foi possível observar que durante a caminhada no solo, o grupo com SD realizou a marcha de forma mais lenta em todas as variáveis em comparação ao grupo sem SD e apresentaram maior tempo de contato. Já na situação de caminhada na esteira o grupo com SD realizou a marcha de forma mais lenta em todas as condições. Diante disto, e corroborando o estudo acima, os pré-adolescentes com SD aumentaram a largura do passo utilizando a carga externa e conseqüentemente a marcha tornou-se semelhante aos indivíduos sem síndrome enquanto caminhavam na esteira. A utilização da carga externa durante a caminhada possivelmente auxiliou no equilíbrio dos indivíduos com SD.

O estudo de Smith et al. (2012) também observou a caminhada em esteira de adultos com e sem SD em diferentes velocidades. Participaram do estudo 20 adultos entre 35 e 62 anos, sendo 10 com e 10 sem a síndrome. Os participantes realizaram a marcha em esteira em três velocidades a 40%, 75% e 110% da velocidade determinada confortável pelos participantes, na qual foram observadas a largura do passo, comprimento e frequência de passada. Como resultados, com o aumento da velocidade da esteira, os participantes aumentaram sua frequência e comprimento de passada, diminuindo a largura da passada. Além disso, os adultos com SD apresentaram valores significativamente menores de frequência de passada quando comparados aos adultos sem síndrome em todas as situações de caminhada. Para o comprimento de passada, não foram observadas diferenças entre os grupos, mas à medida que aumentava a velocidade, o comprimento de passada aumentava da mesma maneira. O grupo com SD apresentou valores menores para o comprimento de passada em relação ao grupo sem síndrome. A partir disto, é possível afirmar que adultos com SD adaptam sua marcha em resposta a diferentes velocidades em esteira.

Outro estudo que observou a caminhada em pessoas com SD durante a caminhada em esteira foi o de Rodenbusch et al. (2013), no qual os efeitos da inclinação da esteira na marcha de crianças com SD foram observados. Participaram deste estudo 16 crianças que foram avaliadas ao longo da caminhada em dois níveis de inclinação (0% e 10%) em velocidade confortável.

A partir disto, os autores determinaram a cadência, comprimento de passo, tempo de apoio e tempo do ciclo de passada. Foi verificado que a inclinação interferiu nos parâmetros da caminhada, reduzindo a velocidade de passada e o tempo apoio e aumentando o tempo de ciclo de passada. Desta forma, sugerem que a esteira inclinada auxilia na reabilitação da caminhada para esta população. Segundo os autores, este resultado pode estar relacionado com fato de que a marcha realizada de forma inclinada pode requisitar mais dos músculos dos membros inferiores, os quais são afetados pela hipotonia muscular.

O estudo de Cimolin et al. (2011) avaliou a caminhada de 19 sujeitos com a síndrome de Prader-Willi, 21 sujeitos com SD e 20 sujeitos sem síndrome. A síndrome de Prader-Willi é semelhante à síndrome de *Down*, pois também é uma desordem cromossômica, apresentando retardo mental e interferindo no desenvolvimento da marcha. Nesse estudo, os sujeitos realizaram cinco passadas da marcha em velocidade autosselecionada sobre uma passarela contendo uma plataforma de força com o intuito de determinar a velocidade, largura da passada, cadência, potência máxima do tornozelo e amplitude de movimento. Os autores observaram que os grupos com síndrome apresentaram estratégias de marcha diferentes, mas apresentaram semelhanças nas variáveis de velocidade, largura e cadência de passada. Além disso, o grupo com SD apresentou valores mais baixos de amplitude de movimento do tornozelo em relação aos sujeitos com síndrome de Prader-Willi. Em relação à potência máxima do tornozelo durante a caminhada, os grupos sindrômicos apresentaram valores significativamente menores em comparação ao grupo controle, sendo os valores mais baixos para o grupo com SD em relação aos demais. Já para a amplitude de movimento, os grupos sindrômicos apresentaram intervalos significativamente menores entre as passadas quando comparados ao grupo sem síndrome. A partir destes resultados, pode-se confirmar que as síndromes interferem diretamente no desenvolvimento da marcha e, portanto, necessitam de exercícios que auxiliem na melhora da hipotonia, força muscular e controle postural.

Baseado nos estudos acima mencionados, pode-se verificar que a literatura ainda é escassa com relação ao comportamento biomecânico da marcha de pessoas com SD, e maior atenção foi dada aos parâmetros

cinemáticos do que cinéticos durante a caminhada em meio terrestre. Adicionalmente, pode-se destacar que a grande maioria dos estudos supracitados foram realizados com crianças, no entanto o padrão motor da marcha ainda está em desenvolvimento nessa fase. Os estudos em sua totalidade reforçam que há uma necessidade de ser observado de uma forma melhor o padrão motor desta população. Os estudos que observaram os parâmetros temporais como, frequência de passada, tempo de apoio, e comprimento de passada, mostraram que a população com SD apresentou maior tempo de apoio e menores frequência e comprimento de passada em comparação a pessoas sem SD. Tal fato pode ser explicado pela população com a síndrome apresentar dificuldades no equilíbrio por retardar a sensação de instabilidade por causa da frouxidão ligamentar e fraqueza muscular. Sendo assim, existe uma lacuna acerca de estudos que investiguem os parâmetros cinéticos de pessoas adultas com SD durante a marcha em meio terrestre e, especialmente no meio aquático, realizada em diferentes intensidades. No Quadro 3 estão apresentadas as características de estudos encontrados sobre a marcha de pessoas com síndrome de Down no meio terrestre.

A metanálise de Valentin-Gudiol et al. (2017) observou que o método mais aplicado atualmente para o treinamento da marcha em populações com atraso no desenvolvimento motor é a marcha realizada em esteira no meio terrestre. Todavia, nem todos os estudos incluídos na metanálise revelaram melhorias significativas no desenvolvimento motor dessa população após o treinamento. Adicionalmente a isto, há uma lacuna na literatura em relação a análise de parâmetros biomecânicos durante a marcha aquática de sujeitos que apresentam disfunções no desenvolvimento motor. Nesse cenário, o meio aquático pode ser uma alternativa de treinamento para a reabilitação ou correção da marcha para a população com síndrome de *Down*.

Quadro 3: Característica de estudos encontrados sobre a marcha de pessoas com síndrome de Down no meio terrestre

Autores/Ano	População	Variáveis	Protocolo Experimental	Resultados
Rigoldi et al. (2011)	68 participantes em diferentes idades (crianças, adolescentes e adultos) 32 com SD 36 sem SD	Comprimento de passada Tempo de contato	10 passadas em velocidade autosselecionada	O grupo com SD apresentou menor base e comprimento de passada durante a caminhada, consequentemente maior tempo de contato, quando comparado ao grupo sem SD.
Wu et al. (2014a)	20 participantes crianças 10 com SD 10 sem SD	Frequência de passada Velocidade 1º e 2º picos da Fz Impulso	Caminhada na esteira em duas velocidades autosselecionadas (confortável e rápida) com e sem carga no tornozelo.	Houve semelhança entre a frequência de passada em todas as situações entre grupos. A carga no tornozelo auxiliou o grupo com SD a realizar a caminhada em velocidade semelhante ao grupo sem SD, não apresentando diferenças na velocidade entre os grupos. Para a Fz, o grupo com SD apresentou valores significativamente maiores para o 1º pico e menores para o 2º pico e impulso em comparação ao grupo sem SD. Na condição mais rápida de velocidade houve um

				decréscimo no 2º pico e um aumento no impulso da Fz. A caminhada com carga acoplada resultou em valores significativamente maiores para o impulso e valores menores para o 2º pico da Fz.
Wu et al. (2014b)	20 participantes adultos 10 com SD 10 sem SD	Tempo de contato Largura de Passada Velocidade	Caminhada na esteira e no solo em duas velocidades autosseleccionadas (confortável e rápida) com e sem carga no tornozelo.	O grupo com SD apresentou maior tempo de contato em relação ao grupo sem SD. A caminhada do grupo com SD foi significativamente mais lenta fora da esteira em todas as situações, com exceção na velocidade rápida e sem carga externa. Na caminhada em esteira ocorreu o mesmo comportamento para a caminhada em todas as situações. A carga externa auxiliou para o grupo com SD aumentar a largura de passada.
Smith et al. (2012)	20 participantes adultos 10 com SD 10 sem SD	Largura de passada Comprimento de passada Frequência de passada	Caminhada em esteira em 3 velocidades autosseleccionadas: confortável, 40% da velocidade confortável	O grupo com SD apresentou menor frequência de passada nas três situações de caminhada. A medida que aumentava a velocidade aumentava a frequência e

			e 100% da velocidade confortável.	o comprimento de passada em ambos os grupos. Para o comprimento de passada houve semelhança entre os grupos, mas o grupo com SD apresentou valores mais baixos em todas as situações de velocidade.
Rodenbusch et al. (2013)	16 participantes crianças com SD	Comprimento de passada Tempo de apoio Tempo de ciclo de passada	Caminhada em esteira em diferentes inclinações (0% e 10%) em velocidade autosselecionada confortável.	A inclinação resultou em aumento do tempo de ciclo de passada, na diminuição comprimento de passada e no tempo de apoio.
Horvat et al. (2012)	24 participantes adultos 12 com SD 12 sem SD	Comprimento de Passada Largura de Passada Tempo de Apoio Velocidade	3 passadas em cada situação de velocidade autosselecionada (confortável e rápida) executando a marcha em solo	O grupo com SD apresentou valores significativamente mais baixos para as variáveis de comprimento e largura de passada na situação rápida em relação ao grupo sem SD. Para as variáveis de tempo de apoio e velocidade, o grupo com SD apresentou maiores valores em relação ao grupo sem síndrome.
Cimoli et al. (2010)	60 participantes jovens adultos 19 Síndrome Parder-Willi	Velocidade Largura da passada Cadência	5 passadas sobre a passarela realizando a marcha em velocidade autosselecionada	Houve semelhança entre os grupos para as variáveis largura de passada, velocidade e cadência. Foram observados valores mais baixos para

	21 com SD 20 sem SD	Potência máxima do tornozelo Amplitude de movimento		o grupo com Síndrome de <i>Down</i> em relação ao grupo com Síndrome Parder-Willi, Na potência máxima e na amplitude de movimento, os grupos sindrômicos obtiveram valores significativamente menores que o grupo sem síndrome.
--	------------------------	--	--	--

Nota: SD – Síndrome de *Down*; Fz- Força de reação vertical do solo

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Tipo do estudo

Estudo quantitativo transversal do tipo observacional comparativo.

#### 3.2 Amostra

A amostra do presente estudo será composta por 20 indivíduos com síndrome de *Down* que participam do Projeto Carinho Down Dança da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas. Os participantes serão convidados de forma intencional. Para a seleção da amostra, os participantes deverão ter idade entre 18 e 40 anos, não apresentar histórico de doenças cardiovasculares, endócrinas, metabólicas ou neuromusculares e também não poderão utilizar algum tipo de medicamento com influência no sistema neuromuscular. Os indivíduos com síndrome de *Down* deverão ter marcha independente e compreensão de comando verbal. Além disso, não poderão ter deficiência visual e/ou auditiva, deficiência mental grave e não poderão fazer uso sistemático de medicações anticonvulsivantes. A participação será decidida após a assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido pelos pais e/ou representante legal dos indivíduos com síndrome de *Down*. Todos os participantes e/ou responsáveis serão informados que o experimento envolve riscos mínimos, mas que providências adequadas serão tomadas em caso de algum possível acidente. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Pelotas (CAAE:39941414.5.0000.5313).

#### 3.2. Variáveis do Estudo

##### 3.2.1. Variáveis Dependentes

- Força de reação do solo vertical durante um passo da caminhada:

- primeiro pico;
- segundo pico;
- impulso;
- taxa de aceitação de peso;
- tempo de contato



### 3.2.2. Variáveis Independentes

- Membro do passo: Direito e esquerdo;
- Intensidades de marcha: velocidade autosselecionada lenta, normal e rápida;
- Ambiente: terrestre e aquático.

### 3.2.3 Variáveis Controle

- Temperatura da água: entre 31° e 33°C
- Profundidade de Imersão: fixada entre processo xifoide e ombros.

## 3.3. Protocolo experimental

O protocolo experimental será realizado em duas sessões, realizadas sempre na ordem meio terrestre seguida do meio aquático. Na primeira sessão, serão mensurados os dados de massa corporal e estatura dos participantes através de uma balança (WELMY; São Paulo, Brasil), com resolução de 100 g, e um estadiômetro acoplado, com resolução de 1 mm, respectivamente. Após os participantes serão familiarizados com a marcha no meio terrestre nas três velocidades autosselecionadas. A marcha será demonstrada e todos os detalhes de execução e amplitude de movimento serão explicados. A seguir, os participantes irão realizar o protocolo que consistirá na execução da marcha nas três velocidades autosselecionadas.

Na segunda sessão os participantes irão realizar o protocolo no meio aquático. Inicialmente ocorrerá a familiarização da marcha nas três intensidades. Após, será realizado a mensuração do peso aparente, com os participantes posicionados sobre a plataforma no meio aquático, imersos na profundidade de processo xifoide, com os braços relaxados. A seguir, os participantes irão realizar o protocolo que consistirá na execução da marcha nas três velocidades autosselecionadas. O protocolo experimental está ilustrado no fluxograma representado na Figura 1.

Em ambos os meios, os participantes irão realizar a marcha com os pés descalços e serão adquiridos 10 passadas (1 passo com o membro direito em uma plataforma e outro passo com o membro esquerdo em outra plataforma) em

cada velocidade autosselecionada com finalidade de mensurar força de reação do solo vertical ( $F_z$ ). O protocolo terrestre será realizado em uma sala com a temperatura ambiente entre 22 e 26°C. O protocolo aquático será executado em uma piscina com a temperatura da água entre 31 e 33°C e a profundidade de imersão foi fixada entre o processo xifoide e os ombros. Em ambos os meios haverá um instrutor ao lado dos participantes durante a realização da caminhada.

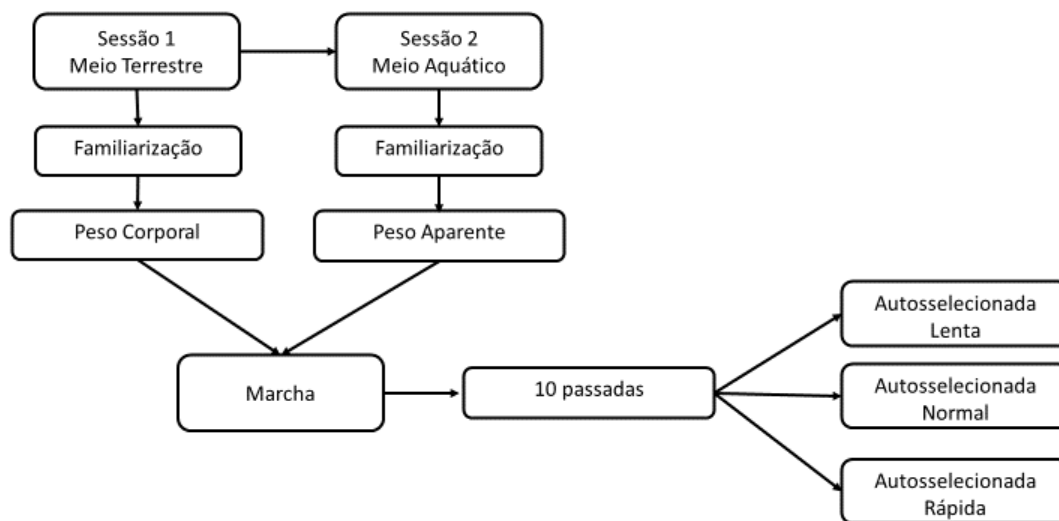


Figura 1 - Fluxograma do protocolo experimental.

Para a avaliação da  $F_z$ , tanto no meio aquático como no meio terrestre, serão utilizadas duas plataformas de força subaquática EMG *System* com capacidade de até 200 kgf, acopladas em sequência em uma plataforma (Figura 2). A frequência de amostragem será de 500Hz. Os dados serão transmitidos para um computador pessoal, através do *software* EMGLab V1.1.



Figura 2 – Foto da passarela com as plataformas.

### 3.4 Tratamento dos dados.

A partir da relação entre as variáveis peso corporal (PC) e peso aparente (PAp), medidas em Newton, nos meios terrestre e aquático, respectivamente, será obtido o percentual de redução do PAp (%PAp). O sinal da Fz captado pela plataforma de força será coletado no *software* EMGLab V1.1., e posteriormente, exportado para o *software* SAD32 (Laboratório de Medidas Mecânicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, Brasil). A seguir, será realizada a filtragem digital do sinal, utilizando-se o filtro passa baixa *Butterworth*, com frequência de corte de 10 Hz e ordem 3. Serão realizados os recortes correspondentes a dez ciclos completos de passo de cada sujeito (direito e esquerdo), em cada intensidade e meio. A partir disto, serão determinados os valores de primeiro e segundo picos de cada passo dos sujeitos, dos membros inferiores direito e esquerdo que serão determinados através do comando *acha picos*, expressos em unidades de força (N) normalizadas pelo peso corporal (PC) medido no meio terrestre, expressos em unidades de PC. O impulso será determinado através da integral força-tempo, correspondente a área da curva recortada entre o primeiro e último contato do pé com o solo, expresso em N.s. A taxa de aceitação de peso será através da primeira derivada da força pelo tempo (N/s), no trecho correspondente a 10% a 90% do contato do pé com o solo até o primeiro pico da Fz, relativizados pelo PC medido no meio terrestre, e expressos como PC/s. O tempo de contato será determinado baseado na diferença entre o tempo correspondente ao primeiro e último contato do pé com o solo, sendo expresso em segundos (s).

### 3.5. Análise estatística

Para analisar os dados coletados, será utilizada estatística descritiva, com os dados apresentados através de média  $\pm$  desvio-padrão (DP). A normalidade da amostra será verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*. A comparação das variáveis dependentes entre passos direito e esquerdo será realizada através do teste t pareado. A comparação das variáveis dependentes entre intensidades e meios será realizada através da ANOVA de dois fatores para medidas repetidas. Se houver interação significativa, será realizado desdobramento dos efeitos principais por meio do teste F. O índice de significância adotado será de  $\alpha=0,05$  e os dados serão processados no pacote estatístico SPSS versão 20.0.



## 5. Orçamento

<b>Material</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Passarela	2.000,00
Fita tape	40,00
Impressões	60,00
<b><i>Total</i></b>	<b>2.100,00</b>

\*Os custos serão financiados pelo autor do projeto

## 6. Referências

- Alberton, C. L., Tartaruga, M. P., Pinto, S. S., Cadore, E. L., Antunes, A. H., Finatto, P., & Krueel, L. F. (2013). Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. Int J Sports Med, 34 (10), 881–887.
- Alexander R. Mechanics and energetics of animal locomotion (1977);. In: Alexander R, Goldspink G (eds.). Swimming London: Chapman & Hall 222 – 248
- Almeida Matos, M. (2005). Instabilidade atlantoaxial e hiperfrouxidão ligamentar na síndrome de *Down*. Acta Ortopédica Brasileira 13(4).
- Angulo-Barroso, R. M., J. Wu and D. A. Ulrich (2008). Long-term effect of different treadmill interventions on gait development in new walkers with *Down* syndrome. Gait Posture 27(2): 231-238.
- Barela AMF, de Freitas PB, Celestino ML, Camargo MR, Barela JA. Ground reaction forces during level ground walking with body weight unloading. Braz J Phys Ther. 2014; 18(6):572-579
- Barela, A. M. and M. Duarte (2008). Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. J Electromyogr Kinesiol 18(3): 446-454.
- Barela, A. M., S. F. Stolf and M. Duarte (2006). Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. J Electromyogr Kinesiol 16(3): 250-256.
- Brito, R., H. Roesler, A. Haupenthal and P. Souza (2004). Análise comparativa da marcha humana em solo à subaquática em dois níveis de imersão: joelho e quadril. Braz. J. Phys. Ther. 8(1): 7-12.
- Bruxel, Y. (2010) Sistema para análise de impacto na marcha humana. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Bull, M.J MD, and the Committee on genetics (2011). Clinical Report— Health supervision for children with down syndrome. Pediatrics 128 (2).
- Carneiro, L., B. Fontes, A. Haupenthal, P. Souza and G. Schutz (2007). Marcha en el medio terrestre y en el medio acuático en niños con secuelas de mielomeningocele. Revista de Neurología 44(8): 507-509.
- Carneiro, L. C., A. Haupenthal, G. R. Schütz, P. V. d. Souza, G. M. S. Tavares and H. Roesler (2009). Características cinemáticas e dinamométricas da marcha de crianças em ambiente aquático. Fisioterapia em Movimento 22(3): 427-438.

- Carneiro, L. C., S. M. Michaelsen, H. Roesler, A. Hauptenthal, M. Hubert and E. Mallmann (2012). Vertical reaction forces and kinematics of backward walking underwater. Gait Posture 35(2): 225-230.
- Castro, K. C. d. (2012). Características biomecânicas dos pés durante a marcha de crianças típicas e com síndrome de *Down*. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- Cimolin, V., M. Galli, G. Grugni, L. Vismara, H. Precilios, G. Albertini, C. Rigoldi and P. Capodaglio (2011). Postural strategies in Prader-Willi and *Down* syndrome patients. Res Dev Disabil 32(2): 669-673.
- Damavandi, M. Dixon, P.C a, Pearsall, J.P. (2012). Ground reaction force adaptations during cross-slope walking and running. Human Movement Science 31 (2012) 182–189
- de Ávila, D. C. d. C., F. S. P. Bom, L. M. Juschaks and D. I. R. Ribas (2011). Avaliação da marcha em ambiente terrestre em indivíduos com síndrome de *Down*. Fisioterapia em Movimento 24(4):737-743.
- de Brito Fontana, H., Ruschel, C., Hauptenthal, A., Hubert, M., & Roesler, H. (2012). Ground reaction force and cadence during stationary running sprint in water and on land. Int J Sports Exerc Med, 36(6), 490–493.
- Diop M, A. Rahmani A. Belli; V. Gautheron ;A. Geysant1; J. Cottalorda (2005). Influence of Speed Variation and Age on Children's Normal Gait. Int J Sports Med; 26: 682–687.
- dos Santos Araujo, A. G., C. M. Scartezini and R. J. Krebs (2007). Análise da marcha em crianças portadoras de síndrome de *Down* e crianças normais com idade de 2 a 5 anos. Fisioterapia em Movimento 20(3):79-85.
- Manuela Galli, M, Cimolin V, Rigoldi C, Condoluciban C., Albertini, G. (2015) Effects of obesity on gait pattern in young individuals with Down syndrome. International Journal of Rehabilitation Research 38 (1).
- Gimenez, R., E. de Jesus Manoel, D. L. de OLIVEIRA and L. Basso (2004). Combinação de padrões fundamentais de movimento: crianças normais, adultos normais e adultos portadores da Síndrome de *Down*. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte 18(1): 101-116.
- Hauptenthal, A., B. Fontana Hde, C. Ruschel, D. P. dos Santos and H. Roesler (2013). Ground reaction forces in shallow water running are affected by immersion level, running speed and gender. J Sci Med Sport 16(4): 348-352.



- Hauptenthal, A., C. Ruschel, M. Hubert, H. de Brito Fontana and H. Roesler (2010). Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. J Rehabil Med 42(7): 664-669.
- Horvat, M., R. Croce, J. Zagrodnik, B. Brooks and K. Carter (2012). "Spatial and temporal variability of movement parameters in individuals with *Down syndrome*." Percept Mot Skills 114(3): 774-782.
- Kruel, L.F.M. (1994) Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água. Dissertação (Mestrado em Educação Física). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.
- Kruel, L.F.M. (2000) Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água.. Tese (Doutorado em Educação Física). Universidade Federal de Santa Maria . Santa Maria.
- Lee, M., Kim, J., Son, J.,Kim,Y.. (2013) Kinematic and kinetic analysis during forward and backward walking. Gait & Posture (38) 674–678.
- Mann, L., C.S. Teixeira and C.B.Mota (2008 a). A marcha humana: interferências de cargas e de diferentes situações. Arq.Ciênc.Saude Unipar, Umuarama, 12(3): 257-264.
- Mann, L., J. F. Kleinpaul, C. S. Teixeira and C. B. Mota (2008b). A marcha humana: investigação com diferentes faixas etárias e patologias. Motriz. Revista de Educação Física. UNESP 14(3): 346-353.
- Mahakia,M Souza, S S.G.,Mimar, R.,Vieira, M.F (2017). The comparison of ground reaction forces and lower limb muscles correlation and activation time delay between forward and backward walking. Gait & Posture 58 380–385
- Masani, K., Kouzaki,M., Fukunaga, T (2002). Variability of ground reaction forces during treadmill walking. J Appl Physiol 92: 1885–1890.
- Mazzone, L., D. Mugno and D. Mazzone (2004). The General Movements in children with *Down syndrome*. Early Hum Dev 79(2): 119-130.
- Miyoshi, T., T. Shirota, S. Yamamoto, K. Nakazawa and M. Akai (2004). Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. Disabil Rehabil 26(12): 724-732.
- Nakazawa, K., H. Yano and M. Miyashita (1994). Ground reaction forces during walking in water. Medicine and science in aquatic sports, Karger Publishers. 39: 28-34.

Nilsson, J. and A. Thorstensson (1989). Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. Acta Physical Scand. 136, 217-227.

Organização Mundial da Saude (OMS) 2016).

Pamukoff D.N., Michael D. Lewek,. M.L.Blackburn J.T. (2016 )Greater vertical loading rate in obese compared to normal weight young adults. Clinical Biomechanics 33 61–65

Rebutini V. Z., Rodrigues<sup>2</sup> E. V., Maiola L, Israel V. L (2012). Aquatic gait modulation by resistance and its effects on Motor behavior. Journal of Human Growth and Development. 22(3): 378-387.

Rigoldi, C., M. Galli and G. Albertini (2011). Gait development during lifespan in subjects with *Down* syndrome. Res Dev Disabil 32(1): 158-163.

Rodenbusch, T. L., T. S. Ribeiro, C. R. Simao, H. M. Britto, E. Tudella and A. R. Lindquist (2013). Effects of treadmill inclination on the gait of children with *Down* syndrome. Res Dev Disabil 34(7): 2185-2190.

Roesler, H., A. Haupenthal, G. R. Schutz and P. V. de Souza (2006). Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3m of immersion. Gait Posture 24(4): 412-417.

Smith, B.A., Ashton-Miller, J.A.,Ulrich, B.D (2010) Gait adaptations in response to perturbations in adults with Down syndrome. Gait & Posture 32 149–154

Smith, B. A., M. Kubo and B. D. Ulrich (2012). Gait parameter adjustments for walking on a treadmill at preferred, slower, and faster speeds in older adults with *Down* syndrome. Curr Gerontol Geriatr Res :782671.

Torres-Ronda,L.,& Del Alcazar, X. S.(2014). The Properties of Water and their Applications for training. J Hum Kinet, 44, 237-248.

Toso, M. A. (2012). Desenvolvimento de uma plataforma de forças para medição e análise dos esforços verticais para modelamento biodinâmico da caminhada humana. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Valentin-Gudiol, M., K. Mattern-Baxter, M. Girabent-Farres, C. Bagur-Calafat, M. Hadders-Algra and Angulo-Barroso R. M. (2017). Treadmill interventions in children under six years of age at risk of neuromotor delay. Cochrane Database of Systematic Reviews 2017, Issue 7.

Wang, X. Ma, Y. Hou, B. Y., Lam, WK. (2017). Influence of Gait Speeds on Contact Forces of Lower Limbs. Journal of Healthcare Engineering.

Wu, J. and T. Ajsafe (2014a). Kinetic patterns of treadmill walking in preadolescents with and without *Down* syndrome. Gait Posture 39(1): 241-246.

Wu, J., M. Beerse and T. Ajsafe (2014b). Frequency domain analysis of ground reaction force in preadolescents with and without *Down* syndrome. Res Dev Disabil 35(6):1244-1251.

## Anexo I

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****Pesquisador responsável:** Stephanie Santana Pinto**Instituição:** Escola Superior de Educação Física**Endereço:** Rua Luís de Camões, 625**Telefone:** (53) 3273-2752

---

Concordo em participar do estudo “Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre”. Estou ciente de que estou sendo convidada a participar voluntariamente do mesmo.

**PROCEDIMENTOS:** Fui informada(o) de que o objetivo do presente estudo será analisar e comparar as respostas das forças de reação do solo (impacto) durante a marcha realizada por pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre em três intensidades autosselecionadas. O presente estudo contará com 2 sessões, sendo que a sessão inicial será realizada para a familiarização com a marcha nas três intensidades. Nesse momento, a marcha será demonstrada e todos os detalhes de execução e amplitude serão relatados. Nesta mesma sessão, será mensurado os dados de massa corporal e estatura. Após será realizado o protocolo terrestre na Sala de Dança da ESEF. Na sessão seguinte, que será realizada na piscina do Clube Brilhante (locado atualmente pela ESEF/UFpel) as amostras irão realizar o protocolo de testes no meio aquático. O protocolo terrestre será realizado em uma sala com a temperatura ambiente entre 22 e 26°C. O protocolo aquático será executado em uma piscina com a temperatura da água entre 30 e 32°C e a profundidade de imersão será fixada entre o processo xifoide (peito) e os ombros. Salienta-se que em ambos os meios sempre haverá um instrutor perto do avaliado. Em ambos os protocolos (meio aquático e terrestre), os exercícios serão realizados com os pés descalços sobre uma plataforma de força que mede o impacto exercido. Estou ciente que os resultados serão mantidos em sigilo e somente serão usados para fins de pesquisa.

**RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES:** Fui informado que os riscos são mínimos. Todavia, os testes que serão realizados podem envolver sintomas temporários, tais como: dor e cansaço muscular. Na ocorrência de qualquer imprevisto, a SAMU (192) será imediatamente comunicada para proceder às devidas providências e os pesquisadores permanecerão acompanhando e atentos às possíveis reações adversas até o momento de repassar, caso seja o caso, o indivíduo à responsabilidade do SAMU.

**BENEFÍCIOS:** O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato de que os resultados poderão colaborar de forma efetiva para a melhoria do conhecimento aplicado à área da reabilitação e do treinamento da marcha aquática para pessoas com síndrome de *Down*.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:** Como já me foi dito, minha participação neste estudo será voluntária e poderei interrompê-la a qualquer momento.

**DESPESAS:** Eu não terei que pagar por nenhum dos procedimentos, nem receberei compensações financeiras.

**CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante todas as etapas do estudo.

**CONSENTIMENTO:** Recebi claras explicações sobre o estudo, todas registradas neste formulário de consentimento. Os investigadores do estudo responderam e responderão, em qualquer etapa do estudo, a todas as minhas perguntas, até a minha completa satisfação. Portanto, estou de acordo em participar do estudo. Este Formulário de Consentimento Pré-Informado será assinado por mim e arquivado na instituição responsável pela pesquisa.

Nome do participante/representante legal: \_\_\_\_\_

Identidade: \_\_\_\_\_

ASSINATURA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO INVESTIGADOR:** Expliquei a natureza, objetivos, riscos e benefícios deste estudo. Coloquei-me à disposição para perguntas e as respondi em sua totalidade. O participante compreendeu minha explicação e aceitou, sem imposições, assinar este consentimento. Tenho como compromisso utilizar os dados e o material coletado para a publicação de relatórios e artigos científicos referentes a essa pesquisa. Se o participante tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ESEF/UFPel – Rua Luís de Camões, 625 – CEP: 96055-630 - Pelotas/RS; Telefone:(53) 3273-2752

ASSINATURA \_\_\_\_\_ DO \_\_\_\_\_ PESQUISADOR  
RESPONSÁVEL \_\_\_\_\_

**ARTIGO 1**

**Será submetido a revista *Disability and Rehabilitation***

Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático  
e terrestre

Parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre

Gabriela Neves Nunes<sup>a</sup>, Stephanie Santana Pinto<sup>a</sup> e Cristine Lima Alberton<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Escola Superior de Educação Física, Pelotas, Brasil. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil*

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar os parâmetros cinéticos da marcha de pessoas com síndrome de *Down* (SD) nos meios aquático e terrestre em diferentes intensidades. **Métodos:** Participaram do estudo 14 pessoas com SD ( $27,86 \pm 7,91$  anos,  $58,41 \pm 12,91$  kg e  $1,41 \pm 0,10$  cm), que realizaram duas sessões de coleta de dados, a primeira sessão no meio terrestre e a segunda no meio aquático. O protocolo consistiu na realização da caminhada em três velocidades autosseleccionadas (lenta, normal e rápida) em ordem randomizada para a aquisição da força de reação do solo vertical (Fz). ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, com *post hoc* de Bonferroni, foi usada ( $\alpha = 0,05$ ). **Resultados:** Foram encontradas diferenças significativas entre meios, sendo observado uma redução no meio aquático para o 1º da Fz de (~69-73%), 2º pico Fz (~66-70%) da Fz, taxa de aplicação da força (~71-78%), e (~35-40%) para o impulso, independente da velocidade realizada. Foram encontradas diferenças para a TAP, impulso e TC durante a caminhada no meio aquático. **Conclusão:** Pessoas com SD apresentam uma redução nos valores de todos os parâmetros da Fz durante a caminhada no meio aquático. Com o aumento da velocidade, os valores de 1º pico e TAP aumentaram enquanto o impulso foi reduzido no meio aquático.

Palavras-chave: Força de reação do solo; Caminhada; imersão.



## Introdução

A marcha é um movimento simples, mas ao mesmo tempo é considerado um movimento complexo de ser analisado, pois sua execução depende da combinação do movimento de vários segmentos e articulações [1, 2]. Além disso, é um processo evolutivo que começa desde a infância até a velhice e esse processo pode sofrer modificações no caminhar que estão associadas a problemas neurológicos, cognitivos, morfológicos e também a fatores externos [3, 4].

A população com síndrome de *Down* (SD) apresenta alterações específicas da síndrome como a cardiopatia congênita, problemas de visão e obesidade [5, 6, 7]. Além disso, pessoas com SD apresentam frouxidão ligamentar e baixo tônus muscular (hipotonia) que são possíveis responsáveis pela modificação no padrão de marcha dessa população, dificultando assim, a mobilidade e o equilíbrio [8, 9, 10]. No entanto, a literatura é escassa com relação a análise de parâmetros cinéticos durante a marcha de pessoas com SD [11].

Baseado na literatura pesquisada, Wu et al. [11] parece ser o único estudo que observou a força de reação vertical do solo (Fz) de indivíduos com e sem SD durante a caminhada realizada em esteira em duas velocidades autosselecionadas. Os autores observaram que o grupo de crianças com SD apresentou valores significativamente maiores para o primeiro pico da Fz e um decréscimo significativo tanto para o segundo pico da Fz como para o impulso durante a caminhada em velocidade autosselecionada confortável quando comparado ao grupo sem SD. Na situação de maior velocidade, o grupo com SD obteve valores significativamente maiores para o impulso e novamente um decréscimo no segundo pico da Fz.

Está bem consolidado que o comportamento motor da marcha modifica-se com o meio, velocidade e modo de execução [4, 12]. Nesse sentido, a marcha realizada no meio aquático sofre alterações biomecânicas devido a ação das propriedades físicas da água sobre o corpo imerso. A flutuação interfere diretamente no peso aparente e na força de reação do solo. A ação da flutuação gera uma menor sobrecarga nas articulações, especialmente nos membros inferiores, facilitando assim, a realização de movimentos. Estudos observaram a Fz durante a marcha no meio aquático, quando comparando meios, velocidades, níveis de imersão, formas de execução e sexos [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23] em pessoas sem SD.

O estudo de Miyoshi et al. [20] observou as respostas da Fz durante a caminhada realizada por indivíduos adultos sem SD em diferentes velocidades autosseleccionadas e diferentes meios. Os autores encontraram que a magnitude da Fz foi menor no meio aquático em comparação ao meio terrestre independente da velocidade de execução. Com relação a análise da Fz durante a caminhada aquática em populações com alterações da marcha, o único estudo encontrado na literatura foi o de Carneiro et al. [15], o qual observaram a marcha de crianças com mielomeningocele, realizada no meio aquático e terrestre, em velocidade autosseleccionada. Os autores encontraram também menores valores para primeiro e segundo picos da Fz no meio aquático quando comparado ao meio terrestre.

Dessa forma, o meio aquático pode ser uma alternativa segura e benéfica para a reabilitação ou correção e treinamento da marcha de pessoas que apresentam dificuldades locomotoras e com baixo tônus muscular, como pessoas com SD. Visto que há ausência de estudos na literatura observando parâmetros biomecânicos durante a caminhada dessa população no meio aquático, assim como está bem consolidado na literatura os benefícios da prática da caminhada nesse meio para a população sem SD, o presente estudo tem

como objetivo analisar a força de reação do solo vertical durante a caminhada de pessoas com síndrome de *Down* nos meios aquático e terrestre em diferentes velocidades.

## **Materiais e métodos**

### ***Participantes***

A amostra foi composta por 14 indivíduos de ambos os sexos com Síndrome de Down (7 homens e 7 mulheres;  $27,86 \pm 7,91$  anos;  $58,41 \pm 12,91$  kg;  $1,41 \pm 0,10$  cm). Os participantes do Projeto Carinho DownDança da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas foram selecionados de forma intencional. Os participantes que aceitaram participar do estudo e contemplaram os critérios de inclusão fizeram parte da amostra. Foram adotados como critérios de inclusão a presença de marcha independente e compreensão de comando verbal. Por outro lado, os critérios de exclusão adotados foram apresentar histórico de doença cardiovascular, metabólica, endócrinas ou neuromusculares e também o uso de medicamentos que influenciassem o sistema neuromuscular. Todos os participantes e responsáveis foram informados de todos os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal de Pelotas (CAAE:39941414.5.0000.5313)

### ***Protocolo Experimental***

O protocolo experimental foi composto por duas sessões, realizadas na ordem meio terrestre seguida do meio aquático. Na primeira sessão foram mensurados os dados de massa corporal e estatura dos participantes através de uma balança (WELMY; São Paulo, Brasil), com resolução de 100 g, e um estadiômetro acoplado, com resolução de 1 mm, respectivamente. Após os participantes foram familiarizados com a marcha no meio

terrestre nas três velocidades autosseleccionadas (lenta, normal e rápida). A marcha foi demonstrada e todos os detalhes de execução e amplitude de movimento foram explicados. A seguir, os participantes realizaram o protocolo no meio terrestre que consistiu na execução da marcha nas três velocidades autosseleccionadas em ordem randomizada.

Na segunda sessão, os participantes realizaram o protocolo no meio aquático. Inicialmente, os participantes foram familiarizados com a marcha e as velocidades. Após foi realizada a mensuração do peso aparente, com os participantes posicionados sobre a plataforma no meio aquático, imersos na profundidade de processo xifoide, com os braços relaxados. A seguir, os participantes executaram o protocolo que consistiu na realização da marcha nas velocidades propostas randomizadas.

Em ambos os meios, os participantes realizaram a marcha com os pés descalços, sendo realizadas 10 tentativas de caminhada sobre a passarela com as plataformas de força acopladas, a fim de adquirir a Fz de 10 passadas (1 passo com o membro direito em uma plataforma e outro com o membro esquerdo em outra plataforma) em cada velocidade autosseleccionada. O protocolo no meio terrestre foi realizado em uma sala com temperatura ambiente controlada entre 22° e 26°C. O protocolo no meio aquático foi realizado em uma piscina com temperatura da água entre 31° e 33°C e a profundidade de imersão fixada entre o processo xifoide e ombros. Em ambos os protocolos, um instrutor acompanhou ao lado cada participante durante a realização da caminhada.

Para a avaliação da Fz, tanto no meio aquático como no meio terrestre, foram utilizadas duas plataformas de força subaquática EMG *System* com capacidade de até 200 kgf, acopladas em sequência em uma passarela (Figura 1). A frequência de amostragem utilizada foi de 500Hz. Os dados foram transmitidos para um computador pessoal, através do *software* EMGLab V1.1.



Figura 1 - Passarela com as duas plataformas de força.

### ***Tratamento dos Dados***

Após a aquisição no *software* EMGLab V1.1, os sinais da Fz foram exportados para o *software* SAD32 (Laboratório de Medidas Mecânicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil). Inicialmente foi realizada a filtragem digital através do filtro passa-baixa *Butterworth* com frequência de corte de 10Hz e ordem 3. A partir disto, foram realizados recortes correspondentes a dez ciclos completos de passo de cada sujeito (direito e esquerdo) em cada velocidade e meio.

Como desfechos do estudo, foram identificados os valores de primeiro e segundo pico de cada passo dos membros direito e esquerdo dos participantes, através do comando acha picos, expressos em unidade de força (N) e normalizados pelo peso corporal (PC) medido no meio terrestre, sendo expressos em unidade de PC. Após o tempo de contato (TC) foi determinado baseado na diferença entre o tempo correspondente ao primeiro e último contato do pé com o solo, sendo expresso em segundos (s). O impulso foi analisado por meio da integral força-tempo, correspondente a área da curva correspondente ao tempo de contato, sendo expresso em N.s. Em seguida, foi realizada a determinação da taxa de aceitação de peso (TAP), por meio da primeira derivada da força pelo tempo (N/s), no trecho correspondente a 10% a 90% do contato inicial do pé com o solo até o primeiro

pico da Fz, relativizados pelo PC medido no meio terrestre e expressos como PC/s, conforme utilizado no estudo de Fischer et al. [24] e Christina et al.[25]. Foi obtido também o percentual de redução do peso aparente, o qual foi determinado a partir da relação entre as variáveis de peso corporal e peso aparente medidas em Newton (N), nos meios terrestre e aquático, respectivamente, sendo expresso em percentual (%).

### ***Análise Estatística***

Para analisar os dados coletados, foi utilizada estatística descritiva, com os dados apresentados através de média  $\pm$  desvio-padrão (DP). A normalidade da amostra foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*. A comparação das variáveis dependentes entre passos direito e esquerdo foi realizada através do teste t pareado. A comparação das variáveis dependentes entre intensidades e meios foi realizada através da ANOVA de dois fatores para medidas repetidas. Em caso de interação significativa, foi realizado desdobramento dos efeitos principais por meio do teste F. O índice de significância adotado foi de  $\alpha=0,05$  e os dados foram processados no pacote estatístico SPSS versão 20.0.

### **Resultados**

O percentual de redução do peso aparente encontrado no presente estudo foi de  $73,18 \pm 7,28\%$ .

Ao comparar os parâmetros da Fz entre os passos realizados com os membros direito e esquerdo durante a caminhada nas diferentes velocidades autosseleccionadas em cada meio, observou-se a ausência de diferenças significativas entre os membros para a maioria dos parâmetros, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da comparação dos parâmetros da Fz entre os passos realizados com os membros direito e esquerdo durante a marcha realizada nas três velocidades.

		Direito	Esquerdo	Sig
1º pico (PC)	LenT	0,92 ± 0,11	0,99 ± 0,10	0,147
	NormT	0,96 ± 0,12	0,99 ± 0,11	0,494
	RapT	1,05 ± 0,19	1,10 ± 0,14	0,536
	LenA	0,29 ± 0,06	0,30 ± 0,08	0,334
	NormA	0,29 ± 0,07	0,30 ± 0,06	0,498
	RapA	0,28 ± 0,08*	0,32 ± 0,06	<0,001
2ºpico (PC)	LenT	0,90 ± 0,08*	0,98 ± 0,19	<0,001
	NormT	0,92 ± 0,08	0,95 ± 0,09	0,438
	RapT	0,89 ± 0,08	0,92 ± 0,13	0,618
	LenA	0,29 ± 0,07	0,29 ± 0,08	0,863
	NormA	0,28 ± 0,08	0,29 ± 0,08	0,579
	RapA	0,30 ± 0,09	0,31 ± 0,07	0,181
Impulso (N.s)	LenT	349,02 ± 112,91	371,49 ± 133,59	0,273
	NormT	336,35 ± 137,18	357,27 ± 196,27	0,369
	RapT	253,00 ± 66,03	256,17 ± 70,79	0,842
	LenA	208,50 ± 92,8	217,59 ± 110,42	0,312
	NormA	199,84 ± 90,27	208,26 ± 92,79	0,329
	RapA	151,08 ± 69,91	164,33 ± 72,09	0,101
Taxa de	LenT	4,69 ± 1,98*	5,33 ± 1,86	0,001
Aceitação de	NormT	5,71 ± 1,88	6,15 ± 1,76	0,260
Peso (PC/s)	RapT	8,52 ± 2,86	9,35 ± 1,50	0,365

	LenA	1,09 ± 0,65*	1,51 ± 0,96	<0,001
	NormA	1,63 ± 1,67	1,81 ± 0,91	0,670
	RapA	1,88 ± 1,44*	2,40 ± 1,38	<0,001
Tempo de Contato (s)	LenT	0,88 ± 0,22*	0,82 ± 0,17	0,018
	NormT	0,86 ± 0,29	0,78 ± 0,27	0,083
	RapT	0,60 ± 0,64	0,59 ± 0,50	0,218
	LenA	1,86 ± 0,46	1,82 ± 0,50	0,513
	NormA	1,73 ± 0,36	1,68 ± 0,37	0,257
	RapA	1,39 ± 0,31	1,32 ± 0,27	0,211

Nota: LenT – velocidade lenta no meio terrestre; NormT- velocidade normal no meio terrestre e RapT- velocidade rápida no meio terrestre. Assim como lenA- velocidade lenta no meio aquático; NormA- velocidade normal no meio aquático e RapA- velocidade rápida no meio aquático. (\*) indica diferenças entre membros esquerdo e direito.

Ao comparar meios ( $p < 0,001$ ), foram observados valores maiores para o meio terrestre comparado com o meio aquático durante a realização da marcha para todas as variáveis observadas. Ao comparar velocidades, foram observados resultados significativos para o 1º pico ( $p = 0,005$ ), impulso ( $p < 0,001$ ), TAP ( $p < 0,001$ ) e TC ( $p < 0,001$ ) para ambos os membros direito e esquerdo. No entanto, para o 2º pico, não foi observada diferença significativa para ambos os membros direito ( $p = 0,648$ ) e esquerdo ( $p = 0,106$ ). Já o resultado da interação entre meio\*velocidade resultou em significância para o 1º pico (Direito:  $p = 0,001$ ; Esquerdo:  $p = 0,002$ ), 2º pico (Direito:  $p = 0,07$ ; Esquerdo:  $p = 0,004$ ), TAP ( $p < 0,001$ ) e TC apenas para o membro esquerdo ( $p = 0,037$ ), indicando que o comportamento entre velocidades foi dependente do meio de execução. Por outro lado, impulso (Direito:  $p = 0,446$ ; Esquerdo:  $p = 0,190$ ) e TC para o membro direito ( $p = 0,269$ ) não apresentaram interação significativa. Baseado nesses resultados,



foi realizado teste F por meio a fim de comparar as velocidades para cada membro. Os resultados são apresentados nas Figuras 2, 3 e 4.

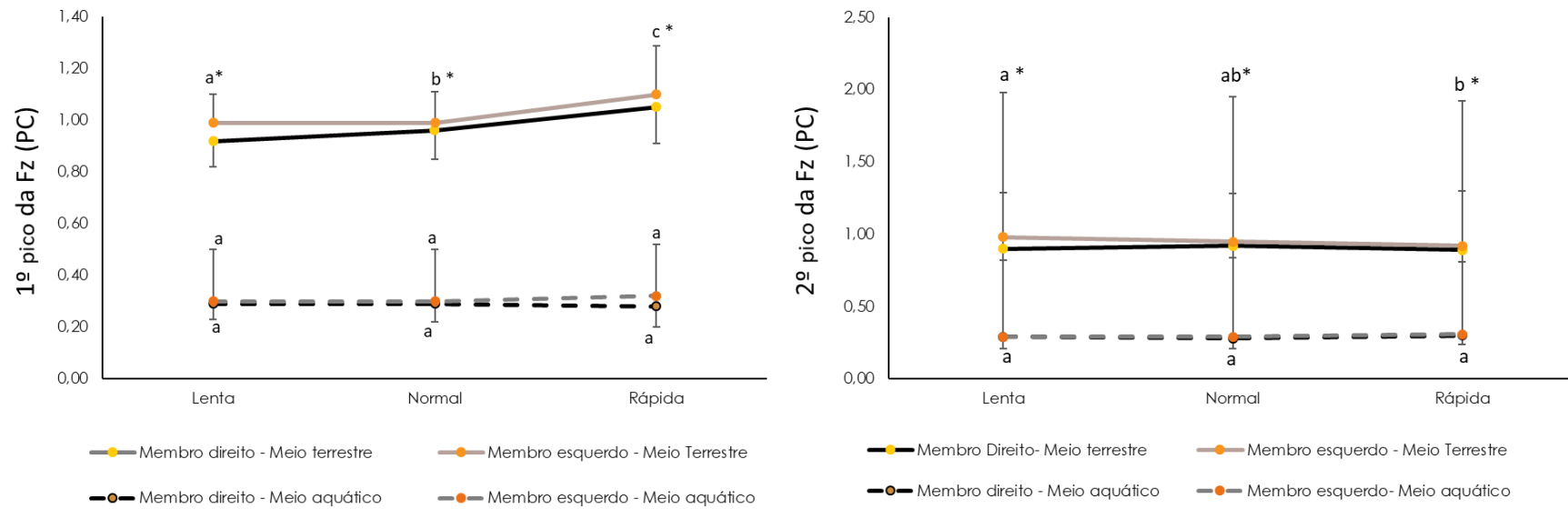


Figura 2: Resultados da comparação do 1º e 2º pico da Fz no meio aquático e terrestre por membro esquerdo e direito nas diferentes velocidades de execução da marcha. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre as velocidades. (\*) indica diferenças estatísticas entre meios.

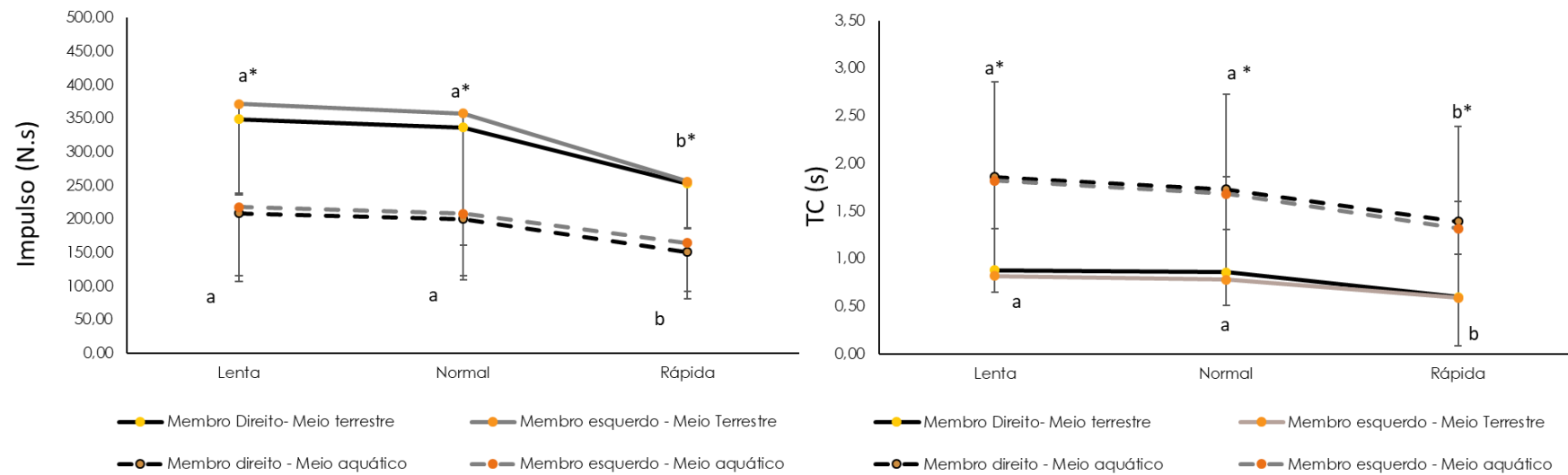


Figura 3: Resultados da comparação do Impulso e tempo de contato (TC) no meio aquático e terrestre por membro esquerdo e direito nas diferentes velocidades de execução da marcha. Letras diferenças indicam diferenças estatísticas entre as velocidades. (\*) indica diferenças estatísticas entre meios.

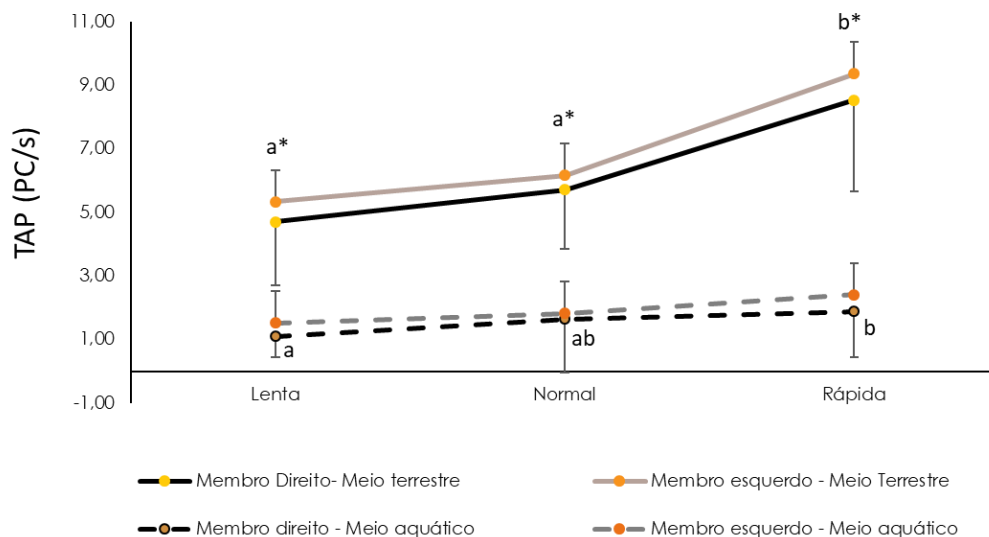


Figura 4: Resultados da comparação taxa de aceitação do peso (TAP) no meio aquático e terrestre por membro esquerdo e direito nas diferentes velocidades de execução da marcha. Letras diferenças indicam diferenças estatísticas entre as velocidades. (\*) indica diferenças estatísticas entre meios.

## Discussão

Os principais resultados do presente estudo foram as diferenças significativas observadas entre os meios de execução da marcha, apresentando maiores valores em todos os parâmetros da Fz para o meio terrestre. Além disso, ao comparar as diferentes velocidades, encontramos que somente a TAP aumentou com o aumento da velocidade no meio aquático, em contrapartida o impulso e o TC apresentaram o comportamento inverso, sendo que à medida que aumentava a velocidade seus valores reduziram.

No presente estudo foi encontrado uma redução do peso aparente de 73% do peso corporal em imersão no processo xifoide para os participantes com SD. Na literatura, foram encontrados valores semelhantes com pessoas sem SD, como o estudo de Alberton et al. [26] que encontrou uma redução do peso aparente correspondente a 69% do peso corporal em mulheres jovens e os estudos de Harisson et al.[27] e Krueel [28] que encontraram uma redução do peso aparente de 71% e 69% do peso corporal,

respectivamente, ambos em participantes jovens de ambos os sexos, todos imersos na profundidade de processo xifoide.

Com relação ao efeito meio, no presente estudo observamos durante a realização da marcha menores valores para o 1º (~69-73%) e 2º pico (~66-70%) da Fz, impulso (~35-40%) e TAP (~71-78%) quando os participantes com SD estavam imersos no meio aquático em comparação ao meio terrestre, independente da velocidade de execução. Por outro lado, maiores valores de TC foram observados no meio aquático (201-232%). Esses dados corroboram os resultados dos estudos de Nakazawa et al. [21], Miyoshi et al. [20], Barela et al. [14], Barela & Duarte [13], Roesler et al. [23], Carneiro et al. [15], Orselli et al. [22] e Carneiro et al. [17].

Barela et al. [14] encontraram reduções significativas para o 1º e 2º picos da Fz e impulso durante a marcha realizada em velocidade autosselecionada por jovens. Da mesma forma, o estudo de Miyoshi et al. [20] também comparou a caminhada no meio aquático e terrestre realizada por jovens, em diferentes velocidades, e encontrou menores valores tanto para o 1º como para o 2º pico da Fz no meio aquático. O estudo de Carneiro et al. [17] observou a caminhada de sujeitos jovens no meio aquático e terrestre, encontrando novamente valores significativamente mais baixos para os picos da Fz quando os sujeitos realizaram a marcha em velocidade autosselecionada no meio aquático quando comparado com o meio terrestre. Outro estudo que corrobora os achados do presente estudo foi o de Barela & Duarte [13], que comparou a caminhada de jovens e idosos no meio aquático e terrestre. Os autores encontraram reduções significativas para as variáveis de 1º e 2º pico da Fz como também para o impulso quando a marcha era realizada no meio aquático.

Além disso, os resultados de TC estão de acordo com o estudo de Nakawaza et al [21], que observaram o TC em diferentes níveis de imersão durante a caminhada,

demonstrando um aumento no TC do meio terrestre para o meio aquático, à medida que o nível de imersão era aumentado. Além de observarem o comportamento do 1º pico da Fz e impulso, Orselli et al. [22] compararam o TC durante a marcha entre os meios aquático e terrestre. Os autores encontraram uma redução nos valores de pico da Fz, assim como um aumento no TC durante a marcha realizada em velocidade autosselecionada no meio aquático quando comparado ao meio terrestre. Carneiro et al [15] foi o único estudo da literatura o qual comparou a caminhada entre os meios aquático e terrestre em populações com alterações da marcha, analisando a marcha de crianças com mielomeningocele. Os autores encontraram, indo ao encontro dos resultados do presente estudo, que os picos da Fz foram significativamente menores, assim como o TC foi significativamente maior durante a marcha das crianças no meio aquático.

A partir dos presentes resultados e dos estudos supracitados, ressalta-se que, independente da população observada, o comportamento da Fz durante a marcha em diferentes meios é igual, sendo uma população com ou sem síndrome. Isto pode ser explicado pelo fato que o meio aquático apresenta propriedades físicas que auxiliam nessa redução, em especial, a ação da flutuação que resulta em uma redução aparente do peso [26, 27, 28], de magnitude correspondente a aproximadamente 73% do peso corporal para as pessoas com SD avaliadas no presente estudo. Conseqüentemente, a ação desta propriedade resulta em menores valores da Fz quando a caminhada é realizada no meio aquático quando comparada ao meio terrestre.

Com relação ao efeito velocidade, podemos destacar que o comportamento dos parâmetros 1º e 2º pico da Fz não sofreu influência da variação da velocidade no meio aquático. Por outro lado, a TAP aumentou enquanto o impulso e o TC reduziram com o aumento da velocidade no meio aquático.

Os resultados para as variáveis de 1º e 2º pico da Fz discordam parcialmente daqueles observados no estudo de Roesler et al. [23], que comparou a Fz durante a caminhada aquática de adultos em diferentes velocidades, uma pré-fixada e outra autosseleccionada rápida. Os autores observaram que o pico da Fz e a TAP foram significativamente maiores quando os sujeitos realizaram a caminhada na velocidade autosseleccionada rápida. Outro estudo que observou o mesmo comportamento da magnitude dos picos da Fz ao longo da caminhada aquática foi o de Miyoshi et al. [20], que comparou a caminhada realizada por jovens em diferentes velocidades (lenta, normal e rápida) e observou que a magnitude dos picos da Fz foi menor durante a caminhada em velocidade lenta e normal do que quando os sujeitos realizavam a caminhada em velocidade rápida. O estudo de Hauptenthal et al. [18] observou os picos e a TAP durante a corrida aquática realizada por jovens de ambos os sexos nas velocidades lenta (0,7 m/s) e rápida (0,9 m/s). Os autores encontraram que quando os sujeitos realizaram a corrida no meio aquático em velocidade rápida, o 1º pico da Fz também aumentou de forma significativa quando comparado com a velocidade lenta. No entanto, para a TAP não foram observadas diferenças significativas entre as velocidades. Tais diferenças podem ser atribuídas ao tipo de locomoção realizada nos dois estudos, visto que no presente estudo a TAP foi observada ao longo da caminhada e no estudo de Hauptenthal et al. [18] durante a corrida. Além disso, as diferentes respostas da influência da velocidade sobre os valores de pico entre o presente estudo e a literatura podem ser explicadas pelas diferentes populações analisadas. Indivíduos jovens sem SD podem ter velocidades autosseleccionadas com diferenças mais expressivas do que indivíduos com SD. Logo, o efeito de variação da velocidade pode ser interessante para a população com SD, visto que a intensidade de esforço pode ser aumentada sem aumentos significativos nos valores de pico da Fz.

No entanto, poucos estudos observaram o comportamento do impulso, da TAP e TC durante a marcha no meio aquático realizada em diferentes velocidades para expandir essa discussão. Na literatura pesquisada, não foram encontrados estudo que observaram o impulso e o TC ao longo da caminhada no meio aquático em diferentes velocidades, mas foram encontrados estudo que observaram essas variáveis durante exercícios de hidroginástica realizadas por mulheres jovens em diferentes cadências de execução. Os presentes resultados de impulso corroboram os observados no estudo de Alberton et al. [26], que observou o pico da Fz, o impulso e o TC de três exercícios de hidroginástica (corrida estacionária, chute frontal e desliza frontal) realizados em diferentes velocidades de execução e encontraram que o comportamento do impulso foi inversamente proporcional a velocidade, ou seja, quanto maior era a velocidade de execução, menores eram os seus valores. Em outro estudo de Alberton et al. [29], com metodologia similar ao estudo supracitado, na qual seis exercícios de hidroginástica foram comparados em duas cadências de execução, o mesmo comportamento para o impulso foi observado. Embora diferentes exercícios tenham sido analisados nos estudos citados em comparação ao presente estudo (exercícios de hidroginástica versus caminhada aquática), ambos observaram os mesmos resultados. Isto pode ser explicado pelo fato de que com o aumento da velocidade, mesmo que os valores de pico da Fz aumentem, fato que ocorreu com os estudos investigando os exercícios de hidroginástica, mas não no presente estudo, ocorre uma redução do TC independente do tipo de exercício, que tem grande influência sobre o impulso.

Por outro lado, podemos observar que o meio influencia no comportamento da velocidade para cada variável analisada. Diferente do meio aquático o 1º pico e 2º pico da Fz apresentaram comportamento diferente entre as velocidades, apresentando valores significativamente maiores durante a marcha em velocidade rápida para o 1º pico da Fz e



uma redução do 2º pico da Fz durante a marcha no meio terrestre. As variáveis da TAP, impulso e TC apresentaram comportamento semelhante com o meio aquático. Ressalta-se também que foram encontrados poucos estudos que observaram a marcha em meio terrestre realizada em diferentes velocidades em pessoas com SD [11, 30, 31, 32, 33, 34, 35], como a população do presente estudo, em especial, em relação aos parâmetros cinéticos [11], sendo que os estudos encontrados em sua maioria foram realizados em esteira.

No presente estudo, observamos que a medida que os participantes aumentavam a velocidade de execução da marcha, o 1º pico da Fz aumentava na mesma proporção, demonstrando valores significativamente maiores durante a marcha em velocidade rápida quando comparada com a velocidade lenta. Já para o 2º pico da Fz, foram observadas reduções significativas com o aumento da velocidade. Tais resultados corroboram o estudo de Wu et al. [11] que comparou a caminhada de indivíduos com e sem SD ao longo da caminhada em esteira em diferentes velocidades autosseleccionadas (lenta e rápida). Os autores encontraram acréscimos para o 1º pico e uma redução no 2º pico durante a realização da marcha em velocidade rápida em comparação com a velocidade lenta para o grupo com SD. Destaca-se que esse foi o único estudo da literatura a analisar os parâmetros da Fz em pessoas com SD, somente durante a marcha em meio terrestre. Em homens jovens sem SD, Masani et al. [36] compararam diferentes velocidades de caminhada em esteira e encontraram valores significativamente maiores para o 1º pico da Fz quando a caminhada era realizada em velocidade mais rápida (7,0-8,0 km/h) em relação a velocidades mais lentas (3,0-5,0 km/h).

Com relação ao impulso, no presente estudo encontramos uma redução significativa quando os participantes realizavam a marcha em velocidade rápida em comparação a velocidade autosseleccionada lenta. Tais resultados vão de encontro com os

achados de Wu et al. [11], que também analisaram pessoas com SD e observaram um aumento significativo nos valores do impulso para a marcha em velocidade rápida em comparação a velocidade mais lenta. Já para o TC, observamos decréscimo nos seus valores quando os participantes com SD realizavam a marcha em velocidade rápida quando comparada com a velocidade lenta. Em contrapartida, o estudo de Wu et al. [35] observou a caminhada de jovens com e sem SD em esteira e no solo em duas velocidades autosseleccionadas (lenta e rápida). Os autores encontraram que o grupo com SD apresentou maiores valores de tempo de contato independente da superfície e da velocidade que era executada a marcha em comparação com ao grupo sem SD. Outro estudo que encontrou resultados divergentes com o presente estudo, foi o de Horvat et al. [31] que comparou a caminhada de sujeitos com e sem SD em duas velocidades autosseleccionadas (lenta e confortável) na esteira. Os autores encontraram que o grupo com SD apresentou valores significativamente maiores, independente da velocidade quando comparado com o grupo sem síndrome. A partir dos estudos supracitados, podemos identificar que há uma divergência na literatura em relação aos achados do presente estudo. Ressalta-se que os estudos de Wu et al. [35] e Horvat et al. [31] compararam sujeitos com e sem SD, diferentes do presente estudo que os participantes eram sujeitos apenas com SD.

Existe uma lacuna na literatura, quando se refere a estudos que observaram a TAP ao longo da caminhada com pessoas com SD. No presente estudo, encontramos um aumento na TAP com o aumento da velocidade de execução, demonstrando maiores valores durante a caminhada em velocidade autosseleccionada rápida quando comparada com as outras velocidades de execuções.

Com relação a comparação entre os passos realizados com os membros direito e esquerdo, não foram encontradas diferenças significativas entre os membros para a

maioria dos parâmetros da Fz tanto no meio aquático quanto para o meio terrestre, exceto para o 1º pico da Fz durante a velocidade rápida no meio aquático, 2º pico da Fz durante a velocidade lenta no meio terrestre, TAP durante a velocidade lenta em ambos os meios e rápida no meio aquático e TC na velocidade lenta no meio terrestre. Somente o estudo de Carneiro et al. [15] foi encontrado na literatura analisando a variabilidade da marcha entre os membros direito e esquerdo durante a caminhada realizada no meio aquático em comparação ao meio terrestre em crianças com sequelas de mielomenigocele. Não foram encontradas diferenças nos picos da Fz e TC entre os membros direito e esquerdo, corroborando os achados do presente estudo. Embora seja uma síndrome diferente da população estudada no presente estudo, a mielomenigocele também influencia no sistema locomotor. Dessa forma, parece que o meio aquático pode ser um ambiente interessante para realizar a reabilitação da marcha, visto que resulta em parâmetros cinéticos semelhantes para ambos os membros, com valores reduzidos em comparação ao meio terrestre.

Como limitações do estudo, destacamos a ausência de randomização dos protocolos entre os meios devido a logística do estudo. Além disso, a familiarização em ambos os meios em sessões anteriores a dos protocolos experimentais poderiam fortalecer os resultados e diminuir a variabilidade dos valores de Fz. Como sugestão de novos estudos, mais pesquisas devem ser realizadas envolvendo análise de Fz em pessoas com SD, visto que há necessidade de maior conhecimento desta síndrome no ponto de vista biomecânico, já que esta população pode sofrer algumas doenças que podem interferir no sistema locomotor e neuromuscular. A análise de parâmetros cinemáticos durante a marcha no meio aquático também merece atenção, visto que são extremamente importantes e úteis para auxiliar a explicar as alterações da marcha realizada por essa população entre os meios.

Com base no estudo, é possível comprovar que no meio aquático há uma redução nos valores da força de reação do solo vertical em todas as variáveis observadas em relação ao meio terrestre durante a caminhada realizada por pessoas com SD. Com relação a diferentes velocidades de execução da marcha, constatamos que à medida que houve aumento na velocidade de execução, somente a TAP aumentou na mesma proporção em ambos os meios. Já para o impulso e o TC observou-se um comportamento inversamente proporcional, à medida que a velocidade aumentava ocorria um decréscimo nos valores dessas variáveis em ambos os meios. No meio aquático, o 1º e 2º pico da Fz não apresentaram diferenças. Além disso, a maioria dos parâmetros cinéticos não apresentou diferenças entre os passos realizados com o membro direito e esquerdo no meio aquático.

De acordo com os resultados do presente estudo, podemos sugerir que o meio aquático pode ser benéfico e seguro para a população com síndrome de Down, visto que ele apresentou uma redução de impacto ao longo da caminhada, independente da velocidade de execução. Além disso, é importante ressaltar que a imersão proporciona uma redução na sobrecarga cardiovascular devido à pressão hidrostática, que pode ser benéfica para esse público devido a presença de cardiopatias congênitas. Outro benefício do meio aquático é a maior força de resistência em comparação ao ar, logo, esse meio pode auxiliar nos ganhos de força e conseqüentemente diminuir a hipotonia muscular, característica essa, que juntamente com a frouxidão ligamentar, está presente na maioria dos casos da população com síndrome de Down.

## **Agradecimentos**

FAPERGS – Através do Edital ARD/PPP/FAPERGS/CNPq 08/2014

## Referências

1. Angulo-Barroso RM, Wu J, Ulrich DA. Long-term effect of different treadmill interventions on gait development in new walkers with Down syndrome. *Gait & posture*. 2008 Feb;27(2):231-8. doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.03.014. PubMed PMID: 17499993.
2. Mann L, C.S. Teixeira and C.B.Mota A marcha humana: interferências de cargas e de diferentes situações. *ArqCiêncSaude Unipar, Umuarama*. 2008a;12:257-264.
3. Castro KCd. Características biomecânicas dos pés durante a marcha de crianças típicas e com síndrome de Down. 2012.
4. Mann L, Kleinpaul JF, Teixeira CS, et al. A marcha humana: investigação com diferentes faixas etárias e patologias. *Motriz Revista de Educação Física UNESP*. 2008b;14(3):346-353.
5. Bull MJ, Committee on G. Health supervision for children with Down syndrome. *Pediatrics*. 2011 Aug;128(2):393-406. doi: 10.1542/peds.2011-1605. PubMed PMID: 21788214.
6. de Ávila DCdC, Bom FSP, Juschaks LM, et al. Avaliação da marcha em ambiente terrestre em indivíduos com síndrome de Down. *Fisioterapia em Movimento*. 2011;24(4).
7. OMS. Organização Mundial da Saude 2016.
8. Almeida Matos M. Instabilidade atlantoaxial e hiperfrouxidão ligamentar na síndrome de Down. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2005;13(4).
9. dos Santos Araujo AG, Scartezini CM, Krebs RJ. Análise da marcha em crianças portadoras de síndrome de Down e crianças normais com idade de 2 a 5 anos. *Fisioterapia em Movimento*. 2007;20(3).

10. Gimenez R, de Jesus Manoel E, de OLIVEIRA DL, et al. Combinação de padrões fundamentais de movimento: crianças normais, adultos normais e adultos portadores da Síndrome de Down. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*. 2004;18(1):101-116.
11. Wu J, Ajsafe T. Kinetic patterns of treadmill walking in preadolescents with and without Down syndrome. *Gait & posture*. 2014 Jan;39(1):241-6. doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.07.113. PubMed PMID: 23953274.
12. Nilson JT, A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand*. 1989;1989:217-227.
13. Barela AM, Duarte M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2008 Jun;18(3):446-54. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.10.008. PubMed PMID: 17196825.
14. Barela AM, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2006 Jun;16(3):250-6. doi: 10.1016/j.jelekin.2005.06.013. PubMed PMID: 16111894.
15. Carneiro L, Fontes B, Haupenthal A, et al. Marcha en el medio terrestre y en el medio acuático en niños con secuelas de mielomeningocele. *Revista de Neurología*. 2007;44(8):507-509.
16. Carneiro LC, Haupenthal A, Schütz GR, et al. Características cinemáticas edinamométricas da marcha de crianças em ambiente aquático. *Fisioter Mov*. 2009;22(3):427-38.

17. Carneiro LC, Michaelsen SM, Roesler H, et al. Vertical reaction forces and kinematics of backward walking underwater. *Gait & posture*. 2012 Feb;35(2):225-30. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.09.011. PubMed PMID: 21993483.
18. Haupenthal A, Fontana Hde B, Ruschel C, et al. Ground reaction forces in shallow water running are affected by immersion level, running speed and gender. *Journal of science and medicine in sport*. 2013 Jul;16(4):348-52. doi: 10.1016/j.jsams.2012.08.006. PubMed PMID: 22999392.
19. Haupenthal A, Ruschel C, Hubert M, et al. Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. *Journal of rehabilitation medicine*. 2010 Jul;42(7):664-9. doi: 10.2340/16501977-0587. PubMed PMID: 20603697.
20. Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto S, et al. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. *Disability and rehabilitation*. 2004 Jun 17;26(12):724-32. doi: 10.1080/09638280410001704313. PubMed PMID: 15204495.
21. Nakazawa K, Yano H, Miyashita M. Ground reaction forces during walking in water. *Medicine and science in aquatic sports*. Vol. 39: Karger Publishers; 1994. p. 28-34.
22. Orselli MI, Duarte M. Joint forces and torques when walking in shallow water. *Journal of biomechanics*. 2011 Apr 07;44(6):1170-5. doi: 10.1016/j.jbiomech.2011.01.017. PubMed PMID: 21334630.
23. Roesler H, Haupenthal A, Schutz GR, et al. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3m of immersion. *Gait & posture*. 2006 Dec;24(4):412-7. doi: 10.1016/j.gaitpost.2005.09.014. PubMed PMID: 16716592.



24. Fischer G, Storniolo JL, Eyre-Tartaruga LA. Effects of Fatigue on Running Mechanics: Spring-Mass Behavior in Recreational Runners After 60 Seconds of Countermovement Jumps. *Journal of applied biomechanics*. 2015 Dec;31(6):445-51. doi: 10.1123/jab.2014-0235. PubMed PMID: 26658955.
25. Christina KA, White SC, Gilchrist LA. Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. *Human movement science*. 2001 Jun;20(3):257-76. PubMed PMID: 11517672.
26. Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, et al. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *International journal of sports medicine*. 2013 Oct;34(10):881-7. doi: 10.1055/s-0032-1331757. PubMed PMID: 23549690.
27. Harrison R, Hillman M, Bulstrode S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: implications for clinical practice. *Physiotherapy*. 1992;78(3):164-166.
28. Kruegel LF. *Peso Hidrostático e Frequência Cardíaca em pessoas submersas a diferentes profundidades de água*. 1994: Universidade Federal de Santa Maria 1994.
29. Alberton CL, Finatto P, Pinto SS, et al. Vertical ground reaction force responses to different head-out aquatic exercises performed in water and on dry land. *Journal of sports sciences*. 2015;33(8):795-805. doi: 10.1080/02640414.2014.964748. PubMed PMID: 25356625.
30. Cimolin V, Galli M, Grugni G, et al. Postural strategies in Prader-Willi and Down syndrome patients. *Research in developmental disabilities*. 2011 Mar-Apr;32(2):669-73. doi: 10.1016/j.ridd.2010.11.017. PubMed PMID: 21168992.

31. Horvat M, Croce R, Zagrodnik J, et al. Spatial and temporal variability of movement parameters in individuals with Down syndrome. Perceptual and motor skills. 2012 Jun;114(3):774-82. doi: 10.2466/25.15.26.PMS.114.3.774-782. PubMed PMID: 22913019.
32. Rigoldi C, Galli M, Albertini G. Gait development during lifespan in subjects with Down syndrome. Research in developmental disabilities. 2011 Jan-Feb;32(1):158-63. doi: 10.1016/j.ridd.2010.09.009. PubMed PMID: 20943345.
33. Rodenbusch TL, Ribeiro TS, Simao CR, et al. Effects of treadmill inclination on the gait of children with Down syndrome. Research in developmental disabilities. 2013 Jul;34(7):2185-90. doi: 10.1016/j.ridd.2013.02.014. PubMed PMID: 23643771.
34. Smith BA, Kubo M, Ulrich BD. Gait parameter adjustments for walking on a treadmill at preferred, slower, and faster speeds in older adults with down syndrome. Current gerontology and geriatrics research. 2012;2012:782671. doi: 10.1155/2012/782671. PubMed PMID: 22693497; PubMed Central PMCID: PMC3369407.
35. Wu J, Beerse M, Ajisafe T. Frequency domain analysis of ground reaction force in preadolescents with and without Down syndrome. Research in developmental disabilities. 2014 Jun;35(6):1244-51. doi: 10.1016/j.ridd.2014.03.019. PubMed PMID: 24685940.
36. Masani K, Kouzaki M, Fukunaga T. Variability of ground reaction forces during treadmill walking. Journal of applied physiology. 2002 May;92(5):1885-90. doi: 10.1152/jappphysiol.00969.2000. PubMed PMID: 11960938.

## ANEXO II – NORMAS DA REVISTA DISABILITY AND REHABILITATION

### Instructions for authors

Thank you for choosing to submit your paper to us. These instructions will ensure we have everything required so your paper can move through peer review, production and publication smoothly. Please take the time to read and follow them as closely as possible, as doing so will ensure your paper matches the journal's requirements. For general guidance on the publication process at Taylor & Francis please visit our Author Services website.



### SCHOLARONE MANUSCRIPTS™

This journal uses ScholarOne Manuscripts (previously Manuscript Central) to peer review manuscript submissions. Please read the guide for ScholarOne authors before making a submission. Complete guidelines for preparing and submitting your manuscript to this journal are provided below.

Contents list

About the journal

Peer review

Preparing your paper

- Structure
- Word count
- Style guidelines
- Formatting and templates
- References
- Checklist

Using third-party material in your paper

Declaration of interest statement

Clinical Trials Registry

Complying with ethics of experimentation

- Consent
- Health and safety
- Submitting your paper
- Data Sharing Policy
- Publication charges

Copyright options

Complying with funding agencies

Open access

My Authored Works

Article reprints

About the journal

*Disability and Rehabilitation* is an international, peer reviewed journal, publishing high-quality, original research. Please see the journal's Aims & Scope for information about its focus and peer-review policy.

From 2018, this journal will be online only, and will no longer provide print copies.

Please note that this journal only publishes manuscripts in English.

*Disability and Rehabilitation* accepts the following types of article: Reviews, Research Papers, Case Studies, Perspectives on Rehabilitation, Reports on Rehabilitation in Practice, Education and Training, and Correspondence. Systematic Reviews should be submitted as "Review" and Narrative Reviews should be submitted as "Perspectives in Rehabilitation".

Special Issues and specific sections on contemporary themes of interest to the Journal's readership are published. Please contact the Editor for more information.

#### Peer review

Taylor & Francis is committed to peer-review integrity and upholding the highest standards of review. For submissions to *Disability and Rehabilitation* authors are given the option to remain anonymous during the peer-review process. Authors will be able to indicate whether their paper is 'Anonymous' or 'Not Anonymous' during submission, and should pay particular attention to the below:

- Authors who wish to remain **anonymous** should prepare a complete text with information identifying the author(s) removed. This should be uploaded as the "Main Document" and will be sent to the referees. A separate title page should be included providing the full affiliations of all authors. Any acknowledgements and the Declaration of Interest statement must be included but should be worded mindful that these sections will be made available to referees.
- Authors who wish to be **identified** should include the name(s) and affiliation(s) of author(s) on the first page of the manuscript. The complete text should be uploaded as the "Main Document".

Once your paper has been assessed for suitability by the editor, it will be peer-reviewed by independent, anonymous expert referees. Find out more about what to expect during peer review and read our guidance on publishing ethics.

#### Preparing your paper

All authors submitting to medicine, biomedicine, health sciences, allied and public health journals should conform to the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals, prepared by the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE).

We also refer authors to the community standards explicit in the American Psychological Association's (APA) Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct.

We encourage authors to be aware of standardised reporting guidelines below when preparing their manuscripts:

- Case reports - CARE
- Diagnostic accuracy - STARD
- Observational studies - STROBE
- Randomized controlled trial - CONSORT
- Systematic reviews, meta-analyses - PRISMA

Whilst the use of such guidelines is supported, due to the multi-disciplinary nature of the Journal, it is not compulsory.

#### Structure

Your paper should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text, introduction, materials and methods, results, discussion; acknowledgments; declaration of interest statement; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s); figures; figure captions (as a list).

In the main text, an introductory section should state the purpose of the paper and give a brief account of previous work. New techniques and modifications should be described concisely but in sufficient detail to permit their evaluation. Standard methods should simply be referenced. Experimental results should be presented in the most appropriate form, with sufficient explanation to assist their interpretation; their discussion should form a distinct section.

Tables and figures should be referred to in text as follows: figure 1, table 1, i.e. lower case. The place at which a table or figure is to be inserted in the printed text should be indicated clearly on a manuscript. Each table and/or figure must have a title that explains its purpose without reference to the text.

The title page should include the full names and affiliations of all authors involved in the preparation of the manuscript. The corresponding author should be clearly designated, with full contact information provided for this person.

#### *Word count*

Please include a word count for your paper. There is no word limit for papers submitted to this journal, but succinct and well-constructed papers are preferred.

#### *Style guidelines*

Please refer to these style guidelines when preparing your paper, rather than any published articles or a sample copy.

Please use any spelling consistently throughout your manuscript.

Please use double quotation marks, except where "a quotation is 'within' a quotation". Please note that long quotations should be indented without quotation marks.

For tables and figures, the usual statistical conventions should be used.

Drugs should be referred to by generic names. Trade names of substances, their sources, and details of manufacturers of scientific instruments should be given only if the information is important to the evaluation of the experimental data.

#### *Formatting and templates*

Papers may be submitted in any standard format, including Word and LaTeX. Figures should be saved separately from the text. To assist you in preparing your paper, we provide formatting template(s).

Word templates are available for this journal. Please save the template to your hard drive, ready for use.

A LaTeX template is available for this journal. Please save the template to your hard drive, ready for use.

If you are not able to use the templates via the links (or if you have any other template queries) please contact us here.

### *References*

Please use this reference guide when preparing your paper. An EndNote output style is also available to assist you.

### *Checklist: what to include*

8. **Author details.** Please ensure everyone meeting the International Committee of Medical Journal Editors (ICJME) requirements for authorship is included as an author of your paper. All authors of a manuscript should include their full name and affiliation on the cover page of the manuscript. Where available, please also include ORCiDs and social media handles (Facebook, Twitter or LinkedIn). One author will need to be identified as the corresponding author, with their email address normally displayed in the article PDF (depending on the journal) and the online article. Authors' affiliations are the affiliations where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer-review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after your paper is accepted. Read more on authorship.
9. A structured **abstract** of no more than 200 words. A structured abstract should cover (in the following order): the *purpose* of the article, its *materials and methods* (the design and methodological procedures used), the *results* and conclusions (including their relevance to the study of disability and rehabilitation). Read tips on writing your abstract.



10. You can opt to include a **video abstract** with your article. Find out how these can help your work reach a wider audience, and what to think about when filming.
11. **5-8 keywords.** Read making your article more discoverable, including information on choosing a title and search engine optimization.
12. A feature of this journal is a boxed insert on **Implications for Rehabilitation**. This should include between two to four main bullet points drawing out the implications for rehabilitation for your paper. This should be uploaded as a separate document. Below are examples:
- Example 1: Leprosy*
- Leprosy is a disabling disease which not only impacts physically but restricts quality of life often through stigmatisation.
  - Reconstructive surgery is a technique available to this group.
  - In a relatively small sample this study shows participation and social functioning improved after surgery.
- Example 2: Multiple Sclerosis*
- Exercise is an effective means of improving health and well-being experienced by people with multiple sclerosis (MS).
  - People with MS have complex reasons for choosing to exercise or not.
  - Individual structured programmes are most likely to be successful in encouraging exercise in this cohort.
13. **Acknowledgement.** Please supply all details required by your funding and grant-awarding bodies as follows: *For single agency grants:* This work was supported by the under Grant . *For multiple agency grants:* This work was supported by the under Grant ; under Grant ; and under Grant .
14. **Declaration of Interest.** This is to acknowledge any financial interest or benefit that has arisen from the direct applications of your research. Further guidance on what is a declaration of interest and how to disclose it.
15. **Data availability statement.** If there is a data set associated with the paper, please provide information about where the data supporting the results or analyses presented in the paper can be

found. Where applicable, this should include the hyperlink, DOI or other persistent identifier associated with the data set(s). Templates are also available to support authors.

16. **Data deposition.** If you choose to share or make the data underlying the study open, please deposit your data in a recognized data repository prior to or at the time of submission. You will be asked to provide the DOI, pre-reserved DOI, or other persistent identifier for the data set.
17. **Supplemental online material.** Supplemental material can be a video, dataset, fileset, sound file or anything which supports (and is pertinent to) your paper. We publish supplemental material online via Figshare. Find out more about supplemental material and how to submit it with your article.
18. **Figures.** Figures should be high quality (1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour). Figures should be saved as TIFF, PostScript or EPS files.
19. **Tables.** Tables should present new information rather than duplicating what is in the text. Readers should be able to interpret the table without reference to the text. Please supply editable files.
20. **Equations.** If you are submitting your manuscript as a Word document, please ensure that equations are editable. More information about mathematical symbols and equations.
21. **Units.** Please use SI units (non-italicized).

Using third-party material in your paper

You must obtain the necessary permission to reuse third-party material in your article. The use of short extracts of text and some other types of material is usually permitted, on a limited basis, for the purposes of criticism and review without securing formal permission. If you wish to include any material in your paper for which you do not hold copyright, and which is not covered by this informal agreement, you will need to obtain written permission from the copyright owner prior to submission. More information on requesting permission to reproduce work(s) under copyright.

## Declaration of Interest Statement

Please include a declaration of interest statement, using the subheading "Declaration of interest."

If you have no interests to declare, please state this (suggested wording: *The authors report no conflicts of interest*). For all NIH/Wellcome-funded papers, the grant number(s) must be included in the disclosure of interest statement. Read more on declaring conflicts of interest.