Análise de Dispositivos com Adoção de Tecnologias para Avaliação da Estabilidade Postural: Uma Revisão Sistemática de Literatura



Daniele Langner Horning[1]; José Lourenço Kutzke[1]; Eduardo del Bosco Brunetti Cunha[1]; Alexandre Wagner Padilha[1]

[1] *Faculdade Educacional Araucária - FACEAR*

RESUMO

INTRODUÇÃO: A base de sustentação para a manutenção do centro de gravidade é controlada pelo equilíbrio e qualquer falha em um dos sistemas envolvidos podem gerar alterações que restringem as atividades de vida diária. Existem hoje diferentes instrumentos de avaliação que foram desenvolvidos para nortear decisões terapêuticas, mas para obter melhores resultados faz-se necessário o uso de uma abordagem abrangente, confiável e segura. OBJETIVO: O propósito deste estudo foi revisar de forma sistemática os artigos publicados sobre a adoção de tecnologias para avaliação da estabilidade postural e comparar os modelos de equipamentos utilizados que tão disponíveis no mercado. MATERIAIS E MÉTODOS: Foi realizada a busca de artigos em bases eletrônicas (Science Direct e PubMed) do ano de 2011 à 2016, tendo sido encontrados 6 artigos pertinentes ao tema condizentes com os critérios de inclusão do estudo. RESULTADOS: Após a análise dos artigos que foram extraídos das bases de dados, podemos observar que os autores utilizaram diferentes dispositivos para a quantificação do equilíbrio corporal, através das propriedades específicas disponibilizadas por cada modelo, que variam em relação ao seu gerenciamento e sua aplicação. CONCLUSÃO: Buscou-se comparar as características dos equipamentos disponíveis no mercado, bem como seus recursos e carências, e entre os equipamentos apreciados, o que mais destacou-se foi o Biodex System Balance SD (BBS)*, por proporcionar mais ferramentas de análises ao profissional na quantificação da oscilação postural. Torna-se necessário dar continuidade a estudos posteriores, explorando novas tecnologias que contemplem as propriedades fundamentais para o sucesso do tratamento.*

Palavras chave: Fisioterapia, equilíbrio, plataforma

ABSTRACT

INTRODUCTION: The support base for the maintenance of the center of gravity is controlled by balance and any failure in one of the involved systems can generate changes that restrict daily activities. There are different assessment tools that have been developed to guide therapeutic decisions, but for a better result itis necessary to use a comprehensive, reliable and safe approach. OBJECTIVE: The purpose of this study was to systematically review the published articles on the incorporation of technologies for the evaluation of postural stability, and to compare the models of equipment used available in the market. MATERIALS AND METHODS: The search for articles in electronic databases (Science Direct and PubMed) from the year 2011 to 2016 was carried out, and six articles relevant to the topic were found that fit the inclusion criteria of the study. RESULTS: After analyzing the articles that were extracted from the databases, we can observe that the authors used different devices for the quantification of the body balance, through the specific

properties provided by each model, which vary in relation to its management and its application. CONCLUSION: The aim of this study was to compare the characteristics between the equipments available in the market, as well as its resources and shortcomings, and within the equipment appreciated, the most outstanding was Biodex System Balance SD (BBS), for providing more professional analysis tools in the quantification of postural oscillation. It is necessary to continue further studies, exploring new technologies that contemplate the fundamental properties for the success of the treatment.

Key Words: Physiotherapy, balance, platform

1. INTRODUÇÃO

A base de sustentação para a manutenção do centro de gravidade é controlada pelo equilíbrio, de forma que o corpo deve responder às oscilações posturais de maneira voluntária ou involuntária (POLIDORO, *et. al,* 2013; ESCOBAR, *et. al,* 2011) enquanto este se desloca sobre sua base de apoio (BARBALHO, 2014). A disfunção do equilíbrio corporal têm um grande impacto podendo diminuir a autonomia social à medida que restringe as atividades de vida diária (BATISTA, *et. al,*2014), sendo as quedas uma destas consequências. Em âmbito mundial, as quedas são responsáveis por 87% das fraturas e por 50% das internações dos idosos (FALSARELLA, *et. al,* 2014). Uma pesquisa realizada por NASCIMENTO (2016), que foi conduzida em 23 estados brasileiros, com 6.616 idosos, mostra que 27,6% já sofreram quedas, e entre os que tiveram queda, 11% resultaram em fratura (NASCIMENTO *et. al,* 2016).

Para a função restauradora e de prevenção ser executada efetivamente, são usados parâmetros que ajudam a esclarecer aspectos do sistema de controle do equilíbrio, a partir de pontos de vista biomecânicos. (OLIVEIRA, 2016). É preciso ser capaz de identificar a alteração para proporcionar tratamento adequado, utilizando ferramentas de avaliação confiáveis. Entre os instrumentos de avaliação estão os métodos clínicos e laboratoriais, que foram desenvolvidos para avaliar as diferentes dimensões do controle postural, a fim de direcionar decisões terapêuticas (SANTOS, *et. al,* 2013).

Os ensaios clínicos são constituídos por testes e escalas funcionais, sendo os mais utilizados o Teste de Alcance Funcional (TAF), Teste Timed Up and Go (TUG), Teste de Romberg, Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) e a Escala de Tinetti (VIEIRA, 2015; ESCOBAR, *et.al,* 2011;). Estes realizam a avaliação de forma subjetiva do controle postural e identificam as alterações que necessitam de intervenção terapêutica.

Entre os métodos laboratoriais biomecânicos mais utilizados atualmente, podemos citar as plataformas de pressão. Esta técnica é utilizada para avaliar a estabilidade postural e o deslocamento do centro de pressão (COP), que é quantificada pela velocidade de oscilação corporal e pela área de deslocamento do corpo por meio de um

grande número de sensores, que transformam a pressão recebida em um sinal elétrico mensurável (PARRACA, *et. al,* 2011; MACEDO, *et.al,* 2012) fornecendo informações válidas do controle postural que podem ser usados para prever o risco de quedas (ESCOBAR, *et. al,* 2011). Outros nomes usados para designar essa técnica que analisa as oscilações posturais são Estabilografia, Estabilometria, Posturometria e Posturografia (MOYA, et. al, 2005; MACEDO, *et. al,* 2012; ODA, *et. al,* 2015), onde os parâmetros da plataforma de força podem revelar com precisão o grau de déficit do equilíbrio na posição estática ou dinâmica (ALBUQUERQUE, *et. al,* 2014).

Atualmente, existem vários modelos no mercado que apresentam características semelhantes (ESCOBAR, *et. al,* 2011) e visando a importância de uma correta avaliação do equilíbrio, devido a sua natureza multifatorial e as alterações por este causado, faz-se necessário o uso de uma abordagem abrangente, confiável e segura.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo revisar de forma sistemática os estudos publicados sobre a adoção de tecnologias para avaliação da estabilidade postural, e comparar os equipamentos utilizados que são disponíveis no mercado, podendo assim, por meio da apreciação dar segurança ao profissional no momento da escolha do método de avalição, bem como no aperfeiçoamento de desenvolvimento e proteção dos dispositivos já adotados.

2. METODOLOGIA

O delineamento metodológico aplicado para a realização deste estudo foi uma revisão sistemática de literatura. Para a busca de artigos científicos utilizou-se as bases de dados online: Science Direct e PubMed. A seleção iniciou-se com a busca pelas palavras chaves combinadas que foram: *Physiotherapy* (fisioterapia); *balance* (equilíbrio); *platform* (plataforma).

Para serem incluídos na revisão, os estudos deveriam respeitar os seguintes critérios de inclusão: ser publicados em periódicos entre 2011 e 2016; adoção da língua portuguesa, inglesa ou espanhola; delineamento de ensaios clínicos; temas com aplicação prática dos métodos que avaliassem a estabilidade postural em humanos e que os dispositivos utilizados nos estudos possuíssem o manual do usuário fornecido pelo fabricante.

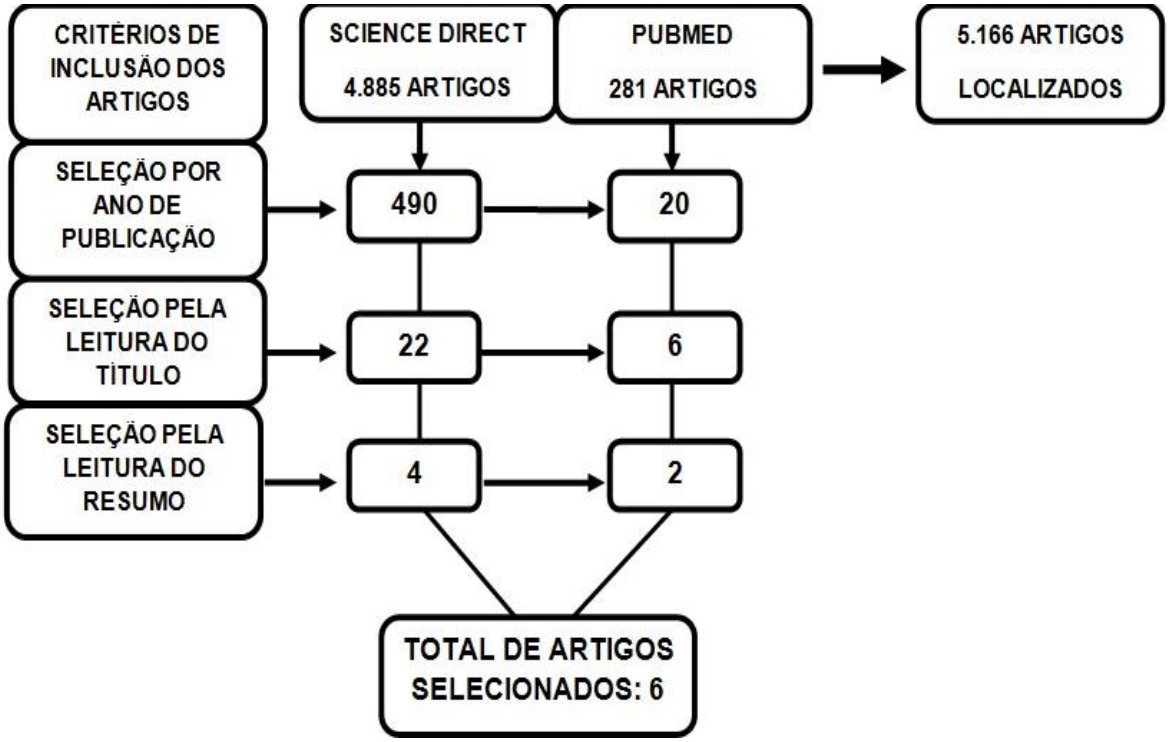


FIGURA 1: FIGURA 1: DIAGRAMA DE FLUXO QUE EXPLICA A ESTRATÉGIA DE BUSCA DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA.
FONTE: OS AUTORES (2017)

3. RESULTADOS

Os estudos selecionados para esta revisão através dos critérios de inclusão (FIGURA 1) apresentam como conteúdo central intervenções fisioterapêuticas dotadas de tecnologia para à avaliação da estabilidade postural. Os aspectos dos estudos quanto à autoria/ano, os equipamentos utilizados bem como sua descrição e diagnose ergonômica, são especificadas na Tabela 1 através das informações contidas no manual do dispositivo e nos estudos selecionados.

AUTOR/ANO/TÍTULO	EQUIPAMENTO UTILIZADO NO ESTUDO	DESCRIÇÕES DO EQUIPAMENTO	DIAGNÓSE ERGONÔMICA
FERREIRA, *et. al,* 2013. *(Efeitos imediatos da mobilização do quadril sobre a dor e Baropodometria Variável- Um estudo de caso)*	A baropodometria foi realizada utilizando-se uma Plataforma de Pressão, guiada pelo programa Foot Work Pro-benzóico (sistema de análise profissional).	Sua análise registra impressões e forças de reação no solo durante a posição em pé. Fornece também o parâmetro estabilométrico, derivadas do comportamento espacial e temporal do Centro de Pressão, semelhante a uma placa de força. O registro estático é realizado com o paciente na posição imóvel, e o registro dinâmico é realizado durante a marcha.	Realiza avaliação posturológica e dinâmica e avaliação do COP no eixo X e Y. O dispositivo possuí software e gerenciador de impressão próprios, além de capturar movimentos tridimensionais (3D). É de fácil aplicabilidade, pequenas dimensões e peso, favorecendo seu transporte.
WISZOMIRSKA, *et.al,* 2015. *(O impacto de um regime de exercícios de estimulação vestibular na estabilidade postural em mulheres acima de 60 anos)*	A Plataforma Zebris FDM-T (Zebris Medical GmbH, Isny, Alemanha), foi utilizada para caracterizar a estabilidade postural.	O sistema FDM-T consiste em uma esteira ergométrica com um sensor de medição integrado. A exibição de todos os resultados de medição é efetuada em tempo real usando computadores. Uma opção disponível é a sincronização de tempo, efetuada através de infravermelhos e adaptador de rádio que pode ser ligado com amplificadores EMG ou sensores inerciais que permitem executar a análise de movimento cinemático através de um modelo de animação.	O equipamento foi projetado para realizar avaliações posturológicas, dinâmicas e da marcha. Analisa o COP no eixo X e Y, mas não a oscilação vertical. Possuí barras de proteção laterais, proporcionando segurança ao paciente no momento do teste. Por ser um aparelho de grande porte, seu transporte e deslocamento acaba sendo limitado.
PLUCHINO, *et.al,* 2012. *(Estudo piloto comparando alterações no controle postural após treinamento usando um programa equilíbrio e jogos de vídeo game e 2 programas padrões de intervenção de equilíbrio baseados em atividades*	O teste de equilíbrio dinâmico foi realizado em uma plataforma de posturografia dinâmica (PD).	Posturografia dinâmica é composta por uma superfície de referência circundada por um campo visual móvel que realiza deslocamentos ântero-posteriores, fazendo com que ocorra variações na informação visual do paciente. Possuí sensores de pressão, que são ativados em resposta ao deslocamento do corpo. É utilizado para avaliação geral do equilíbrio que integra as informações visuais, somatosensoriais e vestibulares.	Realiza avaliação do COP no eixo X, Y e captação de oscilação vertical. Integra as informações visuais, somatosensoriais e vestibulares, porém não fornece ferramenta de biofeedback e captura de movimento 3D. Apresenta um sistema de segurança com um colete para evitar quedas.

BRICE, *et.al,* 2011 *(O efeito da proximidade de pulseiras holográficas no equilíbrio humano e limites de estabilidade: Um estudo randomizado, controlado com placebo).*	Foi utilizado no estudo uma plataforma de força de três componentes, a Bertec BalanceCheck ™ Screen (Bertec BP Series Force Plate) para a avaliação da estabilidade corporal.	A plataforma de força Bertec de três componentes mede a força vertical e dois momentos que podem ser usados para calcular o Centro de Pressão (CoP). Os dados de três canais são enviados via conexão USB para um computador portátil onde o Bertec BalanceCheck ™ software calcula a força vertical total e os dois momentos atuando na plataforma.	Apresenta software próprio disponível pelo fabricante e propriedade de gravação dos dados. Avalia o COP no eixo X, Y e captação de oscilação vertical. Por ser de pequenas dimensões, seu transporte é de facilitado.
WISZOMIRSKA, *et.al,* 2015. (*O Impacto de um Exercício Vestibular-Estimulante na estabilidade postural em pessoas com deficiência visual)*	Para medir a estabilidade postural no estudo foi utilizado o equipamento Biodex Balance System SD (BBS), um instrumento projetado para medir e treinar estabilidade postural estática ou em superfícies instáveis.	Consiste em uma plataforma circular que se move nos eixos ântero-posterior e medial-lateral simultaneamente, oferecendo a capacidade de controlar o grau de movimento da plataforma por 12 níveis. O dispositivo BSS é interfaceado com um Software, permitindo mensurar o grau de inclinação em cada eixo central, proporcionando um escore de balanço médio. Fornece também *feedback* em tempo real sobre a postura.	O equipamento captura oscilação angular no eixo X, Y e Z. Fornece uma ferramenta de biofeedback em tempo real, mas não realiza captura movimento em 3D. Foi projetado para realizar análise estática e dinâmica. Para segurança do paciente, barras de apoio encontram-se nas laterais do dispositivo.
DOHYUNG, *et.al,* 2015. *(Uso do sistema Microsoft Kinect para caracterizar a capacidade de equilíbrio durante o treino de equilíbrio)*	Neste estudo foi utilizado o sistema Kinect (Kinect para Xbox 360, Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA) para avaliar o equilíbrio em tempo real durante o treinamento do equilíbrio com movimentos aperiódicos no plano basal.	O equipamento poderia ser girado em torno de vários eixos com um alcance de ± 15 °. O conteúdo operacional é composto por câmera, sensor de profundidade, sistema de treinamento e rotação aleatória nos eixos X, Y, *Z*; Também realiza captura de movimento 3D por um sistema com oito câmaras infravermelhas para fornecer uma referência das medições obtidas pelo sistema Kinect.	O equipamento foi adaptado para captar oscilação angular no eixo X, Y e Z, possuindo dois sensores de profundidade 3D. É uma adaptação barata para avaliação da oscilação postural, pois fornece também estímulo visual, além de possuir software próprio, porém em contra partida não possuí um sistema de proteção (barras laterais) para o paciente.

COP: Centro de Pressão; Eixo X: Eixo medial-lateral; Eixo Y: Eixo ântero-posterior; Eixo Z: Eixo vertical; 3D: Movimentos tridimensionais; Biofeefback: Ferramenta através da qual o indivíduo toma consciência do modo de funcionamento de um ou de vários controles e adquire domínios sobre eles; Kinect: Sensor de movimentos desenvolvido exclusivamente para consoles Xbox360 e XboxOne da Microsoft; BBS: Biodex Balance System.

FONTE: OS AUTORES, 2017

Através desta tabela podemos observar que os estudos selecionados, utilizaram equipamentos que apresentam características semelhantes no quesito de avaliação, onde o objetivo é realizar a captação das oscilações do Centro de Pressão (COP). Entre os equipamentos comparados, 4 realizam a avaliação da COP no eixos medial-lateral (eixo X), ântero-posterior (eixo Y) e no eixo vertical (eixo Z) e 2 realizam a captação angular nos mesmos eixos, respectivamente.

Alguns dispositivos fornecem mecanismos tecnológicos que contemplam de forma eficiente a avaliação da estabilidade corporal, e entre elas estão às ferramentas de biofeedback e de captura de movimentos tridimensionais (3D). O *feedback* em tempo real torna-se um estímulo visual que permite ao paciente interagir e controlar os movimentos, contribuindo para a progressão do tratamento. Entre os 6 dispositivos avaliados, 2 possuíam a opção de captura de movimentos 3D e apenas 3 obtinham a ferramenta de biofeedback.

Torna-se fundamental que o dispositivo beneficie e ampare o profissional no momento das avaliações, onde o mesmo empregue tanto a opção de realizar a análise estática, quanto à análise dinâmica, facilitando a inspeção sobre as causas que desencadeiam as oscilações posturais. Entre os 6 dispositivos comparados, 5 disponibilizam as duas opções de análise, estática e dinâmica.

Outro ponto importante a ser analisado é o gerenciamento e a aplicação dos dispositivos, onde todos os equipamentos comparados ofereciam meios de conexão com computadores e possuíam softwares próprios com propriedades de gravação dos dados obtidos, alcançando os propósitos e suprindo as necessidades de aplicação.

Não menos importante, são as ferramentas fornecidas para a segurança do paciente. Durante as comparações foram registrados que 3 dispositivos oferecem um sistema de segurança, seja com barras laterais ou com coletes de suporte que são fundamentais, devido às oscilações produzidas pelo próprio corpo, ou pelas oscilações induzidas pelo aparelho durante a avaliação, que podem gerar um fator de risco ao paciente.

Para uma melhor visualização destes dados, foi elaborada uma tabela de apreciação (TABELA 2) com as propriedades apresentadas por cada um, com o objetivo de evidenciar suas características, através dos dados do estudo selecionado e do manual do usuário fornecido por seu fabricante respectivamente.

TABELA 2 – APRECIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ARTIGOS SELECIONADOS

Componentes de avaliação	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	Estudo 4	Estudo 5	Estudo 6
Captação do COP no eixo X	**X**	**X**	**X**	**X**		
Captação do COP no eixo Y	**X**	**X**	**X**	**X**		
Captação de oscilação vertical			**X**	**X**		
Captação angular de oscilação no eixo X					**X**	**X**
Captação angular de oscilação no eixo Y					**X**	**X**
Captação angular de oscilação no eixo Z					**X**	**X**
Captura de movimento 3D	**X**					**X**
Ferramenta de biofeedback		**X**			**X**	**X**
Análise Estática	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	
Análise Dinâmica	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Análise Posturológica	**X**	**X**	**X**	**X**		
Conexão PC-USB	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Projeção Centro de Gravidade	**X**			**X**	**X**	
Gerenciador de gravação de dados	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Gerenciador de impressão	**X**				**X**	
Software do dispositivo	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Sistema de Segurança		**X**	**X**		**X**	

FONTE: OS AUTORES, 2017

Analisando de forma geral todos os quesitos já citados anteriormente, podemos observar que entre os dispositivos comparados, o modelo que proporciona mais ferramentas de análise e que tem mais a oferecer ao profissional, é o Sistema de Estabilidade Biodex (*BSS, Biodex Medical Systems*), um dispositivo multiaxial que mede objetivamente a estabilidade postural através de angulações.

Os demais equipamentos comparados também apresentam muitas ferramentas e características semelhantes de análise, existindo uma pequena diferença em relação ao Biodex. O equipamento que foi adaptado a partir do dispositivo Kinect foi o que apresentou menos ferramentas de análise.

4. DISCUSSÃO

A manutenção do equilíbrio postural exige a interação de um complexo mecanismo de controle (ALONSO, *et. al,* 2011) proveniente dos sistemas somatossensorial, visual e vestibular, sendo que o Sistema Nervoso Central interpreta as mensagens desses sistemas e retorna com uma resposta motora, como a bipedestação, caminhar e interagir com o ambiente de forma segura e eficiente (NOVELETTO, *et. al*, 2015). Para ocorrer o controle postural adequado é necessário haver a harmonia dos sistemas (NOVELETTO, *et. al*, 2015; SANTOS, *et. al,* 2013), que é realizada tanto pelas propriedades viscoelásticas dos músculos, que geram uma resposta motora adequada (ALONSO, *et. al,* 2011), quanto por ajustes posturais desencadeados a partir das informações sensoriais visuais, vestibulares e somatossensoriais, que determinam a posição do corpo no espaço (NOVELETTO, *et. al*, 2015; RODRIGUES, *et. al,* 2014).

O equilíbrio mantém o corpo em posição adequada durante as ações motoras (NOVELETTO, *et. al*, 2015) e qualquer falha em um dos sistemas envolvidos (RUBIRA, *et. al*, 2010) pode levar a um distúrbio na manutenção do equilíbrio ou no controle postural (MOYA, *et. al,* 2005). O impacto destas perturbações do equilíbrio para a sociedade têm sido objeto de inúmeros estudos, que destinam-se a resolve-los (WISZOMIRSKA, *et. al*, 2015) através de instrumentos específicos que apresentam confiabilidade associado com ampla aplicabilidade, tornando-se ideal para avaliação do equilíbrio (CORZO, *et. al*, 2013).

Realizar apenas uma análise subjetiva do equilíbrio corporal nem sempre é adequado para monitorar a progressão dos sintomas ou a eficácia dos tratamentos. Como tal, o exame clínico além de dispor de um número limitado de testes clínicos para quantificar o equilíbrio (CHAUDHRY, *et. al*, 2011), depende da execução e da interpretação dos resultados que é variável devido ao sistema de pontuação subjetiva

fornecendo apenas uma estimativa relativa de potenciais de anormalidades (RODRIGUES, *et. al,* 2014).

A plataforma de força faz uso de tecnologia moderna e consegue trabalhar de forma eficiente na ação quantitativa de dados, com a mensuração das forças de reação aplicadas em sua superfície com intuito de caracterizar fenômenos biomecânicos (ALBUQUERQUE, *et. al,* 2014). Existem diversos modelos de plataformas de força, e os sensores usados para medição dos dados podem ser vários. No ramo biomédico, as plataformas de força são ferramentas que visam descrever o equilíbrio humano, e são capazes de fazer caracterizações da marcha, da análise da postura humana e diagnosticar alguns tipos de patologias, como os desvios posturais (ALBUQUERQUE, *et. al,* 2014).

Devido à disponibilidade e pelo custo significativamente reduzido, as intervenções que incluem assistência robótica e o advento do movimento dos videogames controlados também permitiu aos terapeutas integrar a realidade virtual nas terapias, embora exista apenas um pequeno número de estudos publicados sobre o assunto (LOHSE, *et. al,* 2014).

O treino do equilíbrio por meio da realidade virtual vem sendo avaliado devido ao fato dos estímulos visuais, sensoriais e auditivos induzirem a oscilação corporal (POLIDORO, *et. al,* 2013) e possibilitar ao paciente um *feedback* simplificado imediato sobre a posição de seu corpo no espaço e lhe permitir interatuar com os componentes virtuais em tempo real, estimulando a aprendizagem de estratégias de controle motor adaptativo em resposta a estímulos (PAVÃO*, et. al,* 2014). A motivação e possibilidade de personalização da terapia proporcionada pelo contato com o ambiente virtual (PAVÃO*, et. al,* 2014) mostra sinais que a técnica virtual seja mais eficaz do que a terapia convencional, no entanto faltam evidências a respeito (POLIDORO, *et. al,* 2013).

A maioria dos dispositivos disponíveis no mercado devido ao alto custo, seu grau de complexidade e a infraestrutura exigida para sua aplicação, torna o acesso a esses dispositivos laboratoriais muitas vezes restritos a universidades e hospitais-escola, que possuem maior poder aquisitivo, fator que priva seu uso a muitos profissionais da saúde que não possuem condições financeiras de adquirir e manter essa tecnologia em seus consultórios (POLIDORO, *et. al,* 2013), tornando assim a busca por métodos alternativos que contemplem de forma ampla as necessidades para a avaliação do equilíbrio corporal aliadas a baixo custo e de fácil aplicabilidade constantes.

5. CONCLUSÃO

Há diferentes equipamentos dotados de alta tecnologia que auxiliam a avaliação e a reabilitação do equilíbrio, buscou-se então comparar quais são as características dos equipamentos disponíveis no mercado, bem como seus recursos e carências.

Entre os dispositivos comparados, o modelo que proporciona mais ferramentas de análises e que melhor contempla os quesitos para a avaliação do equilíbrio corporal foi o Sistema de Estabilidade Biodex (BBS, Biodex Medical System), que mede de forma objetiva a estabilidade através de angulações.

Torna-se importante, através deste, dar continuidade a estudos posteriores, explorando novas tecnologias que contemplem as propriedades fundamentais para o sucesso do tratamento e que amparem as necessidades do profissional.

6. REFERÊNCIAS

1. ALBUQUERQUE, Caio André. BESSA, Yuri dos Santos. **Desenvolvimento de uma plataforma de força para estudo do equilíbrio humano.** Universidade de Brasília – UnB, 2014.

2. ALONSO, Angélica Castilho. BRECH, Guilherme Carlos. et. al. **The influence of lower-limb dominance on postural balance.** Institute of Orthopedics and Traumatology, Hospital das Clínicas (HC). São Paulo, 2011.

3. BARBALHO, Erika de Vasconcelos. CARVALHO, Antonia Dávila Fontenele. **Métodos e protocolos de avaliação do equilíbrio: uma revisão.** Sobral, ano 3, v.1, n. 4, p.02-16, Jan -jun. 2014.

4. BASTOS, Adriana Georgia Davim, et. al,. **Avaliação de pacientes com queixa de tontura e eletronistagmografia normal por meio da estabilometria**. Ver Bras Otorrinolaringol. V.71, n.3, 305-10, mai./jun. 2005.

5. BATISTA, Juliana Secchi. WIBELINGER, Lia Mara. et, al. **Avaliação e intervenção fisioterapêutica em idosas com déficit de equilíbrio por meio da Escala de Berg e da plataforma Wii Balance Board**. Fisioter. Mov., Curitiba, v. 27, n. 1, p. 21-28, jan./mar. 2014.

6. BRICE, Simon R. JAROSZ, Brett S. et, al. **The effect of close proximity holographic wristbands on human balance and limits of stability: A randomised, placebo-controlled trial.** Journal of Body work & Movement Therapies (2011) 15, 298 e 303.

7. CHAUDHRY, Hans. BUKIET, Bruce. et, al. **Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods dA brief review**. Journal of Body work & Movement Therapies (2011) 15, 82 e 91.

8. CORZO, H. MOCHOLI, M.A. Hernández. **Fiabilidad de laprueba Fall Risk de la plataforma Biodex Balance System® em las personas mayores**

institucionalizadas com miedo acaerse mediante test-retest de 12 semanas. Elsevier España, febrero 2013.

9. DITE, Wayne. TEMPLE, Viviene A. **A Clinical Test of Stepping and Change of Direction to Identify Multiple Falling Older Adults.** Arch Phys Med Rehabil Vol 83, November 2002.

10. ESCOBAR, J.C. Zuil. CEPA, C.B. Martínez**. Fiabilidad intrasesión em la exploración del equilibrio mediante plataforma de presión.** Elsevier España, Agosto 2011.

11. FALSARELLA, Gláucia Regina. GASPAROTTO, Lívia Pimenta Renó. Et, al. **Quedas: conceitos, frequências e aplicações à assistência ao idoso. Revisão da literatura.** Rev. Bras. Geriatr. Gerontol., Rio de Janeiro, 2014; 17(4):897-910.

12. JUNIOR, Carlyle Marinho. CAVENAGHI, Simone. **Escalas de mensuração e modalidades fisioterapêuticas na reabilitação de pacientes com equilíbrio deficitário.** FAMERP, São José do Rio Preto, 2011.

13. LOHSE, Keith R. HILDERMAN, Courtney G. E. **Virtual Reality Therapy for Adults Post-Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis Exploring Virtual Environments and Commercial Games in Therapy.** PLOS ONE | www.plosone.org - Reality Therapy | Volume 9 | Issue 3 | March 2014.

14. MACEDO, Camila. Et, al,. **Posturografia em idosos com distúrbios vestibulares e quedas.** Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde. São Paulo, 2012.

15. MOYA, M.F. Peydro. BERTOMEU, J.M. Baydal. BROSETA, M.J. Vivas. **Técnicas Instrumentales de Diagnóstico y Evaluación em Rehabilitación-Evaluación y Rehabilitación del Equilibrio Mediante Posturografia.** *Rehabilitación* (Madri) 2005;39 (6):315-23

16. NASCIMENTO, Janaína Santos. TAVARES, Darlene Mara dos Santos. **PREVALÊNCIA E FATORES ASSOCIADOS A QUEDAS EM IDOSOS.** Texto Contexto Enferm, 2016.

17. NOVELETTO, F. BERTEMES-FILHO, M.S. Hounsell. SOARES, A.V. **A Serious Game for Training and Evaluating the Balance of Hemiparetic Stroke Patients.** *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, Toronto, Canadá 2015.*

18. ODA, Danielle Tyemi Massukawa. Et. al,. **Posturografia dinâmica computadorizada na avaliação do equilíbrio corporal de indivíduos com disfunção vestibular.** AudiolCommun Res. 2015;20(2):89-95. São Paulo, 2015.

19. OLIVEIRA, José Magalhães. **Statokinesigram normalization method**. Behavior Research Methods. Published online: 19 february 2016.

20. PARRACA, José A. OLIVARES, Pedro R. Et, al. **Test-Retest reliability of Biodex Balance SD on physically active old people.** Journal of Human Sport & Exercise volume 6. Espanha, 2011.

21. PAVÃO, Silvia Leticia. ARNONI, Joice Luiza B. **Impacto de intervenção baseada em realidade virtual sobre o desempenho motor e equilíbrio de uma criança com paralisia cerebral: estudo de caso.** Rev Paul Pediatr. 2014;32(4):389–394.

22. PLUCHINO, Alessandra. et. al. **Pilot Study Comparing Changes in Postural Control After Training Using a Video Game Balance Board Program and 2 Standard Activity-Based Balance Intervention Programs.** The American Congress of Rehabilitation Medicine, 2012.

23. POLIDORO, Áurea Carla Rodrigues. CONTENÇAS, Thaís Santos. **Treino de equilíbrio em idosos com realidade virtual.** Moreira Jr Editora | RBM Revista Brasileira de Medicina, Abr 15 V 72 N 4págs.: 153-156. Santos, 2013.

24. PÚIIK, Jozef**. Et. al. Assessment of Visual Reliance in Balance Control: An Inexpensive Extension of the Static Posturography.** Journal of Medical Engineering, 2014.

25. RODRIGUES, Letícia C. MARQUES, Aline P. **Reliability of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) and BESTest sections for adults with hemiparesis.** Brazilian Journal of Physical Therapy, 2014.

26. RODRIGUEZ, Daniel Romero. TUTUSAUS, Luís Costa. **Diferencias em la estabilidad postural estática y dinâmicas egún sexo y pierna dominante**. ApuntsMed Esport. 2009;162:74-8. España, 2009.

27. RUBIRA, Ana Paula Fernandes de Angelis. MARTINS, Maria do Socorro Echalar. Et, al. **Eficiência da estabilometria e baropodometria estática na avaliação do equilíbrio em pacientes vestibulopatas.** NEUROBIOLOGIA, 73 (2) abr./jun., 2010.

28. SANTOS, Fernanda Pains Vieira. BORGES, Larissa de Lima. MENEZES, Ruth Losada. **Correlação entre três instrumentos de avaliação para risco de quedas em idosos.** Fisioter. Mov., Curitiba, v. 26, n. 4, página 883-894, set./dez. 2013.

29. TEIXEIRA, Clarissa Stefani. et, al. **Ruído e equilíbrio: aplicação da posturografia dinâmica em indústria gráfica.** Rev. CEFAC, São Paulo, 2011.

30. VIEIRA, Jusciane Chacon. **Sistema de mensuração da oscilação dos membros Inferiores para testes de equilíbrio corporal.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Biomédica. Rio Grande do Norte, 2015.

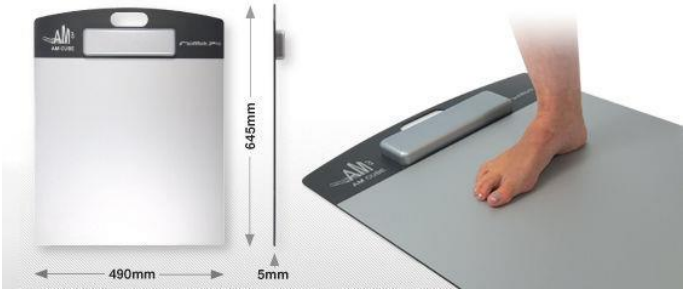
31. WISZOMIRSKA, Ida. Kaczmarczyk, Katarzyna. Et, al. **The Impact of a Vestibular-Stimulating Exercise Regime on Postural Stability in People with Visual Impairment.** Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International Volume 2015, Article ID 136969, 8 pages.

APENDICE

BAROPODOMETRO FOOTWORK PRO

Características Mecânicas e Eletrônicas

- Dimensões: 465 x 520 x 25 mm
- Superfície ativa: 490mm x 490mm
- Peso: 3,5 kg
- Número de captadores: 4096 captadores calibrados
- Vida útil dos captadores: Em média 1.200.000 exames
- Frequência: 200Hz
- Conexão PC: USB.

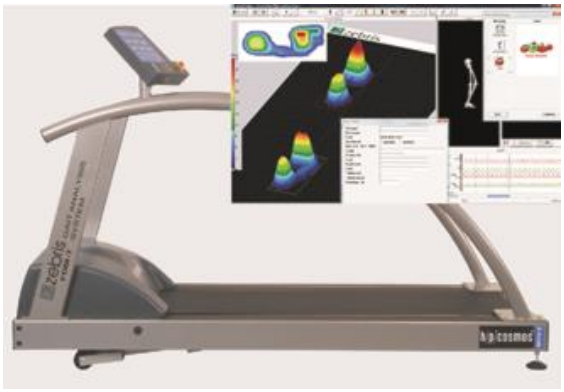


Fonte: Arkipelago - Sistemas de Baropodometria e Palmilhas

PLATAFORMA ZEBRIS FDM-T

Características Mecânicas e Eletrônicas

- Dimensões: 160 x 80 x 127cm / dobrado: 35 x 80 x 160cm
- Superfície de rolamento: 123 x 44cm
- Poder do motor: 1,47 Kw
- Peso: 75 Kg
- Peso máximo do usuário: 110 Kg
- Número de sensores: 5.000 sensores- 1,4/cm^2
- Conexão PC: USB.

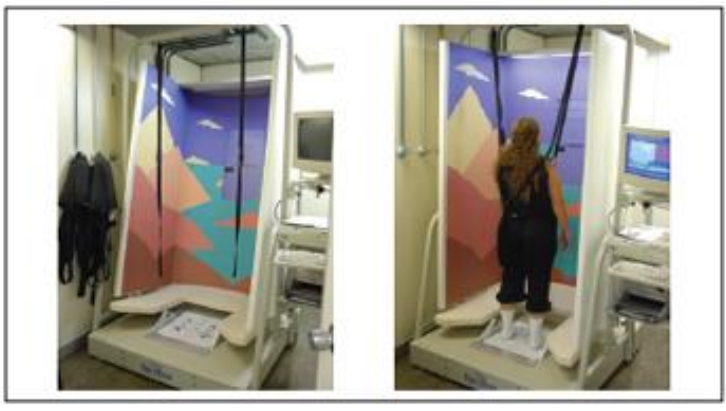


Fonte: Zebris Medical GmbH

PLATAFORMA DE POSTUROGRAFIA

Características Mecânicas e Eletrônicas

- Dimensão total: 135 x 155 x 239cm
- Dimensão da base: 135 x 155 x 15cm
- Peso total do sistema: 352Kg
- Altura máxima do paciente: 2,03m
- Peso máximo do paciente: 200Kg
- Distância do campo visual: 1m
- Sistema de segurança: Colete para evitar quedas.



Fonte: Natus Balance e Mobility

PLATAFORMA BERTEC BALANCECHECK SCREEN

Características Mecânicas e Eletrônicas

- Dimensões: 45 x 50 cm
- Peso máximo do paciente: 220Kg
- Material da placa: Alumínio
- Superfície: Espuma (opcional)
- Conexão PC: USB
- Amplificador de ganho digital: 16 bits
- Software do aparelho: Bertec BalanceCheck Software.





Fonte: Bertec Balance

BIODEX BALANCE SYSTEM SD (BBS)

Características Mecânicas e Eletrônicas

- Dimensões do aparelho: 76 X 112 X 188 cm
- Dimensões da plataforma: 55cm (diâmetro)
- Inclinação da plataforma: 20º da horizontal em todas as direções
- Níveis de estabilidade: 12 níveis dinâmicos e opção de bloqueio para medições estáticas
- Peso total do sistema: 89Kg
- Peso máximo do paciente: 180Kg
- Potência: 350 Watts.

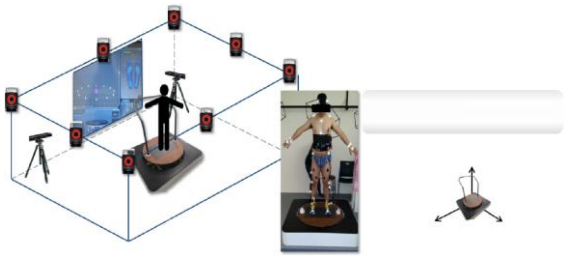


Fonte: Biodex Physical Medicine

KINECT PARA XBOX 360, MICROSOFT CORPORATION

Características Mecânicas e Eletrônicas

- Dimensões do Kinect: 24,9 x 6,6 x 6,7cm
- Sensores de profundidade: 3D
- Sistema de captura de movimento 3D: 8 câmeras infravermelho VICON
- Inclinação da plataforma: pode ser girado em torno de vários eixos com alcance de 15º
- Conexão PC: USB
- Câmeras do sensor Kinect: uma RGB e outra com sensor infravermelho, capaz de captar profundidade, altura, largura e outros elementos
- Inclinação mecanizada do sensor Kinect: Inclinação automática para cima e para baixo quando necessário.





Fonte: Suport.Xbox/ DOHYUNG, *et.al,* 2015