



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ - UESC
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E
TECNOLOGICAS**

Alexandre Pedrecal Campos

**DESENVOLVIMENTO DE API PARA EXTRAÇÃO
AUTOMÁTICA DE INFORMAÇÕES DE ARQUIVOS PDF
APLICADA A TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ILHÉUS - BAHIA
2019**

ALEXANDRE PEDRECAL CAMPOS

TITULO DO TCC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Estadual de Santa Cruz
- UESC, como parte das exigências para
obtenção do título de Bacharel em Ciência
da Computação.

Orientador: Prof. Doutor. Esbel Tomás
Valero Orellana

ILHÉUS - BAHIA
2019

TULIO CAMPOS SILVA

**PROPOSTA DE VALIDAÇÃO DO SOFTWARE ETHEL PARA
REALIZAÇÃO DE EXAMES DE POSTUROGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Ilhéus, 26 de Agosto de 2019

Prof. Doutor. Esbel Tomás Valero Orellana
UESC/DCET
(Orientador)

Prof. Doutor Marcelo Ossamu Honda
UESC/DCET

Prof. Doutor Marcílio Ferreira Marques Filho
UESC/DCS

Dedico esse trabalho aos meus pais Edvaldo e Eudalia pelo apoio e incentivo concedidos todos estes anos, ao meu irmão Otávio e a toda minha família e amigos que contribuíram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter-me concedido saúde e sabedoria, permitindo assim a realização das atividades durante minha graduação.

Agradeço a todos os meus familiares que me apoiaram e me ajudaram no momentos difíceis. Em especial a minha prima Erika e seu Esposo Raul, por ter me acolhido na sua residência todos esses anos. E por todo o carinho e cuidado que tiveram comigo.

À Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) pela infraestrutura e bolsas de Iniciação Científica concedidas.

À todos os professores que participaram da minha graduação. Ao Professor Esbel Tomás, pela orientação e suporte dados na elaboração desse trabalho. Pelo projeto de iniciação científica a mim confiado. Por todas as experiências, conhecimentos e conselhos concedidos. Ao Professor Jauberth Abijaude, com quem tive o privilégio de trabalhar. E ao Professor Marcelo Ossamu Honda, por todas as instruções e cobranças para as etapas de construção do TCC.

À todos envolvidos no desenvolvimento do ETHEL, principalmente ao meu amigo e colega de iniciação científica Raí Bizerra que teve participação direta no desenvolvimento desse trabalho.

Aos pesquisadores Sabrina Martins e Marcílio Ferreira que cederam dados essenciais para elaboração desse trabalho.

Ao Núcleo de Biologia Computacional e Gestão de Informações Biotecnológicas (NBCGIB) pela infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento de projetos durante minha graduação.

Os meus amigos Gabriel Figueiredo, Levy Marlon, Adson Cardoso, Aurélio Chaussê, Gabriel Rodrigues, Matheus Almeida, Alexandre Pedrecal, Alberto Segundo e Daniel Penedo que foram verdadeiros irmãos durante essa jornada.

RESUMO

Para permitir a aplicação de protocolos de posturografia utilizando a *Wii Balance Board* (WBB; Nintendo, Kyoto, Japão), um grupo de pesquisadores da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) são responsáveis pela produção do sistema ETHEL, que já conta com um protótipo em estágio avançado de desenvolvimento. Antes de passar para a etapa de testes clínicos com pacientes é necessário à validação dos resultados obtidos com o ETHEL. Sendo assim, o presente trabalho propõe uma metodologia para fazer um estudo comparativo dos softwares ETHEL e *Posturography Test*, desenvolvido pelo grupo *Neurorehabilitation & Brain Research Group*, que já foi testado e validado como ferramenta para realização de testes de avaliação clínica para controle de postura e de equilíbrio, utilizando a WBB. Para realização do estudo comparativo foram aprimorados e desenvolvidos protocolos no ETHEL, com intuito de reproduzir as métricas utilizadas pelo *Posturography Test*. Como resultado temos uma técnica que deve permitir corroborar a metodologia de calibração e obtenção dos dados no o ETHEL, assim como otimizar os protocolos de medição. Desta forma disponibilizamos um protótipo que pode ser utilizado para um estudo comparativo dos softwares ETHEL e *Posturography Test*.

Palavras-chave: *Wii Balance Board*, Posturografia, *Posturography Test*, ETHEL.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PF	Plataforma de Força
COP	Centro de Pressão (COP - do inglês <i>Center of Presuare</i>)
WBB	<i>Wii Balance Board</i>
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz
LOS	Limites de Estabilidade (LOS - do inglês <i>Limits Of Stability</i>)
ML	Médio-Lateral
AP	Ântero-Posterior
OASP	Olhos abertos em uma superfície plana
OFSP	Olhos fechados em uma superfície plana
OASE	Olhos abertos sobre a espuma
OFSE	Olhos fechados sobre a espuma

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

A posturografia é utilizada como importante técnica para avaliar o equilíbrio e as oscilações corporais (??, ??). A melhor forma para implementação desta técnica é a posturografia computadorizada que utiliza plataformas de força (PF) . Estes equipamentos podem fornecer dados quantitativos detalhados acerca do equilíbrio corporal (??, ??). As plataformas de forças estimam a oscilação do centro de pressão (COP) do paciente em análise, e permitem avaliar as alterações em relação a uma amostra saudável correspondente (??, ??). A grande limitação para a utilização da posturografia é o alto custo das plataformas de forças comerciais. No brasil pode se encontrar alguns modelos, como por exemplo, a plataforma de força FP-4060-08-2000 BERTEC, que custa US 29.812,00 (??). Outra limitação é a necessidade de um espaço dedicado na clínica para seu uso (??, ??).

O desenvolvimento de acessórios e dispositivos para jogos tem evoluído significativamente nos últimos anos. Um exemplo disso é a Plataforma Wii Balance Board (WBB), lançada em 2007 como um controle de jogo para o sistema Nitendo Wii, desenvolvido com o objetivo de promover uma maior imersão do usuário ao jogo. A WBB possui componentes similares a uma plataforma de força tradicional, dispõe de quatro sensores de carga medidores de tensão, capazes de obter dados sobre movimentos do COP e comunicar-se via *bluetooth* com um computador. Ela foi avaliada como uma alternativa às plataformas de força de nível laboratorial, devido ao seu baixo custo e fácil manuseio (< 4 kg) (??, ??). Atualmente, no Brasil a WBB pode ser adquirida por cerca de 100 reais (??). Diversos artigos recentes têm comprovado a viabilidade de utilizar a WBB na realização de exames posturográficos (??, ??), (??, ??), (??, ??) (??, ??). Os estudos mostram que é possível avaliar quantitativamente as oscilações corporais dos pacientes e identificar a contribuição de cada um dos sistemas somatossensoriais na manutenção do equilíbrio.

Não são muitas as soluções disponíveis, que permitem utilizar a WBB integrada a um sistema para implementar exames de posturografia. Na revisão sistemática feita por Clark et al. (??), percebe-se que a maioria dos autores constroem rotinas utilizando o *software LabVIEW* (*National Instruments*, Texas, EUA) para aquisição e leitura de dados. A principal limitação do uso dessa solução, é que o *software LabVIEW* é um software proprietário e sua licença é dispendiosa. Atualmente, no brasil a versão base custa R\$ 1.299,00/ano (??). Por outro lado o Posturography Test, está disponível para uso de forma gratuita e sua validação já foi efetuada por Llorens et al. (??) e (??). Suas principais deficiências consistem na dependência de estabelecer conexão com a internet para seu funcionamento, e o fato de ser um *software* de código fechado e pouco documentado.

Neste contexto, na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), encontra-se em

estágio avançado o projeto de desenvolvimento do software ETHEL para implementação de protocolos de posturografia utilizando a WBB. Este programa está sendo utilizado em um projeto do mestrado em saúde da UESC, projeto este que tem aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UESC (**Anexo ??**) para realização de testes com humanos. Parte dos dados obtidos por eles serão cedidos ao presente trabalho, possibilitando assim a elaboração de uma metodologia para validação do ETHEL. Este *software* permite capturar e processar os sinais gerados pela WBB e calcular parâmetros quantitativos utilizados na posturografia. Os primeiros resultados deste projeto foram apresentados por (??, ??) e (??, ??). Com as funcionalidades implementadas no ETHEL é possível utilizar a plataforma de jogos como uma alternativa de baixo custo aos equipamentos atualmente disponíveis, para implementação de técnicas de instrumentalização de exames e procedimentos clínicos.

No entanto, se faz necessária a validação dos resultados obtidos. Em Leach et al., (??) se apresenta uma validação utilizando ao mesmo tempo a WBB e uma plataforma de força comercial, para medir simultaneamente o deslocamento unidimensional do COP. No experimento de validação a WBB foi colocada sobreposta à plataforma de força e acima delas foi colocado um sistema mecânico de pêndulo invertido que era responsável por simular oscilações posturais unidimensionais. Dadas as oscilações, realizava-se a aquisição dos dados gerados por ambas plataformas. Por fim foi feito o estudo comparativo dos dados adquiridos para realização da confirmação da validade.

Tendo em vista o difícil acesso e o alto custo das plataformas de força tradicionais, o presente trabalho propõe uma metodologia de validação para o *software* ETHEL realizando um estudo comparativo com uma solução que esteja disponível, que também utilize a WBB para aplicação de exames posturográficos e que já tenha sido aceita e validada. Por este motivo, para realização deste experimento o *software* escolhido foi *Posturography Test*, desenvolvido pelo grupo. Para efetuar a validação será necessário implementar no ETHEL o conjunto de métricas geradas no. Além disso, para realização dos testes, deverá ser utilizada a mesma plataforma com os dois softwares, em condições semelhantes, com o mesmo grupo de pessoas. Ao fim dos testes, espera-se responder, se a metodologia aplicada e as métricas utilizadas pelo ETHEL na aquisição dos dados são válidos e podem ser utilizada como alternativa na realização de exames posturográficos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um protocolo de validação do *software* ETHEL como ferramenta para realização de exames posturográficos, com base na utilização do *software* *Posturography Test*.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Analisar as métricas do *software Posturography Test*;
2. Implementar as métricas do *Posturography Test* no ETHEL;
3. Implementar no ETHEL o módulo de *Limits of Stability* (LOS);
4. Aprimorar os protocolos de aquisição de dados visando reduzir o tempo de realização do exame;
5. Idealizar um protocolo para implementar um estudo comparativo.

1.2 Organização do Trabalho

Este trabalho é organizado com a seguinte estrutura: O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, demonstra todo o embasamento teórico utilizado na construção deste estudo. O capítulo 3 explica todos os materiais e métodos empregados para chegar ao resultado final. O capítulo 4 expõe os resultados obtidos com testes realizados no ETHEL e apresenta as novas métricas desenvolvidas. Por fim, o capítulo 5 conclui o trabalho e apresenta as propostas de trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para propor uma metodologia que permita validar o ETHEL se faz necessário uma revisão na literatura para construção do embasamento teórico, essencial para a construção desse trabalho. Este capítulo apresenta a revisão literária realizada.

2.1 Posturografia

O comprometimento do equilíbrio é comum em pessoas idosas e em pacientes com diversos tipos de doenças, incluindo patologia vestibular, disfunções visual ou oculomotor, doenças neurológicas e distúrbios musculoesqueléticos (??, ??). Os pacientes portadores de distúrbios de equilíbrio sofrem com a possibilidade eminente de queda que pode levar a fraturas, gerando insegurança e impactando negativamente a qualidade de vida. Neste contexto, se faz necessário ter acompanhamento médico, tanto para diagnóstico quanto para tratamento das patologias causadores do desequilíbrio.

Identificar de maneira correta os pacientes que tem risco de quedas, é um desafio clínico. Vários testes clínicos, são capazes de identificar pessoas com risco de quedas razoavelmente bem, como por exemplo, *Berg Balance Scale* (??, ??), o *Functional Reach Test* (??, ??), o teste de 10 metros (??, ??) o teste “*Up-and-go*” (??, ??). Mas o número de predições falso-negativa ainda é alto em alguns destes testes (??, ??). Além do mais, a execução dos mesmos muda consideravelmente entre diferentes médicos e a interpretação dos resultados é variável devido ao sistema de pontuação subjetivo.

O controle da postura é mantido por um sistema sensorimotor complexo, que integra informações dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial. A integridade do sistema de controle postural é habitualmente avaliado com testes de posturografia estática e/ou dinâmica e, é em geral mensurada com base no deslocamento do centro de pressão (COP) medido com uma plataforma de força, que também mede as forças de reação vertical e horizontal. O COP é a localização da reação vertical na superfície de uma plataforma de força, ele reflete as orientações dos ângulos articulares do corpo, bem como os seus movimentos para manter o centro de gravidade sobre sua base suporte (??, ??).

Tendo isso em vista, a posturografia é utilizada como uma importante técnica para avaliar as alterações posturais e as oscilações corporais. Técnicas posturográficas são utilizadas para averiguar a regulação ativa e passiva do equilíbrio sob diversas condições. O equilíbrio é geralmente testado quantitativamente em experimentos de laboratório (??, ??). O dispositivo comumente utilizado para isso é uma plataforma de força. A PF possui sensores de força acoplados a uma placa que são responsáveis por determinar a localização

centro de pressão (COP) (??, ??). A maioria das técnicas de posturografia são realizadas manipulando a postura ou o equilíbrio, afim de avaliar a resposta do paciente a tais procedimentos. A posturografia computadorizada fornece medidas objetivas e quantitativas do equilíbrio e, das oscilações corporais. Ao contrário dos testes clínicos, o avaliador pode especificar os parâmetros de avaliação, podendo introduzir várias manipulações para tornar o controle postural mais desafiador. Também é possível usar perturbações sensoriais para manipular seletivamente um ou mais elementos específicos do controle postural. Desta forma, pode ser fornecido ao examinador resultados melhores e mais específicos, contribuindo para identificação das possíveis causas do desequilíbrio (??, ??).

Na posturografia estática, o paciente é avaliado de acordo com o desempenho do seu sistema de controle postural, de pé e quieto sobre uma superfície fixa. Geralmente as avaliações incluem, teste com olhos abertos e com olhos fechados. Assim é possível estimar o papel do sistema visual na manutenção equilíbrio permanente. Na posturografia dinâmica, o desempenho do sistema de controle dinâmico é medido através da resposta, dada uma perturbação aplicada ou volitiva. Com isso, é possível estimar algumas métricas como a reação postural defensiva imediata, tempo de reação, excursão máxima e o controle direcional (??, ??).

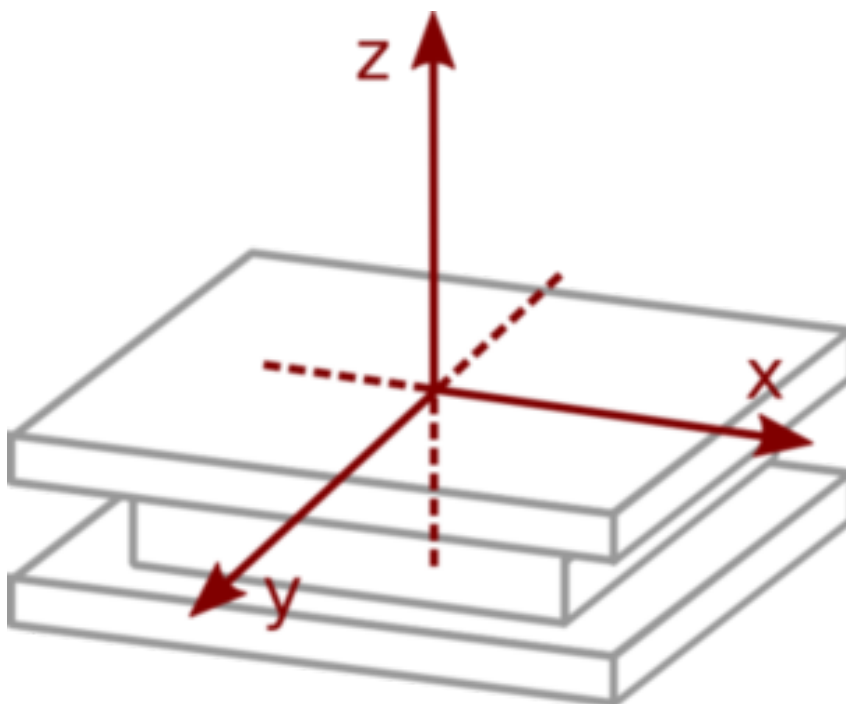
2.2 Plataformas de Força

As plataformas de força foram criadas, com intuito de avaliar uma variedade de áreas, incluindo a reabilitação neurológica, desempenho atlético e prevenção de quedas em idosos, plataformas de força pode fornecer informações quantitativas detalhadas sobre déficits de movimento ou mecanismos de controle postural, e respostas a manipulações sensoriais. Normalmente medem forças e momentos de reação, que são utilizados no calculo do desenvolvimento da posição e na posição do centro de pressão (COP) (??, ??).

De modo geral, uma plataforma de força consiste em uma placa sobre alguns sensores de força (geralmente quatro) do tipo célula de carga ou piezoelétrico, que estão distribuídos, afim de medir três componentes da força empregada neles, F_x , F_y e F_z (x , y e z são as direções ântero-posterior, médio-lateral e vertical, respectivamente), e os três componentes do momento de força (ou torque), M_x , M_y e M_z , agindo sobre a plataforma (**Figura ??**) (??, ??).

Medidas do equilíbrio estático derivados da plataforma de força tem contribuído na avaliação da importância de diferentes sistemas sensoriais no controle do equilíbrio (??, ??), na predição de ocorrências de quedas (??, ??) e para avaliar a eficácia de protocolos de treinamento utilizados na manutenção do equilíbrio (??, ??). No entanto, o acesso a essa tecnologia é limitada devido ao alto custo das plataformas de força e especialização necessária para utilizá-las (??, ??).

Figura 1 – Representação das forças obtidas por meio dos sensores da plataforma de força



2.3 O uso da WBB na realização de exames posturográficos

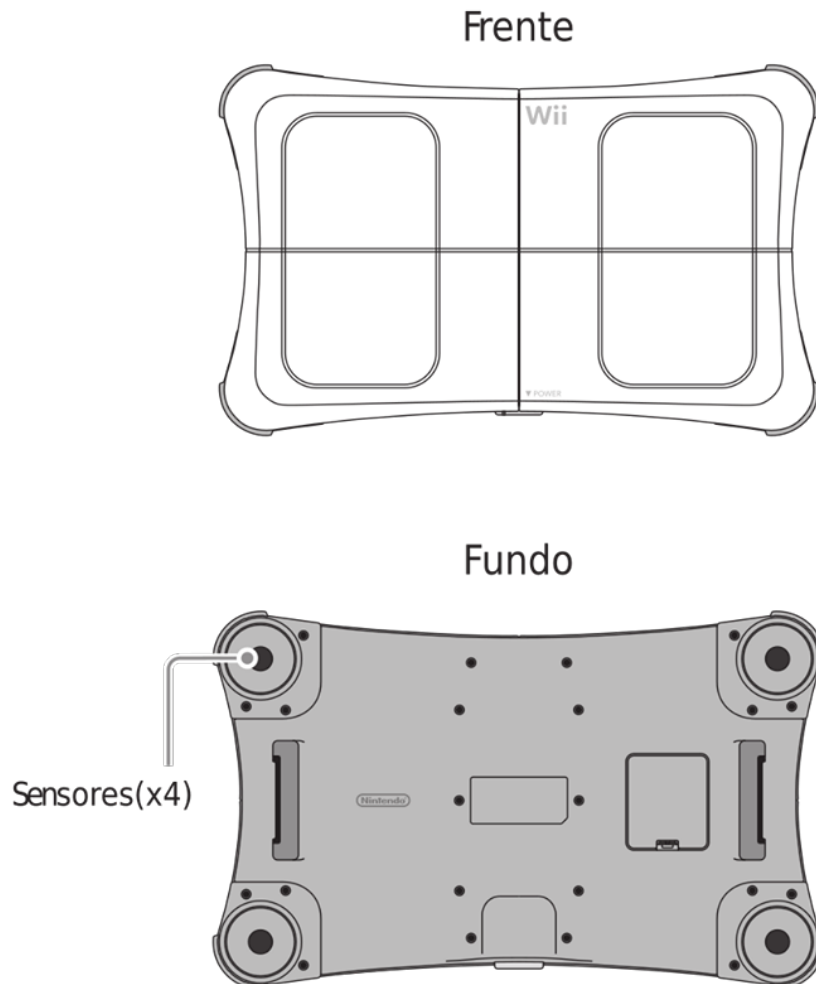
A Plataforma WBB, foi lançada em 2007 como um controle de jogo para o sistema Nintendo *Wii*, desenvolvida com o objetivo de promover uma maior imersão do usuário ao jogo. A WBB possui componentes similares a uma plataforma de força tradicional, dispõe de quatro sensores de carga medidores de tensão (**Figura ??**), capazes de obter dados sobre movimentos no COP e comunicar-se via bluetooth com um computador. Ela foi avaliada como uma alternativa as plataformas de força de nível laboratorial, devido ao seu baixo custo relativo e por ser de fácil manuseio (<4 kg) (??, ??).

A maioria dos estudos que averigua o uso do WBB atestaram sua confiabilidade e validade quando comparado com plataformas de força tradicionais, aplicadas na avaliação do equilíbrio de pé (??, ??), (??, ??), (??, ??), (??, ??). A WBB também já foi aplicada como ferramenta de medição, utilizando um grande número de pacientes clínicos (??, ??), (??, ??).

Clark et al. (??) efetuou um trabalho que visava analisar a validade e confiabilidade do WBB na avaliação do equilíbrio permanente. Para isso, foi feita a comparação dos dados do COP coletados em uma WBB com o de uma PF laboratorial durante uma variedade de testes de equilíbrio. Trinta indivíduos saudáveis, que não apresentava histórico de doenças neurológicas e patologias importantes nas costas ou membros inferiores que pudesse influenciar o equilíbrio participaram dos testes. Os participantes realizaram uma série de quatro tarefas de equilíbrio permanente em uma PF de nível laboratorial (Modelo AMTI OR6-5, Watertown, MA, E.U.A.), calibrado de acordo com as recomendações do

Figura 2 – Identificação dos sensores de força na WBB

Componentes



Fonte: Nintendo, Operations Manual, p.3

Nota: Adaptado e traduzido pelo o autor

fabricante. Para utilizar a WBB foi usado o software customizado (*Labview 8.5 National Instruments*, Austin, TX, E.U.A.), ela foi calibrada colocando uma variedade de cargas conhecidas em diferentes posições na WBB. Ao fim dos experimentos, os autores concluíram que a WBB fornece dados comparáveis a uma PF comercial na avaliação do COP, e que a WBB é um dispositivo satisfatório para avaliar o equilíbrio. Além disso, pode fornecer aos profissionais da saúde informações importantes e suplementares sobre o equilíbrio que não são perceptíveis usando apenas a avaliação visual. Sendo assim, a WBB poderia ser uma alternativa de baixo custo na avaliação clínica do equilíbrio, substituindo os tradicionais protocolos de avaliação subjetiva e visual. As principais limitações ficaram por conta da incapacidade de avaliação da força no eixo horizontal e pela necessidade de personalização de um *software* para fazer a interface da WBB com o computador.

? propôs uma nova abordagem na utilização da WBB para avaliação e treinamento

do equilíbrio permanente em idosos, para isso, foram projetados dois jogos. O primeiro demandava do participante o controle da posição médio-lateral do seu COP em uma tentativa de pegar maçãs caindo de uma árvore. O segundo jogo exigia tanto controle médio-lateral quanto anterior-posterior do COP para manipular a posição de um personagem na tentativa de se mover em uma direção para estourar bolhas. Para avaliar a efetividade da interface criada, foram recrutados seis voluntários (1 homem, 5 mulheres), que participaram de 10 sessões utilizando os jogos (20 min cada) durante um período de quatro semanas. Após o treinamento, quando perguntado se os participantes optariam por continuar jogando os jogos de equilíbrio durante um período mais longo (por exemplo, seis meses), todos responderam “definitivamente sim”. Além disso, todos os participantes relataram ter gostado da experiência de jogo e apresentam uma melhora média de 11% na escala *Tinetti's Falls Efficacy Scale* (??, ??) pós-treinamento em comparação ao pré-treinamento, refletindo uma maior confiança na capacidade de realizar tarefas funcionais.

Huurnink et al. (??) realizou um estudo comparativo entre as plataformas de forças de laboratório com a WBB, na medição do controle postural em tarefas de equilíbrio. Após a realização de testes com quatorze voluntários, Huurnink et al. (??) concluiu que apesar das limitações como a baixa taxa de amostragem e significativa taxa de ruídos, a WBB é suficientemente precisa para quantificar a trajetória do COP, amplitude e velocidade total durante as tarefas de equilíbrio, e que a WBB apresenta uma boa correspondência com os resultados obtidos através da PF. Além disso, a estimativa da localização instantânea do COP é bastante semelhante a localização obtida com a PF. Das tarefas avaliadas, houve uma boa correspondência nas medidas das trajetórias do COP, o que sugere que qualquer medida de equilíbrio baseada na trajetória do COP feita com a WBB, pode ser considerada suficientemente precisa. Huurnink et al. (??) afirma que várias áreas (por exemplo, esportes, medicina esportiva e medicina de reabilitação) podem se beneficiar da implementação em larga escala da WBB, devido a seu baixo custo.

Apesar de todos os aspectos positivos, os autores Pagnacco, Oggero e Wright (??) falam que a WBB é limitada. Das limitações elencadas podem se destacar, a baixa e inconsistente taxa de amostragem, o fato de ter uma quantidade significativa de ruído nos dados, a característica de que sua amostragem não é sincronizada entre os quatro sensores de força e possuir limitações mecânicas e eletrônicas. Segundo os autores a quantidade significativa de ruídos nos dados adquiridos com uma WBB pode ser atribuído aos cabos não blindados e sua eletrônica incapaz de reduzir o ruído. Pagnacco, Oggero e Wright (??) mediram simultaneamente o deslocamento do COP com a WBB e a PF e, ao contrário dos trabalhos citados anteriormente, os autores optaram por não utilizar uma calibração personalizada na WBB. Em vez disso, usaram o vetor de calibração padrão, armazenado internamente pelo fabricante. Eles argumentaram que um método de calibração personalizado é caro, consome muito tempo e não é acessível nem viável para a maioria dos usuários. Além disso, segundo Pagnacco, Oggero e Wright (??), a calibração

personalizada proposta por Clark et al. (??), tem efeito mínimo sobre o ruído inerente aos dados da WBB. Dadas as limitações, Pagnacco, Oggero e Wright (??) não recomendam a utilização da WBB para outros fins que não seja para o que foi criada, isto é, como um brinquedo.

? realizou um estudo com o objetivo de validar a WBB comparado com uma PF "padrão ouro", quantificando o erro de medição do COP utilizando a WBB. Um segundo objetivo foi determinar a variabilidade entre dispositivos WBB (para isso utilizaram 12 WBBs diferentes). Além das WBBs, foi usada uma plataforma de força (AMTI OR6-6, Watertown, MA, EUA) para medir simultaneamente com a WBB o deslocamento unidimensional do COP de sinais dinâmicos de entrada/saída controlados. No experimento de validação a WBB foi colocada sobreposta à plataforma de força e acima delas foi colocado um sistema mecânico de pêndulo invertido que era responsável por simular oscilações posturais unidimensionais. Dadas as oscilações, realizava-se a aquisição dos dados gerados por ambas plataformas. A principal limitação listada pelos autores foi a composição material da plataforma, por ser de plástico ela é suscetível à deformação elástica quando uma carga significativa é aplicada. Se a superfície se deforma durante a aquisição de dados, a capacidade da WBB de adquirir medições precisas de CoP pode ser prejudicada. Além disso, a WBB é incapaz de medir momentos e forças horizontais. Ao fim do estudo, os autores concluíram que a utilização de um protocolo de calibração, reduziu significativamente os erros e minimizou a variabilidade entre dispositivos, o que, por sua vez, fortaleceu a confiabilidade e indicou baixa variabilidade entre dispositivos WBBs. No entanto, os autores não recomendam o uso da WBB como ferramenta de diagnóstico clínico, acreditam que a WBB poderia substituir a PF somente em situações em que precisão e exatidão mais baixas são aceitáveis, como monitoramento de oscilação postural em idosos, em pequenas clínicas ou ambiente doméstico. Ademais, confirmam que o dispositivo e o *software* usados para adquirir dados com a WBB, podem afetar a qualidade das medidas do COP derivadas dos dados da WBB.

Tento em vista essas divergências entre autores, foi realizada uma revisão sistemática por ? com o propósito de avaliar a confiabilidade e a validade da WBB para avaliação do equilíbrio. Os resultados da revisão sistemática indicaram que a WBB pode fornecer dados que são válidos quando comparados com os dados das plataformas de força comercial, possuindo características de confiabilidade para realização da posturografia computadorizada. Dos trabalhos levantados, 21 examinaram a validade concorrente da WBB (ou seja, a comparação com outra plataforma de força) e, em geral, a WBB demonstrou ser excelente quando examinada a associação dos dados capturados em ambos dispositivos. Entretanto, a WBB possui limitações (por exemplo, inconsistência na taxa de amostragem e ruídos no sinal), mas essas limitações podem ser amenizadas, com uma boa implementação do protocolo de aquisição de dados, com métodos de filtragem de sinais e seleção de variáveis. Com isso, o erro inerente a este dispositivo é minimizado e sua confiabilidade e validade é

maior.

2.4 Softwares de aquisições de dados utilizando a WBB

Na seção ?? vimos que muitos são os estudos que visam avaliar e validar a utilização da WBB na realização de exames posturográficos, em testes e tratamentos do equilíbrio. Contudo, poucos são os estudos que analisam o desenvolvimento de *softwares* para fazer a interface da WBB com o computador. Além da aquisição e quantificação dos dados gerados, afim de obter resultados objetivos e confiáveis. Apesar da escassez de estudos nesse âmbito, alguns autores destacam a importância dos softwares de coleta de dados com a WBB, por exemplo, Huurnink et al.,(??) confirmam que o dispositivo e o software utilizados para fazer a interface e a captura dos dados com a WBB, podem afetar a qualidade das medidas do COP derivadas dos dados da WBB. Na revisão sistemática feita por Clark et al. (??), percebe-se que a maioria dos autores constrói rotinas em softwares de terceiros (principalmente o *LabVIEW*) para aquisição e leitura de dados. A principal limitação do uso dessa solução, é que geralmente estes softwares utilizados são softwares proprietários e suas licenças são dispendiosas. Além disso, geralmente é necessário realizar a personalização desses softwares, para adaptação dos mesmos visando o uso com a WBB (??, ??).

Segundo Park e Lee (??) há poucos *softwares* projetados para testar o equilíbrio utilizando a WBB e poucos são os estudos sobre a confiabilidade e validade dos mesmos. Sendo assim, foi desenvolvido e validado por eles o *software balancia* (*Balancia* v1.0, sistemas Minto, Seul, República da Coreia). O *software Balancia* foi desenvolvido utilizando C++ e *LabVIEW*. A confiabilidade e validade foram confirmadas comparando os resultados obtidos com o *balancia* utilizando a WBB com um PF de nível laboratorial. Vinte adultos saudáveis participaram dos testes. Dados como o COP e a velocidade do COP foram adquiridos dos sistemas de avaliação. A confiabilidade da validade concorrente foi analisada por um coeficiente de correlação intraclassa (ICC). Como resultado obtiveram validade concorrente (ICC: 0,87-0,73). Sendo assim, concluíram que o *software Balancia* pode ser considerado um dispositivo de avaliação confiável e em conjunto com a WBB podem ser utilizados em ambientes clínicos para a avaliação do equilíbrio. No entanto, o *software Balancia* não se encontra disponível de forma gratuita e também, após pesquisa, o *software* não foi encontrado para aquisição.

Llorens et al. (??), projetaram uma ferramenta baseada na web (*Posturography Test, Neurorehabilitation BrainResearch Group*) que permite aos médicos realizar avaliações posturográficas utilizando a WBB. A ferramenta está disponível gratuitamente para o público. É necessário instalar um programa localmente para executar os exercícios, recuperar os dados da WBB e carregar os resultados na página Web do sistema. Depois

Figura 3 – Exemplo de parte dos resultados apresentado pelo *Posturography Test* aos usuários

		Repetitions	Maximum excursion in the anterior-posterior axis (cm)	Maximum excursion in the medial-lateral axis (cm)	Mean speed (cm/s)
○	Romberg's test with eyes opened	3	1.49 (Percentile 69) Not altered	0.84 (Percentile 63) Not altered	0.47 (Percentile 8) Altered
■	Romberg's test with eyes closed	3	2.21 (Percentile 60) Not altered	0.89 (Percentile 65) Not altered	0.59 (Percentile 22) Not altered
▲	Romberg's test with eyes opened on foam	3	1.79 (Percentile 80) Not altered	1.37 (Percentile 36) Not altered	0.41 (Percentile 54) Not altered
✕	Romberg's test with eyes closed on foam	3	2.80 (Percentile 64) Not altered	2.18 (Percentile 18) Not altered	0.74 (Percentile 28) Not altered

Nota: Imagem Adaptada de um teste preliminar realizado pelos autores desse trabalho

disso os resultados são comparados com o desempenho de uma amostra correspondente que está salvo em uma base de dados. Por fim, os resultados são apresentados ao usuário (**Figura ??**). Segundo os autores a plataforma WEB foi programada em ASP.NET usando o Visual Studio (Microsoft®, WA). O SQL Server (Microsoft®, WA) foi usado para desenvolver o banco de dados. O ambiente virtual que retrata os exercícios foi projetado usando o 3D GameStudio (*Conitec Datensysteme GmbH*, Alemanha). E a WBB é conectada ao computador via tecnologia *Bluetooth*.

Três protocolos de exercícios estão presentes no sistema de posturografia baseado na WBB: o Teste Clínico de Interação Sensorial modificado (mCTSIB), o teste de Limites de Estabilidade (LOS) e o Teste de Deslocamento de Peso Rítmico. O mCTSIB é uma versão simplificada do Teste de Organização Sensorial (??, ??) que pode ser implementado com placas de força fixas como no WBB. O mCTSIB requer que os participantes permaneçam imóveis por 30 segundos em quatro condições sensoriais diferentes: olhos abertos em uma superfície plana, olhos fechados em uma superfície plana, olhos abertos sobre uma espuma e olhos fechado sobre uma espuma. No Posturography Test, três repetições de cada condição são feitas para estimar a velocidade média e a média da excursão máxima nos eixos médio-lateral (ML) e ântero-posterior (AP).

O teste LOS estima a distância máxima que o paciente pode deslocar seu COP em oito direções (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° e 315°). O teste RWS requer que os sujeitos desloquem ritmicamente seu COP nos planos ML e AP em três velocidades diferentes, enquanto atingem 80% de seu limite de estabilidade em cada direção. O LOS deve ser realizado antes deste exercício para identificar esses limites (??, ??).

A fim de confirmar a ferramenta como substituta confiável para os sistemas de posturografia comerciais, Llorens et al. (??, ??) realizou um estudo para determinar a validade concorrente do sistema baseado no uso da WBB com outros testes clínicos de posturografia. A credibilidade da ferramenta foi quantificada através da confiabilidade inter e intra-avaliador, o erro padrão de medição e sua alteração mínima detectável. Um total de 144 indivíduos saudáveis (62 homens e 82 mulheres) com idade de 43,3 ± 18,6 anos participaram do teste. Os indivíduos foram classificados em sete grupos de acordo com suas idades por década de 10 a 80 anos e o desempenho médio de cada grupo em todos os testes foi calculado. Além disso, os indivíduos foram avaliados com o sistema de posturografia NedSVE/IBV e com vários testes de equilíbrio para determinar a validade concorrente da ferramenta com a avaliação experimental. Pacientes com acidente vascular cerebral também foram avaliados com o sistema baseado em WBB e seu desempenho foi comparado com o do grupo correspondente à idade, afim de avaliar o uso do sistema como ferramenta clínica. Ao fim do estudo o sistema mostrou uma validade concorrente moderada a alta com o outro sistema de posturografia. Quando comparado com os testes clínicos, a confiabilidade do sistema foi excelente em quase todas as medidas. Além disso, o sistema caracterizou com sucesso indivíduos com AVC quando comparados com a população saudável, atestando a viabilidade do seu uso como uma ferramenta clínica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O ETHEL foi originalmente desenvolvido utilizando Python 3 e as bibliotecas *bluetooth*, *cwiid*, *datetime*, *math*, *numpy*, *os*, *pyGTK*, *sys*, *xlrd*, *xlwt* e *xlutils* (??, ??). As versões das bibliotecas utilizadas atualmente no ETHEL são elencadas na **Tabela ??**.

As novas métricas (cálculo da excursão máxima AP e ML e módulo LOS) foram desenvolvidas e incluídas na nova versão do ETHEL. Para implementar o LOS foi utilizada a biblioteca *pygame*, que é uma biblioteca usada na criação de aplicações multimídia como jogos. A *pygame* foi escolhida por atender as necessidades para o desenvolvimento do LOS e por ser uma biblioteca bastante documentada. Além disso, ela é altamente portátil e roda em praticamente todas plataformas e sistemas operacionais.

Na próxima seção são apresentados maiores detalhes sobre estas implementações.

3.1 Desenvolvimento de novas métricas no ETHEL

O ETHEL é um sistema de avaliação do equilíbrio corporal que utiliza a WBB como plataforma de força para estimar as métricas necessárias na avaliação do equilíbrio. Ele permite capturar os sinais gerados pela WBB (utilizando a tecnologia *bluetooth*), calcula e apresenta os parâmetros quantitativos utilizados na posturografia.

Os parâmetros são calculados no ETHEL com base no COP, são os valores de deslocamento ântero-posterior (AP) e deslocamento médio-lateral (ML). A partir desses valores são calculados outras métricas como : *totex* (somatório das distâncias entre os valores do COP), *totexParcial* (somatório das distâncias entre os valores no eixo x (ML)

Tabela 1 – Módulos presentes no atualmente ETHEL, executados com a versão 3.6.8 do Python

Biblioteca	Versão
bluetooth	0.22
cwiid	3.0.0
datetime	4.3
math	3.5
matplotlib	3.0.3
numpy	1.16.3
os	3.2
pyGTK	3.0
pygame	1.9.5
sqlite3	2.0

e no eixo y (AP)), distância média (do COP), distância resultante (do COP), distância média quadrática (do COP) e a velocidade média (*totex*/tempo) (??, ??).

Para viabilizar a proposta de validação, se fez necessário a implementação de algumas métricas no ETHEL que estão presentes no *Posturography Test*. As novas métricas que foram implementadas são: a excursão máxima nos eixos médio-lateral (ML) e ântero-posterior (AP). A velocidade média que também é uma métrica estimada no *Posturography Test* e, já estava implementada no ETHEL. Para estimar a média das métricas implementadas é necessário realizar três repetições das quatro condições sensoriais (olhos abertos em uma superfície plana, olhos fechados em uma superfície plana, olhos abertos sobre espuma e olhos fechado sobre espuma) descritas no mCTSIB que é uma versão simplificada do Teste de Organização Sensorial (??, ??).

A excursão máxima é o intervalo de maior distância entre dois pontos do deslocamento do COP, na direção AP e ML. Este intervalo pode ser calculado como o valor absoluto da diferença entre o maior valor e o menor valor nas respectivas séries temporais. Quando o intervalo é calculado no eixo x estima-se a Excursão Máxima ML e quando calculado no eixo y estima-se a Excursão Máxima AP (??, ??).

O módulo do LOS também foi implementado no ETHEL. O LOS é um teste dinâmico de equilíbrio, ele mensura a variação do COP do indivíduo submetido a estímulos em diferentes direções, dentro da sua base de apoio sem alterá-la, e avalia sua capacidade de manter brevemente sua estabilidade nessas posições. Para realização do LOS computadorizado, são geradas oito posições de destino, a tarefa do paciente é se mover na direção da posição (selecionada aleatoriamente das oito posições geradas) indicada no momento, dentro da sua base suporte e sem mover seus pés. No LOS três medidas são apresentadas como resultado: tempo de reação, excursão máxima e controle direcional. O tempo de reação que é definido como o tempo entre a indicação visual do alvo e o início do deslocamento do centro de massa do participante na direção do alvo. A excursão máxima é a distância máxima que o participante pode deslocar seu COP na direção indicada, sem alterar sua base de apoio. O controle direcional é avaliado como a porcentagem de movimento na direção do alvo em relação ao movimento total pretendido (no alvo) (??, ??), (??, ??).

3.2 Testes

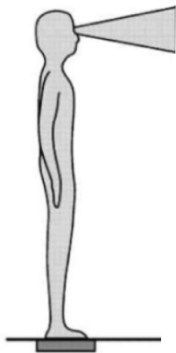


Para avaliar a viabilidade da metodologia proposta e testar as novas métricas implementadas no ETHEL foram realizados testes com voluntários entre os dias 2 e 7 de agosto de 2019, pela equipe do projeto "Validação do Sistema ETHEL para avaliação do equilíbrio corporal" (**Anexo ??**). Os resultados foram cedidos ao presente trabalho. Nove adultos saudáveis, com idades entre 20 e 50 anos, participaram dos testes com o ETHEL

(sexo = 7 homens e 2 mulheres). Nenhum dos participantes relatou alguma doença ou uso de medicação que pudesse influenciar no controle do equilíbrio. Ademais, foram avaliados por uma fisioterapeuta. O estudo foi aprovado pelo CEP da UESC e todos assinaram um termo de consentimento, onde foram informados dos objetivos da pesquisa.

Na realização dos teste com o ETHEL a WBB foi utilizada como plataforma de força. Um notebook com o processador Intel® Core™ i5-4210U CPU @ 1.70GHz, 8 GB de RAM e placa de vídeo *NVIDIA Corporation Geforce 610M* e conexão *bluetooth 4.1* foi utilizado na aquisição dos dados. No entanto, os requisitos mínimos para utilização do software ETHEL é um computador que tenha tecnologia *bluetooth* e que tenha como sistema operacional uma distribuição *Unix*.

A coleta dos dados foi supervisionada por uma fisioterapeuta experiente, a qual instruiu os participantes sobre a realização dos testes. Durante os testes, os participantes permaneceram imóveis por 30 segundos sobre a WBB em quatro condições sensoriais diferentes: olhos abertos em uma superfície plana (OASP), olhos fechados em uma superfície plana (OFSP), olhos abertos sobre a espuma (OASE) e olhos fechados sobre a espuma (OFSE) (**Figura ??**). Três repetições de cada condição foram realizadas para estimar a velocidade média e a média da excursão máxima nos eixos médio-lateral (ML) e ântero-posterior (PA). Uma pausa de 10 segundos foi concedida aos participantes entre cada repetição. É importante ressaltar que, para cada paciente, foi utilizada a mesma WBB como plataforma de força.

Figura 4 – Condições Sensoriais

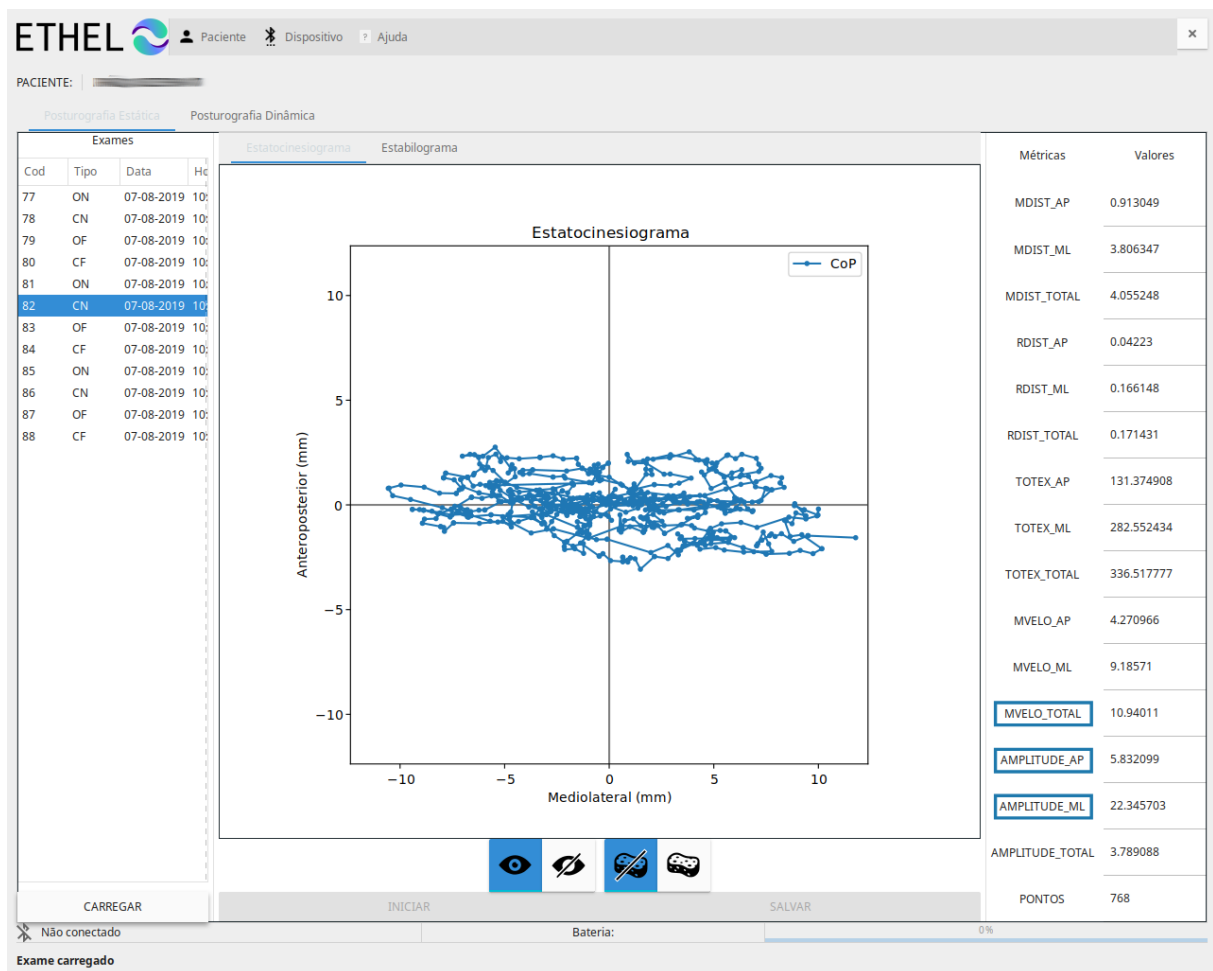
Olhos abertos	Olhos fechados	Olhos abertos	Olhos fechados
1	2	3	4
			
Sem Espuma	Sem Espuma	Com Espuma	Com Espuma

Ao fim dos testes, foi calculado o desvio padrão que é uma medida que expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados. E o erro relativo, que mostra o desvio da primeira repetição em relação a média das três repetições.

4 RESULTADOS

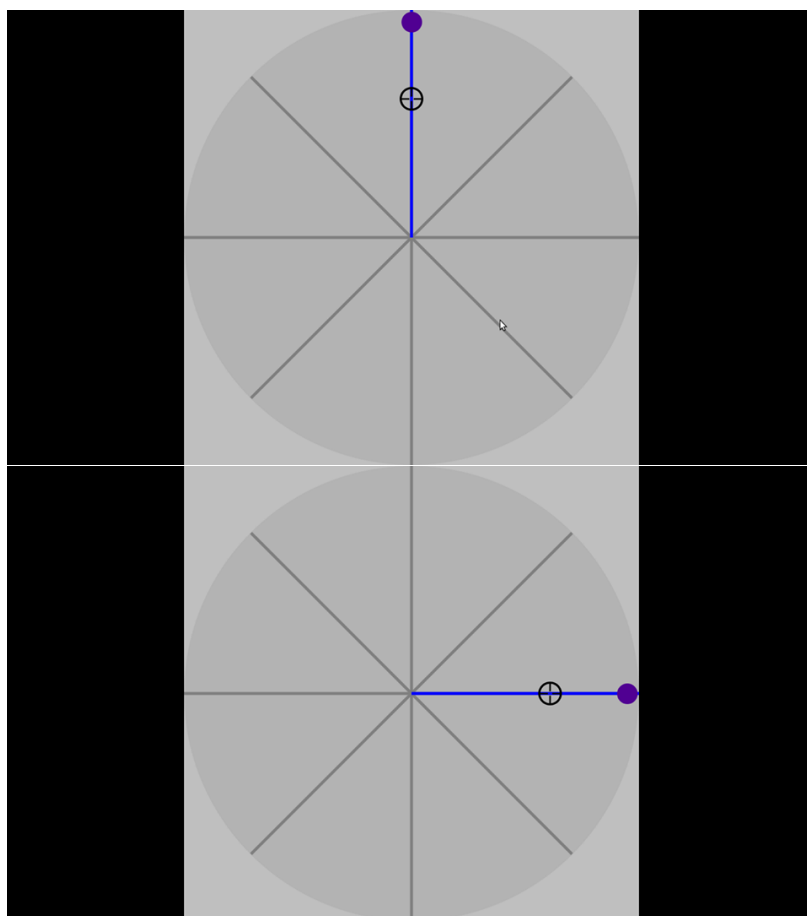
Na **Figura ??** pode se observar a saída de um dos testes realizados com o ETHEL. Como pode-se constatar foram incluídas as métricas excursão máxima AP (*AMPLITUDE_AP*) e excursão máxima ML (*AMPLITUDE_ML*). As métricas são apresentadas no ETHEL em milímetros (mm). Mas para facilitar uma futura comparação dos resultados com o *Posturography Test* Os resultados são apresentadas em centímetros e, podem ser conferidos no **Apêndice ??**.

Figura 5 – Exemplo da saída dos Testes com ETHEL



Os testes com o LOS não foram apresentados nesta etapa. A interface gráfica foi implementada e já está funcional. Entretanto, ainda que a descrição deste tipo de teste possa ser encontrada na literatura (??, ??), as especificações do cálculo das métricas não fica clara no caso do *Posturography Test*. Assim o processo de implementação deste módulo ainda encontra-se em andamento. Na **Figura ??** se observa a interface gráfica desenvolvida para o LOS. Os usuários conseguem interagir e movimentar o cursor na tela, deslocando o corpo na direção do alvo proposto.

Figura 6 – Interface Gráfica do Módulo dos LOS



De forma geral os testes realizados com cada voluntário, utilizando o ETHEL, demoraram entre 10 e 15 minutos. Neste tempo não foi incluído a realização da avaliação inicial descrita no **Anexo ??** e, realizada por uma Fisioterapeuta. Esta métrica é importante de ser salientada porque, em testes anteriormente feitos com o *Posturography Test*, a equipe relatou demora para finalização do conjunto de testes.

Além da média e do desvio padrão foi incluído nos resultados (**Apêndice ??**) o desvio da primeira repetição de cada condição em relação à média das três repetições, na forma de erro relativo. Esta métrica pode ajudar a definir se é necessário ou não a realização de três repetições feitas para cada condição e otimizar o processo de coleta de dados.

Em posse dos resultados dos testes. A distribuição de frequência do erro relativo é apresentada para cada uma das métricas estimas. Na distribuição de frequência do erro relativo da velocidade média (**Figura ??**), observa-se maior frequência entre o terceiro (4,10 - 6,14%) e quarto (6,14 - 8,20%) intervalo. Na Excursão Máxima AP (**Figura ??**) o primeiro (0 - 4,64%) e o quarto (13,91 - 18,55%) intervalo apresentam maior frequência. Na Excursão Máxima ML (**Figura ??**) o terceiro (9,74 - 14,61%) intervalo apresentou a

Tabela 2 – Desvio Padrão e Erro Relativo. Mínimo, Médio e Máximo.

	Velocidade Média	Excursão Máxima AP	Excursão Máxima ML
Desvio Padrão Mínimo	0,02	0,04	0,19
Desvio Padrão Médio	0,16	0,35	0,56
Desvio Padrão Máximo	0,54	1,41	1,80
Erro Mínimo	0,64%	0,83%	0,95%
Erro Médio	7,81%	14,28%	15,22%
Erro Máximo	21,15%	47,21%	49,68%

maior frequência.

Figura 7 – Distribuição de Frequência do Erro Relativo. Velocidade Média.

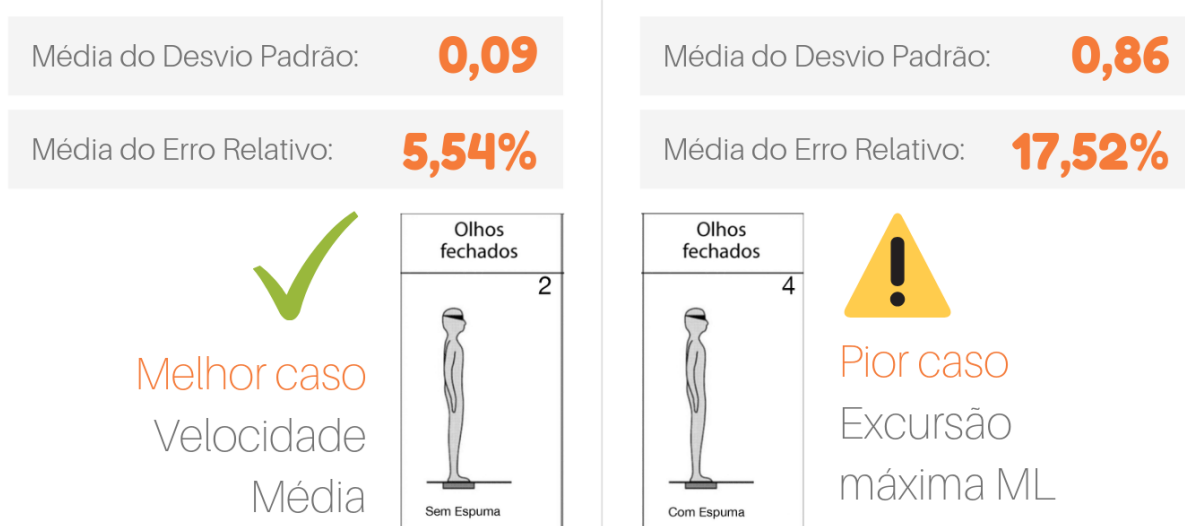
Figura 8 – Distribuição de Frequência do Erro Relativo. Excursão Máxima AP.

Figura 9 – Distribuição de Frequência do Erro Relativo. Excursão Máxima ML.

A métrica que apresentou o menor desvio padrão e menor erro relativo entre a primeira repetição e a média das repetições, foi a velocidade média. E a que apresentou maior desvio padrão e maior erro relativo, foi a excursão máxima ML (**Tabela ??**). Além disso, quando estimado o melhor e o pior caso, levando em conta métrica e condição sensorial. Temos que o melhor caso, ou seja, o caso que apresentou menor desvio padrão e menor erro relativo. Foi quando calculada a métrica velocidade média na condição sensorial olhos fechados sem espuma. Em contrapartida, o pior caso foi quando estava estimando a métrica excursão máxima na condição sensorial olhos fechados sobre a espuma (**Figura ??**).

Os resultados apresentados mostram as inclusões das métricas e da interface gráfica do módulo LOS. Além disso, examina os resultados dos testes realizados. Com objetivo de possibilitar conclusões a respeito da necessidade da realização de três repetições em cada condição sensorial na execução dos teste.

Figura 10 – Melhor e Pior caso dos testes. Levando em conta métrica estimada e condição sensorial.



5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de realizar um estudo de validação do ETHEL, *software* desenvolvido por uma equipe de pesquisadores e programadores da UESC. É apresentada neste trabalho uma metodologia de validação baseada em um estudo comparativo. Com esta finalidade se analisou a utilização do *software Posturography Test*, por ser uma solução que também utiliza a WBB na implementação de exames posturográficos, e por já ter sido validado (??, ??). Além disso, está disponível de forma gratuita para uso. A metodologia de validação, consiste na realização de testes com um mesmo grupo de pessoas. Na efetivação dos testes, deve ser utilizada a mesma WBB como plataforma de força e os pacientes devem executar a mesma sequência de testes em ambos os *softwares* e, em condições semelhantes. Com isso, se ao fim dos testes, os dados coletados com os *softwares* apresentarem uma correlação aceitável, pode-se inferir que o ETHEL apresenta dados válidos.

Para viabilizar o estudo comparativo, o presente estudo analisou as métricas estimadas no *Posturography Test*. Após análise, foi constatado que a Excursão Máxima AP e a Excursão máxima ML, que são utilizadas no *Posturography Test*, não estavam implementadas no ETHEL. Sendo assim passaram ser calculadas e foram incluídas no conjunto de métricas do mesmo.

A interface gráfica do modulo LOS foi desenvolvida e está funcional. Além disso, já é possível realizar a captura do deslocamento do COP do participante, que desloca o seu centro de massa sobre a WBB na direção do alvo indicado. Entretanto, as métricas calculadas a partir do LOS. (tempo de reação, excursão máxima e controle direcional) ainda não são estimadas pelo ETHEL. Esta limitação se deve à falta de descrição clara para realização do cálculo das mesmas, principalmente no *Posturography Test*, ferramenta utilizada na proposta de validação do ETHEL.

Na realização dos testes com humanos, apresentados neste trabalho, O ETHEL apresentou excelente funcionamento. O que sugere que após o termino da implementação do módulo LOS, ele já estará pronto para execução da proposta de validação descrita. Ademais, o grupo de pesquisadores que cederam os dados dos testes apresentados, relataram que o ETHEL mostrou uma redução significativa no tempo de execução do exames, quando comparado com os testes preliminares feitos com o *Posturography Test*. O que pode se tornar um fator decisivo na escolha de utilização entre os dois *softwares*. Além disso, o mesmo grupo de voluntários deveria ser submetido a avaliação semelhante utilizando o *Posturography Test*, possibilitando assim, ter uma prévia da eficácia da metodologia de de validação proposta. Entretanto, por indisponibilidade no sistema WEB esta etapa da avaliação não foi possível realizar o estudo comparando as duas aplicações.

Visando aprimorar o protocolo de execução de aquisição dos dados e a redução do tempo na realização dos exames, ao fim dos testes, foi calculado o desvio da primeira repetição de cada condição em relação a média das repetições da condição em questão, na forma de erro relativo. Conforme os resultados apresentados no **Capítulo ??**, a métrica velocidade média apresentou um desvio da primeira repetição em relação a média das repetições, menor que 10%. Além do mais, apresentou um desvio padrão médio próximo a zero. Isso pode indicar a não necessidade de realização de três repetições, quando se desejar estimar a velocidade média do COP. Principalmente na condição sensorial olhos fechados sem espuma, que foi a condição sensorial em que se apresentou melhores resultados. Entretanto, não é possível inferir que não se faz necessária a realização de três repetições para cada condição na realização dos testes. Pois, o estudo em questão realizou os testes com uma amostra pequena de pacientes.

Como possíveis trabalhos futuros pode-se destacar o desenvolvimento e a integração ao ETHEL dos cálculos das métricas no módulo LOS. Deve-se realizar, também, testes com uma amostra maior de pacientes, visando aprimorar o protocolo de execução de aquisição dos dados e verificar a necessidade de realização de repetições para cada condição no cumprimento dos testes. Finalmente deve ser realizado o estudo comparativo aqui proposto, como o objetivo de validar os resultados obtidos com o ETHEL.

Apêndices

APÊNDICE A – RESULTADOS DOS TESTES

Na tabela a seguir, são apresentados os resultados das métricas estimadas, velocidade média, excursão máxima AP e excursão máxima ML, de cada participante. Nos testes foram realizadas três repetições para cada condição sensorial (olhos abertos em uma superfície plana (OASP), olhos fechados em uma superfície plana (OFSP), olhos abertos sobre a espuma (OASE) e olhos fechados sobre a espuma (OFSE)). A média das repetições de cada condição sensorial pode ser vista na terceira coluna da tabela. Na quarta coluna é apresentado o desvio padrão das três repetições. Na quinta coluna é apresentado o erro relativo entre a primeira repetição e a média das três repetições.

Tabela 3 – Resultados dos testes

(continua)

Paciente	Teste	Condição	Média	Desvio Padrão	Erro (%)
1	Velocidade Média (cm/seg)	OASP ¹	1,18	0,10	9,42
		OFSP ²	1,30	0,03	0,97
		OASE ³	1,76	0,09	5,20
		OFSE ⁴	2,60	0,23	9,75
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	0,69	0,28	42,28
		OFSP	0,94	0,12	2,87
		OASE	1,66	0,48	8,95
		OFSE	2,66	0,44	10,89
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	1,70	0,21	12,16
		OFSP	1,57	0,71	49,68
		OASE	3,31	0,40	13,05
		OFSE	4,21	0,60	14,01

Tabela ?? - Resultados dos testes

(continua)

Paciente	Teste	Condição	Média	Desvio Padrão	Erro (%)
2	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	1,41	0,24	18,67
		OFSP	1,59	0,15	7,29
		OASE	1,97	0,23	11,66
		OFSE	3,82	0,59	3,47
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	1,22	0,32	20,58
		OFSP	1,54	0,25	16,15
		OASE	1,91	0,44	17,61
		OFSE	2,99	0,40	14,64
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	2,79	0,19	7,50
		OFSP	2,82	0,78	30,53
		OASE	2,77	0,43	1,77
		OFSE	5,32	1,33	28,79
3	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	1,28	0,05	3,27
		OFSP	1,35	0,08	4,75
		OASE	1,62	0,39	13,39
		OFSE	1,87	0,13	7,61
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	1,24	0,17	11,46
		OFSP	1,18	0,16	2,07
		OASE	1,66	0,25	13,13
		OFSE	1,42	0,04	2,36
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	2,19	0,26	12,96
		OFSP	2,92	0,43	11,64
		OASE	3,19	0,78	2,97
		OFSE	4,26	0,89	21,45
4	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	1,10	0,02	2,05
		OFSP	1,20	0,03	1,67
		OASE	1,42	0,16	12,53
		OFSE	2,18	0,37	18,18
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	0,79	0,12	9,99
		OFSP	0,74	0,09	13,59
		OASE	1,63	0,40	22,72
		OFSE	2,10	0,93	3,47
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	2,20	0,35	12,48
		OFSP	2,27	0,43	10,81
		OASE	3,14	0,24	3,37
		OFSE	4,82	1,80	28,24

Tabela ?? - Resultados dos testes

(continua)

Paciente	Teste	Condição	Média	Desvio Padrão	Erro (%)
5	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	1,07	0,09	6,53
		OFSP	1,33	0,23	15,26
		OASE	1,63	0,10	4,62
		OFSE	2,48	0,25	10,86
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	1,55	0,27	0,83
		OFSP	1,58	0,33	15,93
		OASE	2,21	0,40	3,54
		OFSE	2,15	0,61	2,65
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	2,41	0,19	6,84
		OFSP	3,11	0,30	9,67
		OASE	3,04	0,62	14,67
		OFSE	3,85	0,66	13,70
6	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	1,66	0,08	5,61
		OFSP	1,88	0,11	6,41
		OASE	1,81	0,13	0,95
		OFSE	2,68	0,33	0,64
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	1,38	0,11	8,85
		OFSP	1,57	0,18	12,92
		OASE	1,62	0,27	7,59
		OFSE	1,70	0,27	14,75
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	3,25	0,60	14,01
		OFSP	3,14	0,66	13,07
		OASE	2,42	0,25	11,13
		OFSE	4,63	0,54	6,14
7	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	0,87	0,09	7,97
		OFSP	1,04	0,06	6,33
		OASE	1,09	0,10	4,24
		OFSE	1,82	0,14	5,31
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	0,84	0,33	17,40
		OFSP	0,52	0,13	16,36
		OASE	1,00	0,25	14,55
		OFSE	1,48	0,13	4,64
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	1,85	0,19	8,18
		OFSP	2,07	0,23	12,82
		OASE	1,90	0,30	0,95
		OFSE	3,26	0,29	6,82

Tabela ?? - Resultados dos testes

(conclusão)

Paciente	Teste	Condição	Média	Desvio Padrão	Erro (%)
8	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	1,21	0,12	6,42
		OFSP	1,35	0,09	2,63
		OASE	1,56	0,07	4,86
		OFSE	2,53	0,34	15,60
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	1,60	0,45	1,27
		OFSP	1,38	0,43	19,27
		OASE	2,24	0,75	8,39
		OFSE	3,08	1,41	47,21
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	2,28	0,64	31,49
		OFSP	2,64	0,73	20,94
		OASE	2,43	0,47	7,39
		OFSE	3,96	0,86	24,55
9	Velocidade Média (cm/seg)	OASP	0,96	0,08	7,51
		OFSP	1,19	0,05	4,58
		OASE	1,36	0,26	21,15
		OFSE	1,97	0,24	14,08
	Excursão Máxima AP (cm)	OASP	0,87	0,23	30,47
		OFSP	1,00	0,40	30,35
		OASE	1,23	0,24	22,67
		OFSE	1,88	0,36	21,70
	Excursão Máxima ML (cm)	OASP	1,46	0,37	21,54
		OFSP	2,12	0,77	6,66
		OASE	2,07	0,76	41,99
		OFSE	4,56	0,80	13,96

¹ Olhos abertos em uma superfície plana (OASP)
² Olhos fechados em uma superfície plana (OFSP)
³ Olhos abertos sobre a espuma (OASE)
⁴ Olhos fechados sobre a espuma (OFSE)