

***Whiteboard* interativo de baixo custo: uma alternativa viável para as escolas brasileiras**

**Yandre M. G. da Costa¹, Paulo C. Gonçalves¹, Flávio R. Uber^{1,2}, Cezar A. Lamann¹,
Dante A. Medeiros Filho¹**

¹Departamento de Informática (DIN) – Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Av. Colombo, 5790 – 87020-900 – Maringá – PR – Brasil.
+55 44 3261-4324

²Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari (FAFIMAN).
Rua Renê Táccola, 152 – 86975-000 – Mandaguari – PR – Brasil.
+55 44 3233-1356

{yandre, paulo}@din.uem.br, flavio@fafiman.br, cezarlamann@hotmail.com,
dante@din.uem.br

Abstract. *This paper describes an alternative that allows the development of interactive whiteboards at low cost, in order to make possible the use of this technology by Brazilian schools. The implementation of this solution uses, besides a computer provided with multimedia projector and BluetoothTM technology, a WiimoteTM sensor and an IR pointer constructed with very low cost materials. Some freeware software tools can integrate this solution, improving its potential use. Some works present in literature already show the potential that this solution has to contribute with quality and productivity of teaching inside classrooms.*

Resumo. *Este artigo descreve uma alternativa que permite a implantação de whiteboard interativo com baixo custo, tornando-o acessível às escolas presentes na realidade brasileira. A implementação da solução aqui descrita utiliza, além de um computador com projetor multimídia e dotado de tecnologia para comunicação BluetoothTM, um sensor WiimoteTM e uma caneta apontadora emissora de sinal infravermelho, construída com componentes eletrônicos de baixíssimo custo. Adicionalmente, há software livre que pode ser integrado a esta solução, aumentando seu potencial de uso. Alguns trabalhos presentes na literatura já demonstraram que esta solução pode contribuir com a melhoria da qualidade e produtividade das atividades de ensino nas escolas.*

1. Introdução

Com o avanço tecnológico, cada vez mais surgem novos recursos com potencial de uso em atividades ligadas ao ensino. Um destes novos recursos é o *whiteboard* interativo, que é caracterizado por uma área de projeção sensível ao toque através da qual é possível controlar um computador, em cuja saída o projetor está ligado [Smith et al. 2005]. Muito tem se falado sobre as contribuições que esta ferramenta pode trazer para atividades didáticas, entretanto, ainda são poucos os estudos criteriosos acerca do impacto deste recurso no aprendizado. De qualquer forma, existem evidências empíricas suficientes para acreditar que este recurso possa trazer uma contribuição positiva para a melhoria da eficácia e eficiência de atividades de ensino [Higgins et al. 2007].

Um indicativo desta tendência é a afirmação de Charles Clarke, secretário da educação do governo do Reino Unido em 2002: “toda escola do futuro terá um *whiteboard* interativo em cada sala de aula” [Smith et al. 2005]. Charles Clarke refere-se a uma realidade ainda distante daquela encontrada no Brasil, em virtude, sobretudo, dos altos custos envolvidos nessa tecnologia. Assim, julga-se oportuno realizar esforços no sentido de buscar a diminuição de custos para que o emprego deste recurso torne-se viável no contexto brasileiro. Adicionalmente, estes esforços coadunam com um dos desafios propostos em [Lucena et al. 2006], intitulado “Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento”.

Em [Rocha e Baranauskas 2003], as autoras fazem uma reflexão acerca do tempo necessário para que uma nova tecnologia ou invento passe a fazer parte do dia-a-dia das pessoas e da sociedade. Além de considerar o fato de que normalmente uma tecnologia pode levar anos ou até décadas para se consolidar, as autoras também apresentam estudos que demonstram que a maioria dos usuários é pragmática e conservadora, o que significa dizer que eles se utilizam de novas tecnologias apenas quando estas já estão consolidadas e, principalmente, quando já tiveram o seu custo barateado.

Essa constatação reforça a necessidade de reduzir custos para que novos recursos tecnológicos passem a fazer parte do dia-a-dia das pessoas e, portanto, passem a trazer melhorias para a qualidade de vida, do trabalho, ou no caso, do ensino.

Este artigo descreve uma proposta para construção de um *whiteboard* interativo de baixo custo, que possa ser construído a partir de equipamentos muitas vezes já disponíveis nas salas de aula das instituições de ensino adicionando-se alguns poucos recursos de custo relativamente baixo. A configuração de *whiteboard* interativo aqui descrita inclui, além de um computador com comunicação *Bluetooth*TM e um projetor multimídia comuns, um LED emissor de luz infravermelha instalado dentro de uma caneta apontadora e um dispositivo de controle chamado *Wii mote*TM [Nintendo 2008], que serve como uma interface sem fio para o console de videogame *Wii* da *Nintendo*TM. O *Wii mote* é capaz de detectar movimento e rotação em três dimensões através de um acelerômetro e de uma câmera de vídeo sensível à luz infravermelha. A Figura 1 ilustra um esquema conceitual do *whiteboard* interativo aqui apresentado. O trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: na seção 2 serão descritas as tecnologias atuais e detalhes acerca de *whiteboard* interativo; na seção 3 será apresentada a proposta da solução de baixo custo, considerando os aspectos de hardware e software envolvidos; na seção 4 será descrito um breve estudo comparativo entre o custo e o benefício da proposta aqui apresentada em relação as soluções disponíveis no mercado; por fim, na seção 5 serão mostradas alternativas para estabelecer um bom posicionamento dos componentes a fim de obter uma solução estável.

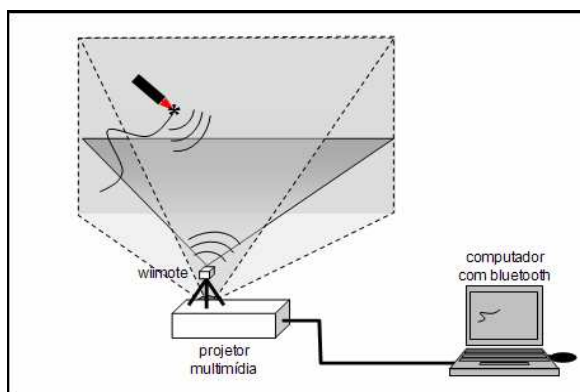


Figura 1. Esquema conceitual do *whiteboard* interativo de baixo custo

2. *Whiteboard* Interativo

Existem dois principais tipos de *whiteboard* interativo [Brown 2002]. O primeiro caracteriza-se por um quadro branco virtual muitas vezes compartilhado entre vários usuários através de teleconferências, já que muitos software para este fim dispõem deste recurso. Este tipo de *whiteboard* também é conhecido como *whiteboard* eletrônico. O segundo tipo é caracterizado por um grande painel sensível ao toque, geralmente delineado por um projetor, pelo qual é possível interagir com o computador escrevendo-se ou desenhando-se na área correspondente a ele sem a necessidade de uso do mouse ou do teclado. A proposta descrita neste artigo discorre acerca deste segundo tipo, e ao longo do texto, o termo “*whiteboard* interativo” se refere a este recurso.

O uso de software específico permite ao usuário, além de desenhar e/ou escrever na superfície correspondente ao quadro branco (área de projeção), interagir com o computador explorando seus aplicativos. Hoje existem ferramentas de software gratuitas disponíveis que podem ser utilizadas para fazer a interface entre o *whiteboard* interativo e as aplicações do computador. A partir destas ferramentas, outras (também gratuitas) permitem, por exemplo, que toda a dinâmica de uma aula, com as devidas anotações feitas pelo professor, e eventualmente até com o áudio (se houver um microfone disponível), seja gravada em um arquivo e distribuída posteriormente aos alunos. Dentro da solução descrita neste artigo, serão apontadas algumas ferramentas de software gratuitas que permitem que o usuário e/ou outras aplicações acessem os recursos do *whiteboard* interativo. Com este conjunto de recursos de baixo custo, muitas instituições de ensino do país podem se beneficiar desta tecnologia.

2.1 Solução de Baixo Custo

A solução de baixo custo aqui apresentada, se utiliza, além de software gratuito, do *Nintendo Wiimote* (chamado simplesmente de *Wiimote* daqui em diante). O *Wiimote* tem se tornado um dispositivo de interface de entrada para computadores bastante comum. O seu volume de vendas vem crescendo significativamente [Lee 2008a] e [Lee 2008b] e ele tem se caracterizado com uma alternativa para a criação de interfaces que se comportam como se fossem sensíveis ao toque, que em muitos cenários pode dispensar o tradicional uso do teclado e do mouse. Trabalhos como [Castellucci e MacKenzie 2008], [Good et al. 2008], [Guo e Sharlin 2008], [Lee et al. 2008] e [Schlömer et al. 2008] descrevem aplicações com diferentes propósitos que envolvem o uso do *Wiimote*. De forma geral, o dispositivo tem apresentado grande potencial de uso, proporcionando, em muitas situações, ganhos significativos na relação custo/benefício. Nas próximas subseções serão descritos os elementos de hardware e software empregados na solução apresentada neste trabalho.

2.2 Hardware para o *Whiteboard* Interativo

Em termos técnicos, o *Wiimote* possui componentes internos sofisticados que o conferem características técnicas que fazem dele um dispositivo que, se utilizado de maneira criativa, pode ser empregado nos mais diversos cenários. Em primeira análise, o dispositivo pode parecer um simples sensor para captura de sinal infravermelho. Mas trata-se de fato de uma câmera com resolução de 1024 x 768 pixels para captar sinal infravermelho, com capacidade para acompanhar até 4 objetos e com uma taxa de atualização de 100Hz. Esta câmera conta com um mecanismo integrado para rastreamento dos objetos, este mecanismo de processamento interno minimiza a quantidade de dados que é transmitida pelo *Wiimote*. Esta característica técnica é essencial para que a transmissão seja viável através da largura de banda disponível para a comunicação entre o

dispositivo e o computador (*Bluetooth*TM). Em outros termos, esta câmera possui características técnicas amplamente superiores às de outras câmeras comuns utilizadas em computadores, podendo captar sinais relativos a emissão de calor (infravermelho) com eficiência e precisão. Adicionalmente, o *Wii mote* é dotado de um acelerômetro eletrônico, que o torna sensível aos movimentos feitos pelo usuário. Este recurso é particularmente útil em aplicações nas quais o *Wii mote* é colocado em movimento. Na solução descrita neste trabalho, ao contrário, o *Wii mote* permanece estático enquanto a caneta que emite o sinal luminoso se movimenta. Com isso, o acelerômetro não é importante para esta solução. A Figura 2 mostra a caneta construída para os testes realizados com o *whiteboard* interativo e o *Wii mote* fixado em um tripé de mesa que permite posicioná-lo melhor para a captura dos sinais.



Figura 2. *Wii mote* colocado no tripé e protótipo da caneta

Além dos sensores que lêem os sinais de entrada do *Wii mote*, o dispositivo é dotado de canais para emitir sinais de saída para comunicação com o elemento humano e com o computador. A comunicação entre o *Wii mote* e o computador se dá através de conexão *Bluetooth*, já a comunicação com o elemento humano se dá através de alguns LEDs capazes de sinalizar o endereço utilizado por cada *Wii mote*. Esta sinalização é particularmente útil nos casos em que seja envolvido mais de um *Wii mote* na aplicação. A possibilidade de uso de mais do que um *Wii mote* na implementação do *whiteboard* será abordada mais adiante.

Com o uso do *Wii mote*, a área útil do *whiteboard* interativo é estabelecida virtualmente através de uma operação de calibragem que envolve o uso da caneta apontadora. A caneta utilizada na solução aqui descrita é dotada de um LED emissor de sinal infravermelho. Na construção da caneta apontadora é importante que o LED utilizado atenda certos requisitos técnicos, a fim de que os sinais emitidos pelo mesmo possam ser reconhecidos satisfatoriamente pelo sensor do *Wii mote*. Embora a câmera que captura os sinais infravermelhos contida no *Wii mote* tenha grande sensibilidade, as características naturais relacionadas à dinâmica dos movimentos feitos durante o uso comum de um *whiteboard* fazem com que haja a necessidade de um LED de alta potência. Testes realizados mostraram que o uso de um LED cuja especificação técnica descreve que a luz emitida tem comprimento de onda de 940 nm apresentou melhores resultados. Adicionalmente, é importante observar durante a construção da caneta que a instalação da fonte de alimentação da caneta internamente à mesma (com o uso de pilhas), eliminando a presença de fios externos, é uma característica fortemente desejada, já que a presença de fios tende a prejudicar a mobilidade do usuário da caneta. A Figura 2 mostra um protótipo de caneta construído para a realização de testes que deram suporte à escrita deste trabalho. Alguns testes sugerem ainda que a alimentação do *Wii mote* através de fios ligados a uma fonte externa pode ser desejável. Isto acontece porque a alimentação através de pilhas comuns pode fazer surgir a necessidade de que as trocas aconteçam numa frequência que,

em contextos de uso intenso, seja bastante inconveniente. A autonomia média do *Wiimote* com o uso de pilhas comuns fica num intervalo que varia entre 20 e 40 horas [Lee 2008a]. Esta variação depende principalmente do tipo de uso no qual o dispositivo é empregado.

Na operação de calibragem, a caneta é acionada em pontos estratégicos que são exibidos na projeção através de um software que faça a interface entre o *whiteboard* e os outros aplicativos do computador. Depois de realizada a calibragem, a área plana correspondente a projeção é assumida como um *whiteboard* interativo. Com isto, operações podem ser realizadas dentro desta área através da caneta de forma que estas operações se reflitam no computador como se algum usuário estivesse operando sobre o mesmo com o uso de um mouse. Conforme mencionado anteriormente, pode-se utilizar mais do que um *Wiimote* na implementação do *whiteboard* interativo. Com o uso de dois *Wiimotes*, por exemplo, pode-se melhorar a precisão dos movimentos realizados com a caneta. Isto acontece porque, com o uso de dois sensores, as “áreas de sombra”, isto é, áreas nas quais o sensor não capta adequadamente os sinais emitidos pela caneta, tendem a diminuir. As “áreas de sombra” tendem a ser mais comuns quando se utiliza apenas um sensor porque durante os movimentos do usuário que manipula a caneta frequentemente ele coloca o seu corpo entre a caneta e o sensor, podendo prejudicar a leitura do sinal por parte deste. Entretanto, os testes que sustentaram a escrita deste trabalho mostraram que mesmo utilizando um único sensor, um bom posicionamento do mesmo oferece bons resultados e é possível obter um desempenho estável para a solução. Para uso de dois sensores, eles são introduzidos desde o momento da calibragem do *whiteboard* e, com isto, os sinais captados pelos dois passam a ser interpretados de forma sincronizada. Em [Wang e Louey 2008], os autores apresentam quatro sugestões diferentes que visam contribuir com a melhoria da precisão da captura dos sinais emitidos pela caneta apontadora.

A solução aqui descrita foi originalmente proposta por Johnny Chung Lee, um pesquisador do “Human-Computer Interaction Institute” da “Carnegie Mellon University” nos Estados Unidos. Além de elaborar o esquema conceitual para construção do *whiteboard* interativo, Johnny Chung Lee desenvolveu o *Wiimote Whiteboard*, que ao longo do texto será chamado de *Wiimote Whiteboard* original. Este software faz a interface entre o hardware utilizado na solução e as demais aplicações disponíveis no computador conforme mencionado anteriormente. Já existem outros software com propósito similar a este, a próxima subseção traz uma descrição deles.

2.3 Software Gratuito para *Whiteboard* Interativo

A Tabela 1 descreve dados que dizem respeito a alguns dos software mais conhecidos com propósitos similares aos do *Wiimote Whiteboard* original. Todos os software apresentados são de código aberto e alguns foram construídos a partir do software original.

Tabela 1. Software para uso do *whiteboard* interativo

Software	SO	Linguagem
<i>Wiimote Whiteboard</i> (original)	Windows™	C#
Source Forge Project - <i>Wiimote Whiteboard</i>	Windows, Linux	C#, Python
Linux <i>Whiteboard</i>	Linux	C/C++
GTK <i>Wiimote Whiteboard</i>	Linux	Python
<i>Wiimote Whiteboard</i> for Mac	Mac, Windows	Java

Embora as alternativas de software descritas na Tabela 1 sejam voltadas para diferentes sistemas operacionais e sejam desenvolvidas em diferentes linguagens, todas seguem uma organização que pode ser vista em camadas no que diz respeito a sua

integração com o hardware e o seu mecanismo de funcionamento, conforme ilustra a Figura 3.

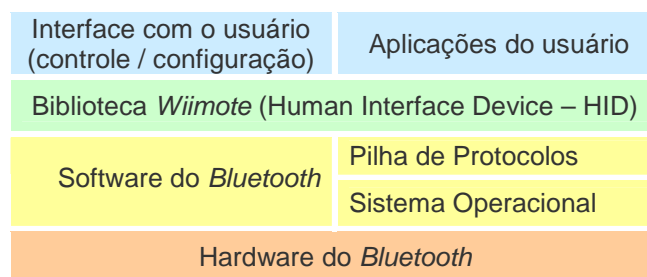


Figura 3. Camadas da integração software com hardware

As duas camadas inferiores independem da aplicação, sendo comuns a todas elas. Estas camadas referem-se apenas a tecnologia utilizada para a comunicação entre o dispositivo e o computador, e o detalhamento das mesmas não está inserido no escopo deste trabalho. Já a camada “Biblioteca *Wiimote*” encarrega-se do tratamento dos dados enviados pelo *Wiimote*. Nesta camada acontece um mapeamento dos dados que chegam do dispositivo para que as representações correspondentes sejam mostradas no dispositivo de saída (monitor/projetor). O serviço oferecido por esta camada é fundamental para que o usuário possa constatar o efeito das suas ações de forma imediata e perceptível, conforme preconizado em [Cybis et al. 2007].

Nesta biblioteca o *Wiimote* é tratado como um *Human Interface Device* (HID), este é um dos modos de utilização que define as possibilidades de aplicação para o dispositivo que se comunica com o *Bluetooth* [Bluetooth 2008]. Ele também é utilizado para outros dispositivos sem fio similares, como o mouse e o teclado.

A interface com o usuário oferece os recursos para iniciar e finalizar a conexão com o *Wiimote*, além de permitir a calibração necessária para definir a área de trabalho na projeção que corresponde ao *Whiteboard* Interativo. Adicionalmente, outras configurações do comportamento da caneta apontadora podem ser estabelecidas através dela.

As duas camadas superiores, mostradas na Figura 3, são inerentes as aplicações descritas na Tabela 1. A partir destas aplicações, outras podem ser executadas explorando as funcionalidades oferecidas pelo *whiteboard* interativo. Em [Lee 2008b], o autor relata que já existe um grande número de iniciativas relacionadas ao uso desta solução em instituições de ensino espalhadas ao redor do mundo. Muitas destas iniciativas incluem o uso de aplicações especificamente desenvolvidas para explorar adequadamente as potencialidades de um *whiteboard* interativo no contexto do ensino [Valls 2008].

3. Comparativo entre a solução de baixo custo e as opções disponíveis no mercado

De acordo com o descrito nas seções anteriores, observa-se que, de forma geral, os custos envolvidos na construção da solução aqui apresentada são baixos. Conforme descrito em seções anteriores, os recursos de software envolvidos na solução são gratuitos. Com isto, as considerações descritas a seguir dizem respeito apenas aos recursos de hardware. Considerando que o potencial de aplicação desta solução se dá, especialmente, em instituições já providas de computadores dotados com recurso de projeção, os elementos adicionais necessários seriam: um controle *Wiimote* (opcionalmente podem ser utilizados dois) e uma caneta apontadora com LED emissor de luz infravermelha. Esta caneta pode ser facilmente construída utilizando-se componentes de baixíssimo custo. Pode-se utilizar, por exemplo, uma carcaça de pincel para quadro branco como estrutura para

acionamento dos componentes da caneta (Figura 2). Além do LED, utiliza-se também na construção do circuito eletrônico um suporte para instalação da pilha de alimentação e uma chave tátil para acionamento do LED pelo usuário. Considerando o provável contexto de uso da caneta e prevendo-se um uso intenso, é recomendável o uso de uma pilha do tipo AA recarregável. Assim, além de proporcionar mais economia, pode-se evitar a produção excessiva de lixo tóxico. Para uso da pilha recarregável, inclui-se no conjunto de recursos um carregador de pilhas. Dadas as características dos componentes utilizados na construção da caneta apontadora e o baixíssimo custo dos mesmos, sugere-se a construção de mais do que uma caneta a fim de que a substituição da mesma possa ser facilmente provida em situações adversas. Com isso, evita-se um comprometimento da estabilidade geral da solução aqui descrita. Além dos elementos já relacionados, em alguns casos pode ser necessária a aquisição de um adaptador *Bluetooth* para computadores que não possuam esta tecnologia disponível originalmente. Esta tecnologia é imprescindível para que se possa estabelecer a comunicação entre o *Wimote* e o computador. É fortemente recomendada a inclusão de um tripé como suporte para favorecer o posicionamento adequado do sensor *Wimote* a fim de que os sinais emitidos pela caneta apontadora sejam melhor captados (Figura 2).

A Tabela 2 descreve os componentes utilizados na montagem do protótipo utilizado neste artigo. As empresas citadas como fornecedoras dos componentes, bem como os valores, apenas constam como referência para possíveis interessados em reproduzir o experimento.

Tabela 2. Componentes para *whiteboard* interativo

Descrição	Empresa	Valor
Controle <i>Wimote</i>	http://www.walmart.com.br	R\$250,00
Adaptador Bluetooth	http://www.walmart.com.br	R\$55,00
Carregador com 4 pilhas AA	http://www.walmart.com.br	R\$80,00
Componentes para caneta apontadora	http://www.farnell.com.br	R\$10,00
Suporte tripé de mesa para microfone	http://www.repel.com.br	R\$8,00
Cachimbo para microfone karsect SL-1	http://www.repel.com.br	R\$7,00
Total (não incluso o custo do envio)		R\$410,00

São várias as soluções de *whiteboard* interativo prontas e disponíveis no mercado. De forma geral, existe uma variação entre os preços delas, pois, entre elas existem algumas diferenças consideráveis em termos de recursos. Algumas por exemplo já vêm de fábrica providas de recurso para projeção, enquanto outras não. A solução descrita neste trabalho (com o uso de um *Wimote*) apresenta um custo que na maioria das vezes fica entre 10 e 20% do custo das soluções comerciais disponíveis.

Como desvantagem, a solução aqui descrita apresenta o fato de necessitar da operação de calibragem para que possa ser colocada em uso. Além disso, a solução de baixo custo é mais sensível a interferências do ambiente ou obstáculos que eventualmente possam se colocar entre a caneta apontadora e o sensor *Wimote*. Esta desvantagem está relacionada ao fato de que a área correspondente ao *whiteboard* não é de fato sensível ao toque. Isto faz com que o usuário tenha que se habituar à necessidade de pressionar o botão que coloca o LED em funcionamento nos momentos apropriados para que possa obter um bom desempenho durante o uso. Adicionalmente, identificou-se o fato de que, embora muitas das soluções de software aqui mencionadas apresentem desempenho satisfatório, outras apresentam um desempenho bastante instável quando executadas em alguns sistemas operacionais específicos, a ponto de comprometer o uso do *whiteboard*.

4 Disposição dos componentes para bom desempenho do *Whiteboard*

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram realizados alguns testes a fim de se identificar cenários que permitissem boas condições de uso do *whiteboard*. Para isto, foram utilizados os softwares *GTK Wiimote Whiteboard* e o *Wiimote Whiteboard*, respectivamente voltados para os sistemas operacionais Linux e Windows, os mais popularmente utilizados atualmente. Nestes testes, procurou-se identificar a maior área de projeção possível que permitisse um desempenho estável do *whiteboard*.

Com o *GTK Wiimote Whiteboard*, conseguiu-se uma área de projeção de aproximadamente 1,5 m de altura por 2 m de largura. O *wiimote* foi instalado em um pequeno tripé que permitia ajustar a direção a partir da qual se pretendia ler o sinal infravermelho. Este tripé foi colocado sobre o projetor, com isso, a inclinação do projetor pode ser alterada sem a necessidade de reposicionar o tripé que sustenta o *wiimote*. A Figura 4, mostra medidas, colhidas durante a realização dos testes, que revelam o posicionamento dos objetos envolvidos na solução em uma situação em que foi atingida uma boa estabilidade.

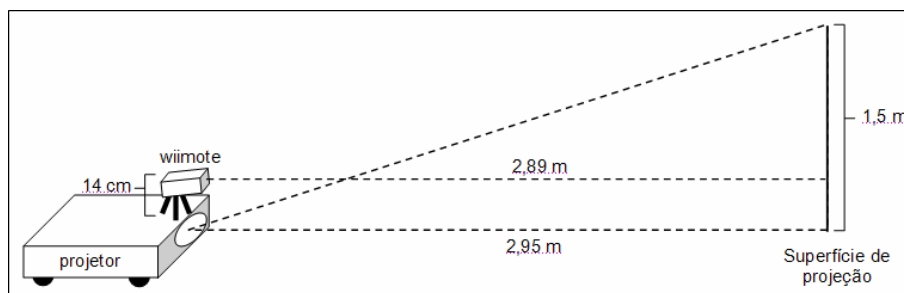


Figura 4. Disposição dos componentes utilizando o *GTK Wiimote Whiteboard*

De forma geral, a solução que utilizou o *Wiimote Whiteboard*, para plataforma Windows, não apresentou a mesma estabilidade quando comparada com a solução descrita anteriormente. Entretanto, chegou-se a um termo razoável para uso com uma área de projeção de aproximadamente 1,17 m de altura por 1,56 m de largura. O *wiimote* foi novamente instalado em um pequeno tripé que permitia ajustar a direção a partir da qual se pretendia ler o sinal infravermelho. Nesta solução, a melhor disposição foi com a colocação do *wiimote* no tripé posicionado atrás do projetor, e não sobre o mesmo. Esta situação se deve ao fato de que a área de projeção teve que ser reduzida para que o pincel tivesse resposta estável nas regiões periféricas da projeção. Somando-se a isto o fato de que a colocação do *wiimote* junto ao projetor reduziria o “campo de visão” do mesmo, também comprometendo o funcionamento do *whiteboard*, optou-se por esta disposição, conforme mostra a Figura 5.

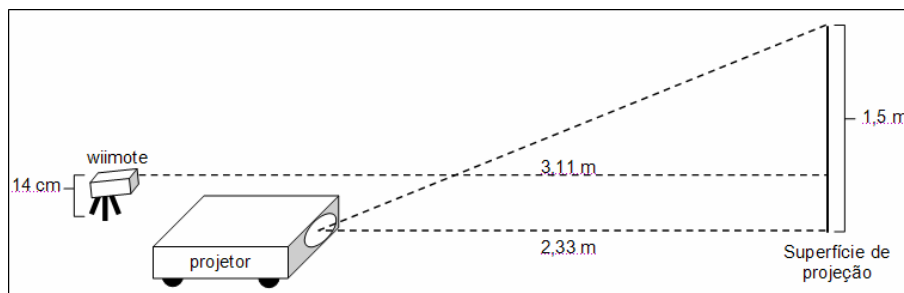


Figura 5. Disposição dos componentes utilizando o *Wiimote Whiteboard*

5. Conclusões

Este trabalho proporciona uma discussão acerca de dispositivos capazes de prover novas formas de interação entre o humano e o computador. Além disso, o trabalho aborda uma tecnologia com potencial para contribuir com a melhoria de condições técnicas das salas de aula de instituições de ensino colocadas na realidade brasileira. Os recursos aqui apresentados podem, se bem empregados, trazer ganhos de produtividade e de qualidade em atividades relacionadas às práticas de ensino de sala de aula. Os testes já realizados demonstram que é possível construir um *whiteboard* interativo com recursos de baixo custo. Embora existam soluções de software voltadas para diferentes plataformas, existe uma diferença considerável de estabilidade entre elas, de forma que algumas já apresentam comportamento estável o suficiente para serem empregadas na prática, enquanto outras ainda carecem de aprimoramentos. Naturalmente, a solução aqui apresentada é sujeita a algumas interferências ambientais que poderiam ocasionar sérios problemas de estabilidade. Isto acontece pelo fato de que a solução é baseada em uma adaptação de dispositivos originalmente projetados para outros fins. Entretanto, algumas medidas descritas neste trabalho podem contornar de forma satisfatória estes problemas a ponto de fazer com que o uso desta solução seja viável em cenários reais.

Referências

- Bluetooth* Technology (2008). www.bluetooth.com, Julho.
- Brown, S. (2002) *Interactive Whiteboards in Education*. In JISC TechLearn Briefing, 1-7.
- Castellucci, S. J. e MacKenzie, I. S. (2008) *UniGuest: Text Entry Using Three Degrees of Motion*. In Proc. CHI 2008, ACM Press, 3549-3554.
- Cybis, W., Betiol, A. H. e Faust, R. (2007) *Ergonomia e Usabilidade – Conhecimentos, Métodos e Aplicações*. São Paulo. Novatec.
- Good, J., Romero, P., du Boulay, B., Reid, H., Howland, K. e Robertson, J. (2008) *An Embodied Interface for Teaching Computational Thinking*. In Proc. IUI'08, ACM Press, 333-336.
- Guo, C. e Sharlin, E. (2008) *Exploring the Use of Tangible User Interfaces for Human-Robot Interaction: A Comparative Study*. In Proc. CHI 2008, ACM Press, 121-129.
- Higgins, S., Beauchamp, G. e Miller, D. (2007) *Reviewing the literature on interactive whiteboards*. In Learning, Media and Technology, vol. 32, no. 3, 213-225.
- Lee, H-J., Kim, H., Gupta, G. e Mazalek, A. (2008) *WiiArts: Creating collaborative art experience with WiiRemote interaction*. In Proc. TEI'08, ACM Press, 33-36.
- Lee, J.C. (2008a) *Hacking the Nintendo Wii Remote*. In IEEE Pervasive Computing, vol. 7, no. 3, 39-45.
- Lee, J.C. (2008b) *Interaction Techniques using the Wii Remote*. In JAOO Conference.
- Lucena, C. J. P., Medeiros C. B., Lucchesi C. L., Maldonado J. C., Almeida V. A. F. e outros. (2006) *Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil – 2006-2016*. Relatório sobre o seminário Grandes Desafios da Pesquisa em Computação, realizado em 8 e 9 de maio de 2006. São Paulo. SBC/CAPES/FAPESP.
- Nintendo* (2008). <http://wii.nintendo.com>, Junho.
- Rocha, H. V. e Baranauskas, M. C. C. (2003) *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*. Campinas. NIED/UNICAMP.

- Schlömer, T., Poppinga, B., Henze, N. e Boll, S. (2008) *Gesture Recognition with a Wii Controller*. In Proc. TEI'08, ACM Press, 11-14.
- Smith, H. J., Higgins S., Wall, K. e Miller, J. (2005) *Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature*. In Journal of Computer Assisted Learning 21, 91-101.
- Valls, C. C. (2008) PDI de bajo coste. <http://observatorio.cnice.mec.es>, Julho. In Observatorio Tecnológico – Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa.
- Wang, Z., Louey, J. (2008) *Economical Solution for an Easy to Use Interactive Whiteboard*. In Japan-China Joint Workshop on Frontier of Computer Science and Technology, IEEE.