

Simulação de Experimentos em Realidade Aumentada Móvel

Alan Nehemias Anastácio Malbos, João Paulo Cardoso de Lima, Juarez Bento da Silva
Campus Araranguá
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Araranguá, Brasil
alanmalbos@gmail.com, joao.pcl@grad.ufsc.br, juarez.b.silva@ieee.org

Gustavo Ribeiro Alves
Instituto Politécnico do Porto – IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP
Cidade do Porto, Portugal
gca@isep.ipp.pt

Willian Rochadel
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão
do Conhecimento - PPGEGC
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Araranguá, Brasil
willian.rochadel@ufsc.br

Resumo— Neste artigo os autores demonstram a implementação e a importância de uma aplicação de Realidade Aumentada para simulação de experimentos através de dispositivos móveis, apresentando o aplicativo do RExLab – UFSC. A popularização de dispositivos móveis concede um alcance maior de usuários, tais como estudantes de educação básica, os quais são o enfoque deste trabalho. Utilizando os conceitos de computação ubíqua e experimentação, é relatado o desenvolvimento de aplicações interativas e dinâmicas de aprendizado, propondo a experimentação através da Realidade Aumentada como suporte ao ensino de conceitos científicos. Além disso, o sistema operacional alvo e softwares de implementação são de código aberto, de maneira a reduzir os custos e facilitar o desenvolvimento.

Palavras-chave— Experimentação Remota, Ensino de Física, Mobile Learning, Dispositivos Móveis, Realidade Aumentada.

Abstract— This study presents the development experience of a Reality Augmented application and discusses its utility as support tool for physics experiments simulation on mobile devices. The growing popularity of mobile devices provides a wide range of users, such as basic education students, who are the focus of this work. Using the ubiquitous computing and experimentation concepts, we report the development of interactive applications and dynamic learning proposing experimentation through Augmented Reality to support the scientific concepts learning. Moreover, the target operating system and software implementation are open source, in manner to reduce costs and facilitate development.

Index Terms— Remote Experimentation, Education, Mobile Devices, Physics Teaching, Reality Augmented.

I. INTRODUÇÃO

Gradativamente, novas e surpreendentes formas de tecnologias que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas tornam-se disponíveis para

sociedade, proporcionando e potencializando a construção de conhecimento.

Dentre elas está a Realidade Aumentada (RA), que tem utilizado a imagem digital para fazer parte do mundo real obtendo grandes vantagens ao complementar a informação da imagem real agregando-lhe atributos que esta não possui.

Em nível mundial, as tecnologias de RA estão disseminadas em quase todos os campos do saber. No Brasil, esta realidade ainda está centrada no ramo empresarial, já sua utilização no campo educacional ainda está em desenvolvimento. O crescente número de estudos da realidade aumentada aplicada na educação é motivador, porém, ainda carecem de aplicações funcionais em larga escala, fato que pode estar próximo da concretização pela recente portabilidade da tecnologia de RA em dispositivos móveis [1].

Atualmente os dispositivos móveis são amplamente difundidos e o uso de sistemas em RA permite estender ainda mais a sua gama de aplicações. Em especial os dispositivos avançados com recursos significantes de processamento gráfico e operações em ponto flutuante, qualidade de tela, sensores e conectividade despontam como um grande motivador para os pesquisadores de RA [2].

A RA permite que o usuário perceba o entorno real “aumentado” com alguns objetos virtuais, ou seja, criados por computador; com o objetivo de aprimorar a percepção que temos do mundo real. Segundo [3], a interface de RA é uma tecnologia de visualização que possui vantagem sobre as limitações existentes em outros meios visuais de comunicação para o aprendizado.

Consta em destaque nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ministério da Educação [4] a realização de trabalhos experimentais como um dos pilares essenciais para o ensino nas áreas de tecnologias e ciências naturais aparecendo ainda em muitas outras áreas, instigando o aluno a desenvolver a curiosidade para buscar o conhecimento. A falta de tais estímulos devido à

infraestrutura deficiente das escolas públicas priva o aluno do acesso à experimentação, parte importante da base de sua formação acadêmica.

O entendimento da ciência constitui um elemento fundamental à cidadania, tendo o uso das atividades experimentais como estratégia apontada por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de minimizar as dificuldades de se aprender [5]. A experimentação como estratégia de descoberta se apoia no modelo de aprendizagem que toma o estudante como um indivíduo capaz de reconstruir o conhecimento científico de forma individual e autônoma, através da interação com o meio. O conhecimento é fruto da elaboração individual baseada no senso comum, fruto de um processo indutivo [6]. Desta maneira, fazendo parte de um todo, no qual se baseia todo o processo de aprendizagem do aluno em sua caminhada para obtenção do conhecimento.

As novas tecnologias na escola devem funcionar como um recurso auxiliar no apoio a construção de conceitos, possibilitando uma experiência de aprendizado mais prazerosa [7]. Os dispositivos móveis, como tecnologia móvel de alta disseminação entre os alunos, podem ser utilizados como ferramentas de potencialização do aprendizado em conjunto com a tecnologia de realidade aumentada para a criação dos ambientes de experimentação virtual tendo ainda como apoio o uso da experimentação remota.

II. REALIDADE AUMENTADA

Milgram e Kishino [8] propuseram uma taxonomia ao observar que o termo “Realidade Virtual” estava sendo aplicado a um número de ambientes que nem sempre demonstravam total imersão. Foi identificado que havia uma faixa (fig.1) entre o ambiente real e o ambiente virtual, que foi chamada de contínuo de virtualidade (Virtuality Continuum). Situada no centro desta faixa está a Realidade Misturada (RM), responsável por criar uma realidade onde não se distingue elementos reais e virtuais.

Próximo ao extremo onde está situado o ambiente virtual está a Virtualidade Aumentada (VA), onde prevalece o mundo virtual. Próximo ao extremo onde está situado o ambiente real está a Realidade Aumentada (RA). Desta maneira, constata-se que a Realidade Aumentada é uma especificação da Realidade Misturada.



Figura 1. Realidade Misturada – adaptado de Milgram e Kishino[8]

Ao mesmo tempo, a ideia de computação ubíqua emerge ao prever um ambiente no qual a tecnologia de computação está presente em grande parte dos dispositivos e equipamentos físicos do cotidianos [9]. Recentemente, os dispositivos móveis estenderam suas

capacidades de simples comunicação ao adquirirem funcionalidades intrínsecas de plataformas computacionais em rede e computadores trajáveis [2]. Desse modo, a Realidade Aumentada Móvel pode ser vista como um ponto de encontro entre a RA e a computação ubíqua, e ser caracterizada pela combinação do real e virtual, pela tridimensionalidade e dinamicidade dos objetos virtuais e pela interação em tempo real [10] em um contexto móvel.

Um sistema de RA é aquele que complementa o mundo real mediante o uso de elementos virtuais gerados por um artefato tecnológico fazendo com que tais elementos pareçam coexistir no mesmo espaço que os elementos reais. Tal sistema visa estimular algum dos sentidos humanos, às vezes mais de um, com o objetivo de proporcionar uma imersão em outra realidade ao usuário desta tecnologia.

A projeção de elementos virtuais sobre entornos reais tem por finalidade enriquecer a informação que um usuário pode obter a respeito do ambiente real no qual se encontra imerso [11]. Para isso, os sistemas registram a posição e coordenadas do entorno real mediante o reconhecimento de padrões simétricos do ambiente. Uma vez finalizado o processo de registro superpõe-se elementos computacionais sobre cenário real, fazendo com que a virtualidade e a realidade possam ser percebidas de maneira simultânea em um novo ambiente com o auxílio de um artefato tecnológico, um ambiente misto.

III. EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO

Dentre os diversos modos que as novas tecnologias podem ser aplicadas na educação, a experimentação remota pode ser destacada como um meio para reforçar os conteúdos assimilados na escola. O propósito da experimentação remota é proporcionar a oportunidade de visualizar o aprendizado dado em sala de aula a alunos que não possuem acesso a laboratórios presenciais. Mas também, o experimento pode ser visto como algo adicional ao conteúdo disponibilizado, despertando a curiosidade no estudante, instigando-o a ter mais noção das vias extras de conhecimento.

O uso da experimentação remota disponibilizado pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab) é uma alternativa para as escolas do extremo sul catarinense, em Araranguá (SC), pois além de instigar a curiosidade do aluno, é uma opção para substituir laboratórios presenciais, pois estes são conhecidos por seus altos custos associados à aquisição do equipamento, espaço e manutenção [12]. Em [13] acredita-se que, de acordo com as características da situação, laboratórios de experimentação remota podem dar suporte por um custo menor que os presenciais a outros ambientes de estudo e até substituí-los.

Os experimentos desenvolvidos no RExLab são adaptações de equipamentos reais conectados a sensores e circuitos atuadores que permitem interação através da Internet. Sendo assim, não há restrições nem de tempo e nem de espaço, e as interações através da rede com

equipamentos reais fornece um feedback dos resultados das experiências online. [14].

Deste modo, o ambiente remoto possibilita controlar diferentes dispositivos como motores, circuitos, sensores e sistemas de segurança, enquanto observam-se os efeitos dinâmicos muitas vezes complexos de serem explicados, mas compreensíveis em abordagens realísticas para resolver problemas.

A experimentação remota não limita-se somente a um modelo de interação ou natureza das experiências, entre as novas tendências de uso, destacam-se tecnologias como jogos educacionais, mundos virtuais e aplicações em realidade aumentada integrando resultados obtidos em experiências remotas[12].

Tecnologia de realidade aumentada pode ser usado em ambientes de formação e de aprendizagem para aumentar o nível de imersão do usuário. Exemplos de experimentos utilizando esta tecnologia são encontrados em [15] para observar resultados experimentais de fluxo de águas subterrâneas e em [16] para avaliação de molas sob diferentes constantes de elasticidade em um dispositivo háptico. Entre outras aplicações que fazem uso de realidade aumentada como tecnologia de apresentação de simulações.

IV. ELEMENTOS PARA INTERAÇÃO COM REALIDADE AUMENTADA

A atividade de experimentar com RA exige alguns elementos básicos, os quais consistem em monitor, câmera, software e marcadores. Um sistema de RA se inicia com um registro tridimensional, de tal forma que os mundos real e virtual fiquem espacialmente alinhados. Segundo Ricart [17], para que isto seja possível é necessário registrar as transformações espaciais que relacionam os diferentes cenários de referência, as coordenadas bidimensionais da imagem que são capturadas pela câmera e as coordenadas tridimensionais do mundo real e as coordenadas tridimensionais do mundo virtual.

A informação incorporada computacionalmente ao cenário misto deve manter concordância na realidade, o que torna necessário que tanto o reconhecimento como o processamento sejam realizados de maneira rápida e eficiente. A adição do elemento virtual é resultado da interpretação de um marcador específico, o qual realiza uma resposta em particular e insere informação virtual no mundo real. Para Benitez e Lara [18] este processo permite determinar onde deve substituir um objeto real pelo virtual, qual objeto virtual deve ser colocado sobre o espaço real e em que posição e perspectiva.

Finalmente, o usuário poderá perceber um cenário no qual realidade e virtualidade são combinadas criando uma nova realidade, para isto utiliza-se uma ampla gama de displays (monitor, projetor, etc.). O processo de funcionamento de uma aplicação de RA se pode observar na fig.2.

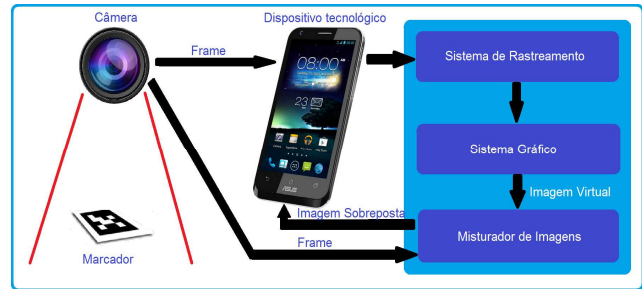


Figura 2- Funcionamento de uma aplicação de Realidade Aumentada

V. ESPECIFICAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento de um protótipo de aplicação móvel de RA voltado ao ensino da disciplina de física utilizou-se das seguintes ferramentas e tecnologias:

- Blender, software de modelagem e animação 3D;
- Linguagem de programação Java e C/C++;
- Biblioteca Open GL;
- Eclipse IDE
- SDK's: Java Development Kit (JDK), Android Software Development Kit e Android Native Development Kit (NDK), Qualcomm Augmented Reality (QCAR) e Cygwin
- Tablet Samsung Galaxy Tab 2 de 7 polegadas com sistema operacional Android 4.0 e um computador com sistema operacional Windows 7 de 64 bits.

Para desenvolvimento do protótipo foi selecionado, dentro os conceitos de desenvolvimento de RA, o modo de visão por vídeo baseado em monitor, neste conceito é utilizado uma câmera para captura das imagens do ambiente real, realizado o processamento e inserção dos objetos virtuais e utilizado um display para apresentação do ambiente misturado ao usuário. Tal conceito foi utilizado pela melhor adequação em dispositivos móveis, pois o mesmo possui câmera, display e unidade de processamento em um único artefato tecnológico.

Ao realizar a captura de um frame através da câmera, o protótipo de aplicação localiza um marcador conhecido neste, renderiza o modelo 3D conforme as coordenadas de localização do marcador existente no frame e envia o novo frame ao display do dispositivo para interação com o usuário.

Visto sob o olhar do usuário a aplicação realiza um simples rastreamento de imagem em busca de um marcador conhecido. Os módulos componentes para o funcionamento da aplicação são apresentados na fig. 3.

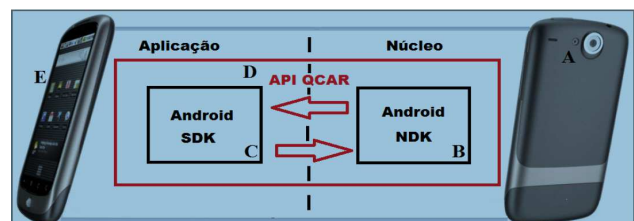


Figura 3 - Funcionamento Teórico do Protótipo

A aplicação inicia a câmera do dispositivo (A), capturando os frames de acordo com a direção na qual a câmera é apontada pelo usuário. No momento em que for encontrado pelo sistema um marcador já conhecido, os frames são então identificados através do Android NDK (B), que executará todas as funções nativas do Android referentes a criação do modelo 3D. O NDK tem um papel imprescindível nesta parte da aplicação, pois é através dele que serão construídas partes de desempenho crítico da aplicação no código nativo do Android, visto que o mesmo tem uma maior acessibilidade ao núcleo de processamento do dispositivo. Desta maneira será acelerado a construção do modelo 3D garantindo o desempenho necessário à aplicação. O NDK foi projetado para uso somente em conjunto com o SDK e para tal é preciso compilar os códigos nativos escritos para o NDK, para que só então o Android SDK (C) tenha a capacidade de reconhecê-los.

O Android SDK é um software para desenvolvimento de aplicações que possui ferramentas de apoio, um emulador de dispositivos móveis e uma API completa para desenvolvimento na linguagem Java, com todas as classes utilizadas para desenvolver aplicações. A API da Qualcomm (D) é responsável pela comunicação entre o NDK e o SDK, sendo possível assim a troca das informações que necessitam processamento no local onde o hardware é mais exigido, local este em que o NDK atua. Desta maneira, as chamadas de funções nativas são realizadas através da API QCAR.

A aplicação utiliza a tela (E) do aparelho como uma lente onde é demonstrado o ambiente aumentado do mundo real com os objetos virtuais inseridos. A aplicação realiza o processamento da imagem ao vivo capturada pela câmera na tela do dispositivo móvel para representar a visão do ambiente físico. Os modelos virtuais 3D são inseridos de maneira sobreposta ao ambiente real e parecem fazer parte do contexto visualizado a partir da tela do aparelho, sendo este o resultado final esperado da aplicação.

VI. REQUISITOS E MODELAGEM DO PROTÓTIPO

Com base nas aplicações existentes com uso da tecnologia de RA no mercado foram levantados os requisitos desejáveis para o protótipo de aplicativo a ser desenvolvido. Logo após a elicitación de requisitos, os diagramas UML necessários para a documentação adequada da aplicação, visando a evolução futura do aplicativo protótipo.

A aplicação deverá ter a possibilidade de ser instalada em qualquer dispositivo móvel que utilize o sistema operacional Android e contar com uma câmera própria do dispositivo. Ao ser acessado, o aplicativo demonstrará um pequeno texto explicativo sobre o seu funcionamento ao usuário com um botão abaixo para dar início a câmera do dispositivo.

Ao clicar sobre o botão de início o aplicativo irá realizar o reconhecimento do marcador específico criado para este protótipo nos frames enviados pela câmera, o

aplicativo deverá renderizar o modelo 3D do experimento selecionado sobre o marcador para dar início à simulação da experimentação.

Deverá ser possível a interação do usuário com o experimento através do dispositivo, mudando o estado do experimento e podendo realizar todas as simulações possíveis do mesmo experimento em um ambiente real. O esquema de funcionamento do protótipo pode ser observado na fig. 4, onde consta o diagrama de sequência.

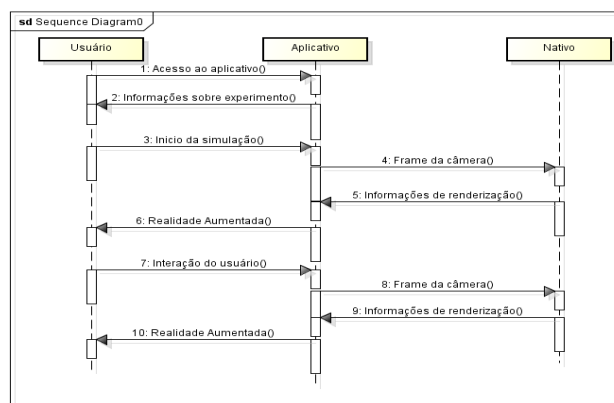


Figura 4- Diagrama de Sequência do Protótipo

VII. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A motivação apresentada por este projeto está em desenvolver ferramentas educacionais atrativas e de baixo custo por meio da aplicação das NTICs, visando uma integração maior dos alunos com o aprendizado e fornecendo meios alternativos de transmissão de conhecimento [17].

Nesse sentido, o primeiro experimento selecionado para receber sua versão em RA foi o quadro elétrico, pois se mostrou como uma melhor opção para modelagem em 3D e uma maior facilidade para simular suas mudanças de estado durante a interação do usuário com a simulação de experimentos.

Após a escolha foi realizada a modelagem do experimento quadro elétrico e sua texturização de acordo com seus diferentes estados possíveis, ao finalizar a modelagem, foi aplicado um script Pearl para conversão do objeto modelado (extensão 3ds) para um vetor OpenGL e possibilitar a renderização pelo dispositivo móvel, seu resultado é apresentado na fig. 5.

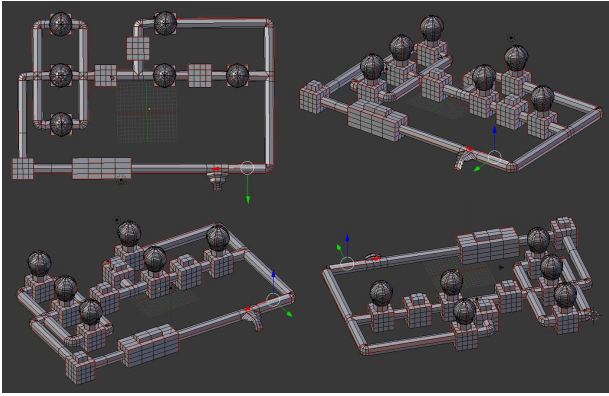


Figura 5- Modelagem tridimensional do Experimento 3D

Para desenvolvimento do protótipo do aplicativo foi utilizado a IDE Eclipse com as bibliotecas para e desenvolvimento de um projeto Android foram elaborados, inserindo ainda as API's e bibliotecas de desenvolvimento mencionadas. O marcador utilizado foi gerado na plataforma de criação de marcadores personalizados disponibilizada pela Qualcomm¹. Este recurso permite utilizar outros tipos de marcadores, e criar os próprios marcadores, baseado em uma tecnologia fornecida pela Qualcomm para uso em conjunto com sua API de RA. Para isso basta adicionar o arquivo fornecido pelo site após realizar o upload da imagem, no código da aplicação.

Após a compilação do protótipo de aplicativo, os testes foram realizados e sua utilização pode ser feita em qualquer dispositivo móvel com plataforma Android e suporte para a biblioteca OpenGL 2.0, como observado na fig. 6.

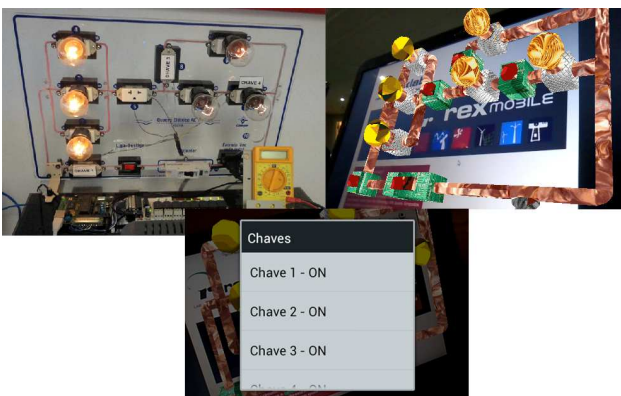


Figura 6- Experimento remoto, Experimento simulado no aplicativo, chaves para interação.

Ao término do desenvolvimento o protótipo do aplicativo de simulação de experimentos em Realidade Aumentada foi capaz de simular todos os estados possíveis apresentados pelo experimento físico, através das interações do usuário com o modelo do experimento

¹Fonte: <https://developer.vuforia.com/target-manager>

pelo dispositivo móvel. Disponibilizou-se o arquivo de instalação do protótipo de aplicativo, juntamente com o marcador necessário para o experimento quadro elétrico no site do laboratório².

Dentre os próximos passos deste projeto está a inclusão de valores de corrente elétrica obtidos do experimento remoto em tempo real em pontos estratégico, juntamente com a comparação das observações diretamente na tela, como apresentado na fig. 7.

Além disso, pretende-se modelagem de mais experimentos dos que são disponibilizados pelo REXLAB, a sofisticação da animação e texturização dos modelos 3D de experimentos, e posteriormente a disponibilização em escola de educação básica para análise da interação aplicação-usuário. Além disso, propõe-se o desenvolvimento da interação direta entre experimento real e experimento virtual para demonstrar informações reais do experimento.



Figura 7- Idealização da integração do experiment remoto e sua apresentação em realidade aumentada

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de protótipo de aplicação apresentado neste artigo visa aumentar o nível de interesse dos alunos por disciplinas consideradas “difíceis” pelo alto nível de abstração e falta de demonstração prática. Possibilitando ao aluno o acesso irrestrito a experimentação, auxiliando o professor a demonstrar teorias de maneira prática para melhor entendimento por parte dos alunos.

A vantagem de se utilizar simulação de experimentos físicos em RA para o sistema Android fica pela facilidade da utilização e a popularização dos dispositivos móveis

² Site: <http://rexlab.ufsc.br/experimentos/AR>

que fazem uso desta plataforma, ampliando o número de alunos com possibilidade de utilização de tal aplicação.

Tal tecnologia poderia ser disponibilizada por editoras de material didático em formato de marcadores especiais no decorrer das matérias e aplicações específicas de cada publicação, incentivando o aluno a descobrir as possibilidades de aprendizado que lhe são fornecidas e contribuindo para um adquirir de conhecimento mais fluído.

Isto, sem dúvida, atualiza os meios didáticos convencionais de ensino das ciências que, em geral, conta somente com imagens através de slides ou algum vídeo explicativo. Em conjunto aos projetos de e-Learning existente hoje no apoio do ensino, a tecnologia de RA pode contribuir com o docente fornecendo um arcabouço de possibilidades para incrementar as atividades em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- [1] F. Zhou, H.B. Duh and M. Billinghurst, "Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR," In: 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.193-202.
- [2] G. Papagiannakis, G. Singh and N. Magnenat-Thalmann, "A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems," Computer Animation and Virtual Worlds, vol. 19 , no. 1, pp. 3-22, 2008.
- [3] B.E. Shelton and N.R. Hedley, "Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students", In: 1st IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop. Darmstadt, 29 set. 2002.
- [4] Secretaria de Educação Média e Tecnológica, BRASIL, "PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais", Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- [5] M.S.T. Araújo and M.L.V.S. Abib, "Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades [Experimental Activities in Physics Teaching: Different Approaches, Different Purposes]," Revista Brasileira de Ensino da Física, vol.25, no.2, Jun. 2003, p.p. 176-194.
- [6] I. Higa and O.B. Oliveira, "A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos", Educar em Revista, num. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012.
- [7] S.F. Tajra, "Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade [Computers in Education: new pedagogical tools for teacher nowadays]", 3.ed. São Paulo, Brazil: Érica, 2001.
- [8] P. Milgram and F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays", IEICE Transactions on Information Systems, v.E77-D, n.12, p.1321-1329, Dez, 1994.
- [9] M. Weiser, "The computer for the 21st century," Scientific American, vol. 265, no. 3, pp. 66-75, Sep. 1995.
- [10] R.T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments, Ago. 1997.
- [11] M.V. Rios, "Realidad aumentada: Un nuevo paradigma de interaccion usuario-computador [Augmented Reality: A new paradigm of user-computer interaction]," Universidad Técnica Federico Santa María, 2008.
- [12] L. Gomes and S. Bogosyan, "Current Trends in Remote Laboratories," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 56, no. 12, pp. 4744-4756, 2009.
- [13] D. Lowe, S. Murray, E. Lindsay and D. Liu, "Evolving Remote Laboratory Architectures to Leverage Emerging Internet Technologies," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 2, no. 4, pp. 289-294, 2009.
- [14] J. B. Silva, W. Rochadel and R. Marcelino, "Utilization of NICTs applied to mobile devices," IEEE-RITA, v. 7, p. 149-154, 2012. Available:http://www.revista.unam.mx/vol.8/num6/art48/jun_art4_8.pdf/
- [15] J. C. Marques, J. Rodrigues and M.T. Restivo, "Augmented reality in groundwater flow," In 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), pp 399-400, 2014.
- [16] A. Cardoso, M.T. Restivo, M.R. Quintas, F. Chouzal, M.G. Rasteiro, J.C. Marques and P. Menezes, "Online experimentation: Experiment@Portugal 2012," In 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), pp. 303-308, Feb. 2014.
- [17] C.P. Ricart, "Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte [Multimedia augmented reality environments in the field of art]," València: Departamento de pintura / Universidad politécnica de València, 2007. Doctoral thesis.
- [18] J.L.V. Benitez and L. H. Lara, "La realidad aumentada: una tecnologia en espera de usuarios [Augmented reality: a technology awaiting users]," Revista Digital Universitária, vol.8 no.6. México, Jun. 2007.
- [19] S. Odeh, A. S. Shatha, M. Anabtawi and R. Hodrob, "A Remote Engineering Lab Based on Reality Augmented," *International Journal of Online Engineering*, vol. 9, no. 5 , pp. 61-67, 2013