

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/228983595>

museuM: Uma Aplicação de m-Learning com Realidade Virtual

Article · January 2005

CITATIONS

2

READS

89

5 authors, including:



[Creto Vidal](#)

Universidade Federal do Ceará

72 PUBLICATIONS 438 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Rossana M C Andrade](#)

Universidade Federal do Ceará

129 PUBLICATIONS 399 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Riverson Rios](#)

Universidade Federal do Ceará

11 PUBLICATIONS 25 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

museuM: Uma Aplicação de m-Learning com Realidade Virtual

Edgar Marçal¹, Raniery Santos², Creto Vidal¹, Rossana Andrade¹, Riverson Rios¹

¹Mestrado em Ciência da Computação – Universidade Federal do Ceará (MCC - UFC),

²Telemática - Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE)

{edgar, raniery, cvidal}@lia.ufc.br, {rossana, riverson}@ufc.br

Abstract. Mobile computing emerges as an innovative technology for the educational area. In this paper, an application that uses virtual reality resources in mobile devices for learning is presented. The application proposal presents a virtual museum and artefacts to increase the motivation for learning more about art and providing interactive virtual tours. The proposed prototype shows interactivity, usability and portability, besides allowing the integration of technologies such as virtual reality and mobile computing.

Resumo. A computação móvel tem demonstrado ser uma tecnologia inovadora para a área educacional. Neste artigo, é apresentada uma aplicação que emprega recursos de realidade virtual em dispositivos móveis para auxílio à aprendizagem. A aplicação proposta apresenta um museu e obras virtuais, com o intuito de aumentar a motivação para o conhecimento de obras e propiciando excursões virtuais interativas. O protótipo desenvolvido demonstra sua interatividade, usabilidade e portabilidade, além de permitir uma experimentação da integração das tecnologias de realidade virtual e computação móvel.

1. Introdução

As tecnologias de computação móvel encontram-se atualmente em franca evolução e parecem destinadas a transformar-se no novo paradigma dominante da computação [Myers & Beigl 2003]. Atualmente os telefones celulares e PDAs (Personal Digital Assistants) estão presentes no cotidiano da maioria das pessoas. Assim, o dispositivo móvel se transforma em um importante instrumento para a universalidade do conhecimento, ao fornecer a possibilidade de acesso a conteúdos das mais diversas áreas em diferentes momentos do dia-a-dia, seja na aula ou no trabalho.

A utilização de dispositivos móveis na educação criou um novo conceito, o chamado Mobile Learning ou m-Learning. Seu grande potencial encontra-se na utilização da tecnologia móvel como parte de um modelo de aprendizado integrado, caracterizado pelo uso de dispositivos de comunicação sem fio, de forma transparente e com alto grau de mobilidade [Ahonen 2003; [Sylvänen 2003](#)]. Essa oferta de serviços de telecomunicações e de artefatos computacionais, capazes de prover mobilidade aos diferentes atores envolvidos em projetos educacionais, apresenta a oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas no campo da computação móvel.

Por outro lado, a educação pode ser vista como um processo de exploração, de descoberta e de construção de conhecimento. E a realidade virtual possibilita uma aprendizagem através de viagens a lugares nunca visitados, seja pela impossibilidade física ou pela distância geográfica. Neste contexto, os museus tridimensionais digitais apresentam-se como exposições virtuais que permitem um aprendizado baseado em experiências, onde o aluno pode observar a obra de diferentes ângulos e interagir com ela.

Este trabalho utiliza o conceito de realidade virtual não imersiva, a qual se baseia no uso de dispositivos de entrada e saída comuns, como teclado, *mouse* e monitor. A utilização de ambientes tridimensionais nas aplicações de m-Learning propicia um incremento na aprendizagem, ao fornecer os seguintes benefícios:

- Apoiar e motivar o aprendizado em excursões, fornecendo cenários virtuais semelhantes aos reais acrescidos de informações complementares [[Bricken 1993](#)].
- Melhorar a compreensão sobre determinada obra ou experimento, através de uma maior aproximação e de uma visualização sob diferentes ângulos [Erickson 1993].
- Permitir a simulação e a análise de experiências recém vivenciadas, seja na própria sala de aula, no laboratório ou em passeios educativos.
- Possibilitar a demonstração do funcionamento de equipamentos, através de simulações, para auxiliar na resolução de problemas técnicos no momento do atendimento. Por exemplo: um técnico em impressoras, que não dispõe de um manual técnico específico, e está em dúvida sobre o funcionamento de uma determinada peça, poderia ser apoiado por uma representação tridimensional com conteúdo auto-explicativo, disponibilizada através de um dispositivo móvel.

Inúmeros desafios se apresentam ao pensarmos em aplicações educacionais para dispositivos móveis com características de realidade virtual: Como produzir um cenário 3D motivador, juntamente com imagens e informações nas reduzidas telas dos telefones

celulares? Como possibilitar formas de interação interessantes? Como contornar a limitação de memória e processamento dos dispositivos móveis?

Neste trabalho, é apresentada uma proposta inovadora de aplicação educacional para dispositivos móveis, que usa recursos de realidade virtual através de um museu tridimensional fictício. Esta aplicação pretende solucionar os desafios mencionados anteriormente, tornando-se uma alternativa interessante de modelo de aplicação em m-Learning. Na Seção 2, são apresentados aspectos envolvidos na aprendizagem através da utilização de dispositivos móveis. A Seção 3 mostra as características dos museus virtuais. A Seção 4 apresenta a arquitetura da aplicação, destacando seus requisitos. A Seção 5 descreve aspectos da implementação e o protótipo desenvolvido. E a Seção 6 apresenta as conclusões.

2. m-Learning

O paradigma *Mobile Learning* ou *m-Learning* surge aproveitando-se da disponibilidade de dispositivos móveis e considerando-se as necessidades específicas de educação e treinamento [Nyiri 2002].

As pesquisas em m-Learning têm-se voltado para dois grupos de usuários principais: crianças e trabalhadores externos. Dispositivos móveis fornecem um novo e entusiasmante paradigma de interação, particularmente para as crianças, e várias iniciativas têm sido desenvolvidas nessa área, por exemplo: um projeto da Philips desenvolveu um organizador portátil para educar crianças de 7 a 12 anos [Oosterholt 1996]; e, no Canadá, palmtops da plataforma Palm OS foram usados para ensinar genética às crianças [Danesh 2001]. No caso de trabalhadores externos, cuja rotina é bastante dinâmica, envolvendo viagens a diferentes localidades, a preocupação é fornecer um ambiente de aprendizado que ponha à sua disposição sempre a informação mais atualizada possível. Desta forma, o m-Learning surge como uma importante alternativa de ensino e treinamento à distância, na qual podem ser destacados os seguintes objetivos:

- Melhorar os recursos para o aprendizado do aluno, que poderá contar com um dispositivo computacional para execução de tarefas, anotação de idéias, consulta de informações via Internet, registro de fatos através de câmera digital, gravação de sons e outras funcionalidades existentes;
- Prover acesso aos conteúdos didáticos em qualquer lugar e a qualquer momento, de acordo com a conectividade do dispositivo;
- Aumentar as possibilidades de acesso ao conteúdo, incrementando e incentivando a utilização dos serviços providos pela instituição, educacional ou empresarial;
- Expandir o corpo de professores e as estratégias de aprendizado disponíveis, através de novas tecnologias que dão suporte tanto à aprendizagem formal como à informal;
- Expandir os limites internos e externos da sala de aula ou da empresa, de forma ubíqua.

- Fornecer meios para o desenvolvimento de métodos inovadores de ensino e de treinamento, utilizando os novos recursos de computação e de mobilidade.

Em particular, dispositivos de comunicação sem fio oferecem uma extensão natural da educação a distância via computadores pessoais [Lehner 2002], pois contribuem para a facilidade de acesso ao aprendizado, por exemplo, na obtenção de conteúdo específico para um determinado assunto, sem hora e local pré-estabelecidos.

3. Museus Virtuais

Kirner (2004) define realidade virtual (RV) como uma técnica avançada de interface, onde o usuário pode realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multi-sensoriais. A interface em RV envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. Através de cenários tridimensionais, é possível representar uma grande variedade de situações voltadas para diversas áreas de aplicação, tais como: excursões virtuais em mundos reais (como museus, terrenos, etc.) ou imaginários e representação de objetos (carros, máquinas, etc) ou personificações de seres reais (homem, animal, etc) ou imaginários (alienígenas). Percebe-se então que as possibilidades de interação disponíveis em ambientes de realidade virtual estão bem relacionadas com as áreas de aplicações às quais se destinam.

Como um ambiente de apoio à aprendizagem, os ambientes virtuais disponibilizam aos educadores, a oportunidade de possibilitar aos alunos o aprendizado por experimentação, pois o aluno poderá movimentar-se, ouvir, ver e manipular objetos, como se estivesse no mundo real. Dentre as principais aplicações educacionais da realidade virtual, destacam-se os museus virtuais.

Algumas iniciativas têm sido desenvolvidas com o objetivo de representar virtualmente museus do mundo real [Wojciechowski 2004; Corcoran 2002; Charitos 2001; Wazlawick 2001]. Porém, é importante salientar que a maioria dos museus encontrados na Internet, ditos virtuais, constituem-se apenas em simples páginas Web, sem recursos de realidade virtual. Desta forma, este trabalho utiliza o termo museu virtual para ambientes tridimensionais interativos que possibilitam navegação, simulação e sensação de imersão, total ou parcial. Uma das vantagens mais perceptíveis da representação virtual de museus é a possibilidade do usuário conhecer e aprender culturas de diferentes regiões sem ter de se deslocar para um museu específico. Outras vantagens também identificadas são:

- Motivação para uma maior exploração do acervo do museu, através da possibilidade de aproximação e manipulação das obras;
- Visualização e simulação de experimentos nos museus de ciências, para que os alunos possam fixar os conceitos teóricos aprendidos;
- Maior poder de ilustração já que a realidade virtual, possibilitando a visão em três dimensões, permite o emprego de múltiplas camadas de referência (profundidade, tamanho, posição, etc.) no aprendizado.

4. O museuM

O museuM consiste de um programa para dispositivos móveis que possibilita a obtenção de conhecimento sobre os acervos de museus para usuários em movimento. Recursos de realidade virtual são utilizados para simular um museu real (ou imaginário), propiciando excursões virtuais interativas e aumentando a motivação para a aprendizagem. Dispositivos móveis poderão ser utilizados no interior dos museus, funcionando como guias virtuais e fornecendo informações importantes sobre as obras. O museuM servirá para experimentação do emprego da realidade virtual em aplicações de m-Learning, e posteriormente poderá evoluir e tornar-se uma interessante ferramenta de aprendizagem nas escolas para os alunos. É importante reforçar que o museuM baseia-se na realidade virtual não imersiva, utilizando apenas a tela e as teclas do dispositivo móvel, e fornecendo de forma satisfatória um sentimento de presença aos usuários. Para atingir os objetivos apresentados, a aplicação deve atender a determinados requisitos.

Mobilidade. O usuário está em movimento e a aplicação deve poder ser usada em qualquer local e a qualquer momento, sempre que for preciso. Desta forma, não pode haver dependência dos recursos de comunicação. Antes da instalação, é necessário copiar a aplicação, que se encontra em um servidor, para o dispositivo móvel, que funciona como cliente. Após ser instalada, a aplicação deve funcionar localmente no dispositivo e independentemente de uma conexão de dados, com ou sem fio. Assim, garante-se que a aprendizagem não será interrompida em caso de ausência de comunicação. Essa comunicação pode ser a curtas distâncias, para usuários dentro do museu, ou a longas distâncias, para usuários distantes geograficamente. A Figura 1 ilustra como é realizada a transmissão da aplicação para o dispositivo móvel através de comunicação sem fio, e a Tabela 1 apresenta essas tecnologias com valores de alcance médio.

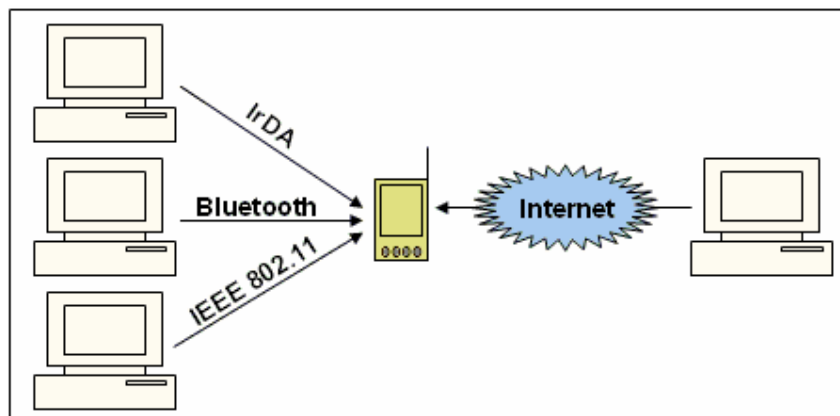


Figura 1. Tecnologias sem fio para transmissão da aplicação

Tabela 1. Distâncias para transmissão da aplicação

Tecnologia	Alcance Médio
IrDA	Até um metro
Bluetooth	Até 10 metros
IEEE 802.11b	Até 200 metros

Interatividade. Segundo Rossou (2004) a interatividade é a *raison d'être* de um mundo virtual. Nesse contexto, a interatividade está associada à habilidade do usuário escolher um caminho dentro do museu virtual, podendo navegar livremente, e manipular os objetos tridimensionais. As formas de manipulação podem ser as operações de rotação e translação e o disparo das animações específicas dos objetos.

Portabilidade (Heterogeneidade). A aplicação pode ser executada em diferentes plataformas, característica presente tanto na computação móvel como na realidade virtual [Luchini 2004; Marson 2003]. A aplicação deve ser compatível tanto com telefones celulares quanto com PDAs, suportando diferentes sistemas operacionais.

Facilidade de uso. Segundo Avellis (2003), a aplicação deve ser simples e fácil de usar, pois o usuário não tem como atividade fim a utilização da aplicação móvel, e sim através dela atingir uma determinada finalidade. Isso é importante principalmente quando é levada em consideração a complexidade de aplicações com recursos de realidade virtual. As seguintes técnicas são empregadas para proporcionar uma maior facilidade de uso da aplicação móvel:

- Minimizar a entrada de texto;
- Evitar muitos níveis de profundidade nas telas da aplicação, ou seja, uma tela que chama outra tela que por sua vez chama outra tela e assim por diante;
- Utilizar imagens para diminuir a quantidade de texto.

Informação essencial. Apesar de promoverem uma organização mais eficiente da informação, as tecnologias de computação móvel devem ser utilizadas em função das tarefas a realizar, mantendo a informação essencial e descartando a informação supérflua.

Conteúdo. A aplicação deve possuir um repositório de informações para possibilitar ao usuário um melhor entendimento do acervo do museu. Através de representação tridimensional, simulação de fenômenos do mundo real, informações descritivas e imagens, o visitante poderá compreender as obras expostas com mais detalhes.

4.1. Arquitetura da Aplicação

Para atender aos requisitos mencionados, o museuM tem uma estrutura composta basicamente por duas interfaces gráficas para interação dos usuários, e um conjunto de pacotes de classes responsáveis pelas funcionalidades da aplicação. A Figura 2 apresenta a arquitetura do museuM.

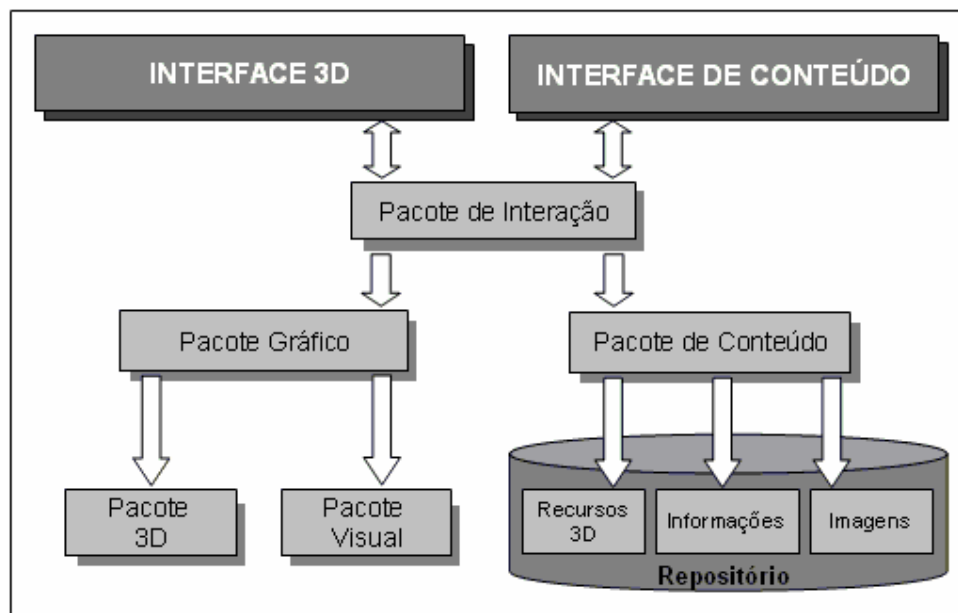


Figura 2. Arquitetura do museuM

Interface 3D. Trata-se essencialmente do mundo virtual, no qual o usuário poderá navegar livremente, interagindo com o ambiente e os objetos tridimensionais. Devido às proporções limitadas da tela do dispositivo móvel e à busca para se fornecer um ambiente virtual semelhante ao real, o mundo 3D ocupa a tela inteira do dispositivo. Dessa forma, maiores detalhes sobre as obras serão apresentados na Interface de Conteúdo. Para auxiliar a interação no cenário tridimensional três recursos visuais também compõem esta interface: apontador, para selecionar os objetos dentro do ambiente; menu, contendo as opções de interações com os objetos tridimensionais. Ao selecionar uma obra (objeto 3D) o usuário poderá interagir, disparando uma animação associada ao objeto, caso este possua, ou obter uma descrição acessando a Interface de Conteúdo.

Interface de Conteúdo. Responsável por apresentar as informações e as imagens relacionadas às obras e ao museu. Essas são apresentadas de acordo com a seleção feita pelo usuário no mundo virtual.

Pacote de Interação. Conjunto de classes responsáveis por capturar as diferentes interações do usuário, disparar as funcionalidades solicitadas e retornar os resultados para as interfaces.

Pacote Gráfico. Fornece as classes responsáveis pelas funções gráficas do museuM, para ambas as interfaces, Interface 3D e de Interface de Conteúdo. Centraliza as funcionalidades do Pacote 3D e do Pacote Visual.

Pacote 3D. Pacote com as classes essenciais para a navegação tridimensional no museuM. Responsáveis pelas funções 3D, tais como: renderização, rotação, translação, mudança do ângulo de visão virtual e detecção de colisão.

Pacote Visual. Responsável pelas funcionalidades visuais utilizadas em ambas as interfaces, tais como: menu com as interações, avisos de alertas e caixas de seleção.

Pacote de Conteúdo. Fornece as classes responsáveis pelo acesso aos recursos do museu 3D. Diretamente responsável pelo relacionamento das obras virtuais com suas respectivas informações, este pacote acessa os dados que estão no Repositório, que podem ser:

- Recursos 3D: malhas, materiais, texturas e animações do ambiente virtual;
- Informações: dados descritivos das obras do acervo do museu;
- Imagens: representações gráficas relacionadas às obras.

5. Considerações sobre a Implementação

O museuM foi desenvolvido utilizando-se a plataforma Java 2 para dispositivos móveis (J2ME - *Java 2 Micro Edition*) [Sun 2004], com o perfil MIDP (*Mobile Information Device Profile*) versão 2.0 e a configuração CLDC (*Connected Limited Device Configuration*) versão 1.1. Os principais motivos para essa escolha foram o fato de essa ser a plataforma suportada pela maioria dos dispositivos móveis e por ser baseada na tecnologia Java.

O J2ME é uma coleção de tecnologias e especificações que foram projetadas pela *Sun Microsystems* para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos de pequeno porte, especialmente com transmissão sem fio. Um dos maiores diferenciais do J2ME é a sua grande portabilidade. Diversos tipos de dispositivos móveis, como PDAs, telefones celulares e *paggers*, e os principais fabricantes suportam aplicações nessa plataforma, por exemplo: Nokia, Siemens, Motorola, SonyEricsson, HP e PalmOne. Um outro diferencial é o grande número de programadores, listas de discussão, livros e artigos em todo o mundo, o que fornece um importante apoio na programação.

Para instalação de uma aplicação J2ME existem duas opções: localmente, diretamente do computador para o dispositivo, através de transmissão com ou sem fio; ou remotamente, através das redes de telefonia móvel utilizando a tecnologia OTA (*Over-The-Air*). Nesse último caso, a transmissão é feita segundo o paradigma cliente (dispositivo móvel) – servidor, usando a rede de celular e o protocolo HTTP.

5.2. Biblioteca Gráfica 3D

Para construção do ambiente virtual utilizou-se uma API (*Application Programming Interface*) para J2ME, a M3G (*Mobile 3D Graphics API*), um pacote opcional do J2ME que permite a construção de aplicações com recursos gráficos tridimensionais. A M3G possibilita o desenvolvimento de aplicações otimizadas, que levam em consideração as limitações de processamento e memória dos dispositivos móveis.

A especificação M3G abrange jogos, animações e visualizações 3D. Uma importante característica da M3G é a definição de um formato de arquivo padrão para uso nas cenas, o .m3g. O uso desse formato de arquivo reduz o tamanho e a complexidade das aplicações e aumenta a portabilidade, através da conversão de formatos conhecidos para o .m3g. Através das primitivas gráficas disponibilizadas pela M3G, foram implementadas classes que permitem a utilização dos formatos OBJ e MD2, modelos comumente utilizados em aplicações tridimensionais.

O pacote M3G é composto por cerca de 250 métodos em 30 classes, que fornecem as primitivas gráficas 3D. A Figura 3 apresenta um exemplo do relacionamento entre classes da M3G que compõem uma típica cena 3D.

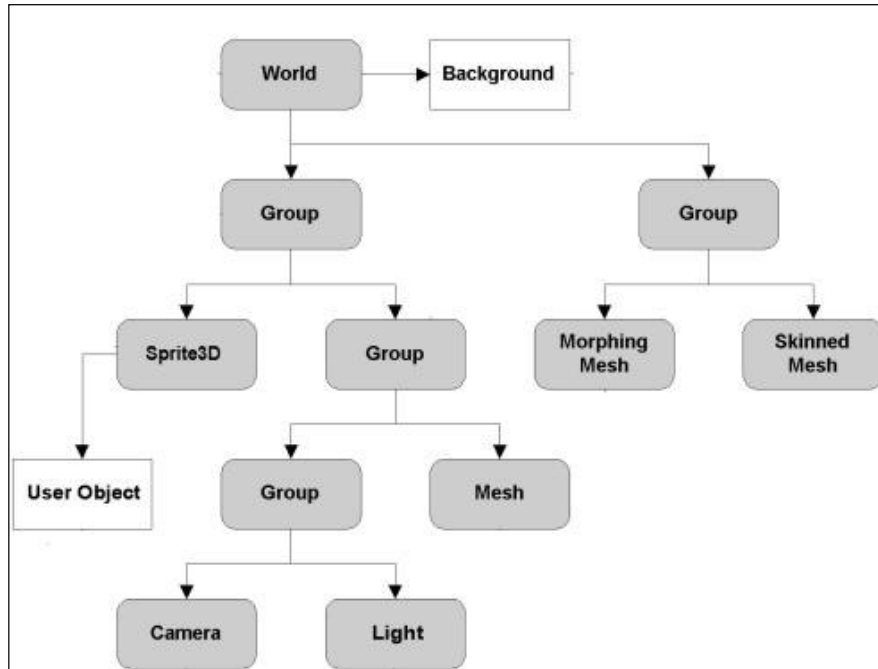


Figura 3. Classes primitivas de uma cena na M3G

5.4. O Protótipo Implementado

O museuM foi implementado sem ter como base um museu real e utilizando obras fictícias. O ambiente virtual é composto por duas salas, com quadros e uma escultura. O visitante pode navegar pelas salas, olhando para os lados, para cima e para baixo. Toda a interação é feita com a utilização das teclas do telefone celular. O usuário pode, ora movimentar-se, ora movimentar o apontador, ou ainda movimentar um objeto 3D. A seleção do objeto é feita através do apontador. Ao selecionar um objeto 3D, um menu aparece e o usuário pode escolher entre consultar uma descrição daquela obra ou executar uma animação associada, caso exista.

Com o museuM, o usuário terá uma ferramenta de apoio à aprendizagem durante às visitas aos museus, realizando consultas complementares sobre as obras. Por exemplo, ao selecionar a descrição de um quadro, será aberta uma tela contendo informações sobre aquela obra que podem não está disponíveis no museu real. Também é possível a obtenção de mais detalhes sobre uma determinada escultura, através de operações gráficas sobre o objeto 3D, como aproximação e rotação. E, utilizando o museuM, o usuário pode fazer anotações sobre as obras, que ficarão armazenadas para futuras consultas. A Figura 4 apresenta algumas telas do museuM, capturadas a partir do emulador do Wireless Toolkit (WTK) [Sun 2004].



Figura 4. a) Uma visão ampla de uma das salas do museu virtual. b) Uma visão aproximada da escultura virtual, destacando o menu com suas possibilidades de interação. c) A Interface de Conteúdo, apresentando as informações da obra selecionada.

6. Conclusões

Nesse trabalho foi apresentada uma aplicação para dispositivos móveis voltada para educação e utilizando recursos de realidade virtual, o museuM. Uma aplicação interativa, de fácil uso e que pode ser executada em diferentes equipamentos. O museuM permitiu a integração, de forma segmentada, entre o ambiente tridimensional e o conteúdo educativo, sem complicar a usabilidade da aplicação e considerando as restrições do visor do dispositivo. O museuM também apresentou formas alternativas de interação, que permitiram ao usuário poder ora navegar ora manipular os objetos, interagindo apenas com as teclas do telefone celular. Por estas razões, esta aplicação pode evoluir e tornar-se uma ferramenta de apoio às escolas e aos alunos, podendo ser usada antes, durante e depois das visitas aos museus.

Referências

- Ahonen, M.; Joyce, B., Leino, M. and Turunen, H. (2003) "Mobile Learning – A Different Viewpoint", In Kynäslähti, H & Seppälä, P. (Eds.) Professional Mobile Learning. It Press. Helsinki, p. 91-94.
- [Avellis, G., Scaramuzzi, A. and Finkelstein, A. \(2003\) "Evaluating non-functional requirements in mobile learning contents and multimedia educational software", European conference on mobile learning – MLEARN, book of papers, p.13-20.](#)
- [Bricken, M. \(1993\) "Summer Students in Virtual Reality", Wexelblat, A. \(Ed.\) Virtual Reality: Applications and Explorations. New York: Academic Press Professional.](#)
- [Charitos, D., Lepouras, G. and Vassilakis, C. \(2001\) "Designing a virtual museum within a museum", Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage, p.284-285.](#)
- [Corcoran, F., Demaine, J., Dicaire, L., Picard, M. and Taylor J. \(2002\) "Inuit 3D: An Interactive Virtual 3D Web Exhibition", Museums and the Web Conference.](#)
- [Danesh A., Inkpen K., Lau F., Shu K. and Booth K. \(2001\) "Geney: designing a collaborative activity for the Palm handheld computer", Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, p. 388-395.](#)
- [Erickson, T. \(1993\) "Artificial Realities as Data Visualization Environments", Wexelblat, A. \(Ed.\) Virtual Reality: Applications and Explorations. New York: Academic Press Professional, p.1-22.](#)
- [Göth, C., Häss,U.-P., Schwabe, G. \(2004\) "Requirements for mobile learning games shown on a mobile game prototype", Proceedings MLearn 2004 conference, Rome, Italy .](#)
- [Kirner, C. \(2004\) "Sistemas de Realidade Virtual", <http://www.dcc.ufscar.br/~grv>, dezembro.](#)
- [Lehner, F. and Nösekabel, H. \(2002\) "The Role Of Mobile Devices In E-Learning — First Experiences With A Wireless E-Learning Environment", IEEE International Workshop On Wireless And Mobile Technologies In Education \(WMTE\), p.103-106.](#)

- Luchini, K., Quintana C. and Soloway E. (2004) "Design Guidelines For Learner-Centered Handheld Tools", Proceedings Of The 2004 Conference On Human Factors In Computing Systems, p.135-142.
- Nyiri, K. (2002) "Towards a philosophy of m-Learning". Proceedings of WMTE Conference, p.121-124.
- Marson, F., Jung, C. and Musse, S. (2003) "Modelagem Procedural de Cidades Virtuais", Symposium on Virtual Reality, p.103-116.
- Myers, B. A. & Beigl, M. (2003) "Handheld Computing", IEEE Computer, 36, p.27-29.
- Oosterholt, R., Kusano, M. and De Vries G. (1996) "Interaction design and human factors support in the development of a personal communicator for children", Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, p. 450-457.
- Panitz, T. (2004) "A definition of collaborative vs cooperative learning", <http://www.lgu.ac.uk/deliberations/collab.learning/panitz2.html>", dezembro.
- Roussou, M. (2004) "Learning by doing and learning through play: an exploration of interactivity in virtual environments for children", Computers in Entertainment (CIE), Volume 2 Issue 1, p.10.
- Sun (2004) "Java 2 Platform, Micro Edition (J2ME)", <http://java.sun.com/j2me/index.jsp>, December.
- Syvänen, A., Ahonen, M., Jäppinen, A., Pehkonen, M. and Vainio, T. (2003) "Accessibility And Mobile Learning", Proceedings Of Ifip Etrain Conference In Pori, Finland.
- Wazlawick, S. (2001) "Collaborative Learning In A Virtual Museum Authoring Tool", Symposium on Virtual Reality.
- Wojciechowski, R., Walczak K., White M. and Cellary W. (2004) "Production: Building Virtual And Augmented Reality Museum Exhibitions", Proceedings Of The Ninth International Conference On 3d Web Technology, p.135-144.