

Uma Ferramenta de Autoria para o Desenvolvimento de Jogos Pervasivos Baseados em Realidade Aumentada

Carleandro O. Nólêto*

Universidade Federal Ceará

Campus do PICI, CEP 60451-970

Fortaleza – Ceará – Brasil

carleandronoleto@great.ufc.br

Windson Viana

Universidade Federal Ceará

Campus do PICI, CEP 60451-970

Fortaleza – Ceará – Brasil

windsonviana@great.ufc.br

Fernando A.M. Trinta

Universidade Federal Ceará

Campus do PICI, CEP 60451-970

Fortaleza – Ceará – Brasil

fernando.trinta@great.ufc.br

RESUMO

Dispositivos móveis possuem sensores integrados capazes de capturar informações contextuais, como a localização e o perfil de seus usuários, e repassar tais informações a servidores remotos. Sistemas ditos sensíveis ao contexto exploram essas informações contextuais para adaptar suas interfaces e conteúdos, e/ou melhorar o seu desempenho. Os jogos pervasivos são exemplos de sistemas sensíveis ao contexto que utilizam informações capturadas pelos sensores dos dispositivos, como elemento dentro da narrativa do jogo, onde desafios e objetos virtuais podem ser colocados, de acordo com o contexto do jogador, por exemplo, sua posição em uma determinada área do mundo real. Outra evolução tecnológica que permite trazer os jogos virtuais para o espaço físico do usuário é a realidade aumentada (RA). O principal objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta de autoria para tais jogos pervasivos, na qual usuários sem conhecimento de programação possam montar seus jogos, de acordo com mecânicas, personagens e elementos pré-estabelecidos na ferramenta, que por sua vez, é responsável por gerar uma versão implantável do jogo para a plataforma Android.

Categorias e Descritores do Tema

C.2.4 [Distributed Systems]: *Distributed applications*

D.2.m [Miscellaneous]: *Rapid prototyping*

K.8 [Personal Computing]: *Games*

Termos Gerais

Experimentação e Gerenciamento.

Palavras-chave

Jogos Pervasivos, Realidade Aumentada, Contexto.

1. INTRODUÇÃO

Os jogos digitais alcançaram uma posição de destaque dentro da indústria de entretenimento, mesmo diante de tradicionais indústrias do cinema e da música [1]. Estas aplicações movimentam anualmente mais de US\$ 60 bilhões, entre vendas de consoles, jogos e serviços [2]. Os jogos digitais evoluíram muito ao longo dos anos, influenciados principalmente pelos avanços tecnológicos alcançados por hardware e software. Essa evolução pode ser observada também em lojas para aplicações móveis que colocam em destaque os jogos, desde jogos casuais até jogos multiusuários. Outra tecnologia em ascensão nos dispositivos móveis e nos jogos é a realidade aumentada. O jogo ARDefender¹, por exemplo, permite que usuários interajam com objetos virtuais através de um dispositivo móvel que projeta os

¹

<https://play.google.com/store/apps/details?id=net.intl3.ardefender>

* Bolsista de mestrado do CNPQ

objetos sobre a posição de marcadores disposto no mundo real.

As pesquisas em jogos móveis digitais têm conduzido tais aplicações a novos cenários de uso. Cenários, por exemplo, nos quais os jogos incluem características do contexto dos jogadores em suas narrativas ou mecânicas, os chamados Jogos Pervasivos. Um exemplo típico desses jogos são os jogos baseados em localização. Nesse tipo de jogo, a localização do usuário é usada como parte da própria mecânica do jogo. Estes jogos podem revisitar estilos clássicos conhecidos como jogos baseados em missão, caça ao tesouro, pega-pega, ou capture a bandeira. Dentro desse cenário, ainda é permitido à aplicação da ideia de jogos com realidade aumentada, trazendo uma nova experiência ao jogador de interação com mundo virtual e real.

Há um avanço significativo em se tratando da facilidade de desenvolvimento de jogos comparado ao início dos jogos digitais, mas ainda assim, construir um jogo é um processo complexo e dispendioso. O desenvolvimento de um jogo digital envolve profissionais de diferentes ramos, como, designers gráficos para desenvolver os modelos e animações, músicos para criação de trilhas sonoras, e roteirista para desenvolver o enredo do jogo. Um jogo que utiliza informações do contexto do jogador torna-se ainda mais desafiador. Para este domínio de jogos, um engenheiro de software deve lidar com os desafios recorrentes de sistemas pervasivos: a heterogeneidade dos dispositivos móveis, os desafios da aquisição e gerenciamento do contexto (localização do usuário, perfil, atividade, presença de outras pessoas por perto, etc.); da adaptação contextual do sistema e da descoberta de serviços [3]. Soluções que permitam amenizar essas dificuldades do desenvolvimento tornam-se úteis, em especial, as ferramentas de autoria que são focadas em usuários que nem sempre necessitam possuir conhecimentos aprofundados de programação.

Este trabalho tem por objetivo, conceber uma ferramenta de autoria capaz de criar jogos que utilizem a localização do jogador, ao mesmo tempo aplique a realidade aumentada apresentando imagens, vídeo e objetos em 3D. Dentre os objetivos dessa ferramenta é que ela forneça a possibilidade de não programadores das mais diversas áreas, como professores de história, geografia, biologia, ou mesmo pessoas diferentes dessas aqui citadas possam criar seus próprios jogos.

As próximas seções deste trabalho estão divididas em fundamentação teórica, que expõe as definições de jogos pervasivos e suas vertentes baseadas em localização e realidade aumentada. Em seguida, as seções metodologia e projeto da ferramenta mostram os passos seguidos para desenvolvimento da ferramenta proposta.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Jogos pervasivos concebem outras formas de interação e entretenimento além daquelas disponíveis em computadores ou consoles, permitindo que jogadores possam se deslocar e interagir de diferentes formas, utilizando-se de diversos

dispositivos e tecnologias de comunicação [4]. O cenário desse tipo de software é um ambiente real, como um prédio, uma escola ou até mesmo uma cidade, de forma semelhante a antigos jogos tradicionais (captura de bandeira, perseguição) [5].

Segundo Walther, jogos pervasivos possuem características de ter seu espaço ampliado, de maneira que, utiliza tanto do espaço virtual como do real [6]. Jogos pervasivos podem incluir ainda, sistemas que se adaptam em tempo real ou mesmo sistemas de informação, com objetivo de garantir ao jogador os procedimentos executados pelo jogo em um ambiente pós-tela [7]. Nestas aplicações, combinações com o mundo real e o virtual são iminentes. Tais combinações buscam sempre a utilização de inovações tecnológicas para a captura de informações do mundo real, e os incorporam como elementos influentes no mundo virtual do jogo. O Bluetooth [20] e o Treasure-Hit [21] são exemplos de jogos pervasivos. O Treasure-Hit, por exemplo, é um jogo de caça ao tesouro que utiliza a localização do usuário no mundo real para indicar quando o jogador se aproxima ou não do objeto procurado. Já o Bluetooth é um jogo que acontece dentro de um aeroporto real, utilizando apenas dispositivos móveis com Bluetooth para comunicação, onde o jogador tem que esconder seus objetos virtuais (dentro do jogo são drogas) e depois procurar outros objetos de pessoas que estejam participando do jogo.

2.1. Realidade aumentada

A Realidade Aumentada (RA) é uma evolução científica e tecnológica que permite trazer os jogos virtuais para o ambiente real do usuário, potencializando os jogos através de uma maior capacidade de visualização e interação com os elementos virtuais. Segundo alguns autores, a RA pode ser considerada como um processo onde um usuário visualiza o mundo real com suas informações sobrepostas e alinhadas com a visão do mundo virtual [8]. A RA é uma parte da realidade mista, onde ambos os ambientes virtuais, chamados também de realidade aumentada e virtual aumentada, acrescentam objetos virtuais aos objetos reais. Sendo que a RA fornece virtualidade local, considerando não somente a artificialidade, mas também o transporte do usuário para dentro do cenário virtual [8].

Segundo Azuma [9], um sistema de RA deve: combinar objetos virtuais e reais dentro de um mesmo ambiente real, alinhar objetos reais e virtuais entre si e executar de forma interativa em três dimensões e em tempo real. Isso acaba por permitir que os usuários acessem diversos formatos de informação digital relacionados a lugares, objetos ou pessoas. O acesso à informação e o aumento da realidade em um ambiente físico e digital é também uma característica a ser explorada em jogos pervasivos, por isso, o interesse no potencial dessa tecnologia.

2.2 Jogos móveis locais

Uma forte influência na criação de jogos pervasivos decorre da concepção de mídia locativa. A expressão mídia locativa foi utilizada pela primeira vez no ano de 2003, em uma discussão do Locative Media Lab, que por sua vez era uma rede mundial de pesquisadores que tinham sua pesquisa voltada a dispositivos, aplicações e serviços móveis [11]. De uma forma mais ampla e com a intenção de uma definição mais específica sobre mídias locativas, o pesquisador Hemment afirma que:

“Mídias locativas usam dispositivos de computação portáteis, conectados e sensíveis ao ambiente para que usuários realizem mapeamentos e intervenções artísticas nas quais o espaço geográfico se torne sua tela” [10].

Kiefer [11] define Jogos baseados em localização como jogos que fazem uso de tecnologias de localização e que agregam a posição de seus jogadores, nas regras do jogo. Tais jogos requerem no mínimo dois requisitos básicos: capacidade de obter a localização de um jogador e aplicar as informações

obtidas nas regras do jogo. Os jogos baseados em localização podem ser considerados uma subcategoria de jogos pervasivos [12].

2.3. Ferramenta de Autoria

Uma ferramenta de autoria para criação de jogos pervasivos deve permitir que seus usuários criem aplicações usando um conjunto de elementos pré-configurados (e.g., mecânicas, personagens). Importante colocar que a manipulação dessas ferramentas deve ser fácil, para que usuários que não tenham conhecimento de programação possam utilizá-las [13], não fazendo o uso obrigatório de uma linguagem de programação para a concepção de jogo. Um exemplo notório de ferramenta de autoria é do APP Inventor do Google, pois possui uma interface amigável e de fácil usabilidade. Permite que usuários criem suas aplicações móveis com pouco ou nenhum conhecimento de programação.

3. METODOLOGIA ADOTADA

Este trabalho de mestrado teve seu início com o levantamento bibliográfico das principais definições de jogos pervasivos bem como o estudo das ferramentas de autoria disponíveis, que utilizam a localização do usuário com realidade aumentada para desenvolvimento de jogos. O passo seguinte foi um levantamento de requisitos que um jogo com tais características deveria ter. Este levantamento utilizou a técnica de grupo focal para refinar os requisitos desta pesquisa [14]. O principal objetivo do grupo focal é identificar as percepções, sentimentos, atitudes e ideias dos integrantes do grupo a respeito de um determinado assunto, produto ou atividade [14]. A reunião para realização do grupo focal foi realizada em uma única sessão de sessenta e três minutos com cinco participantes, três participantes são professores do curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará e outro professor atua no curso de Ciência da Computação da mesma universidade. O último participante é um profissional com experiência em design, modelagem de objetos em 3D e desenvolvimento de jogos Web.

Com o grupo focal, foi possível fazer uma análise de diferentes pontos de vista sobre a temática de jogos pervasivos. Os primeiros cinco minutos da reunião do grupo focal foram utilizados para esclarecimento sobre o tema deste trabalho. Na continuação da reunião, foi realizada uma discussão, na qual um roteiro guia foi utilizado para extrair ao máximo as informações necessárias para o levantamento de requisitos de jogos que fizessem uso de localização do usuário e realidade aumentada. No grupo focal, ficou evidente que um jogo com essas características deveria ter especificações para cada jogador, dentro da narrativa do jogo, como por exemplo: um jogador assumir um personagem, como um atirador, médico ou implantador de bombas. Um dos participantes citou que um jogo desse gênero, poderia ser estilo Counter Strike, um jogo de estratégia em que cada participante tem seu papel definido dentro da sua equipe. Um fato evidente, é o potencial que realidade aumentada proporcionará aos jogos criados na ferramenta, no momento em que suportará a visualização de objetos em 2D e 3D.

Com o objetivo de investigar os desafios tecnológicos para a criação deste tipo de jogo, nossa equipe de pesquisa tentou simular um jogo locativo baseado em Quests que integrasse também mecânicas baseadas na coleta de objetos de realidade aumentada. Para tal foi necessário a utilização de quatro softwares distintos, sendo eles, Tidy City que é uma ferramenta que captura a localização do jogador e pontua a medida que o mesmo vai explorando os lugares [19]. O Layar para a inserção de objetos em 2D, como vídeo e imagens, e para as imagens em 3D foi utilizado o Wikitude, e por último para que se tivesse

uma comunicação entre os jogadores foi utilizado Life360. Percebeu-se que a integração dessas funcionalidades em uma única ferramenta traria maior agilidade e flexibilidade na criação dos jogos.

Na próxima etapa desse trabalho será realizado um novo grupo focal com profissionais que tenham experiências no desenvolvimento de jogos, para obter os requisitos necessários para essa ferramenta de autoria. Por exemplo, como configurar as mecânicas disponíveis, importar cenários e objetos para realidade aumentada, definir as regras do jogo e os comportamentos eventuais dos jogadores.

4. PROJETO DA FERRAMENTA

Nesse trabalho, espera-se desenvolver uma ferramenta que seja capaz de criar jogos pervasivos e ao mesmo tempo possa monitorar e controlar o estado dos jogos que venham a ser armazenados pela mesma. Os desenvolvedores utilizarão um browser para definição e construção dos seus jogos pervasivos. Essa ferramenta tornará possível que o usuário edite e remova as tarefas ou desafios associados à narrativa do jogo e associe essas tarefas às mecânicas e aos recursos disponíveis na ferramenta. Dentre os recursos, se espera fornecer a possibilidade de adicionar ou remover objetos em 2D ou 3D que produzirão no jogo gerado a utilização da realidade aumentada nos dispositivos móveis utilizados pelos jogadores.

O primeiro protótipo de tela da ferramenta foi desenvolvido com objetivo de encontrar os primeiros desafios no seu desenvolvimento, levando em consideração alguns requisitos necessários para os jogos levantados pelo grupo focal, como a localização no mundo real no qual o jogo ocorrerá. Esse protótipo está dividido em basicamente duas partes: a primeira tela é o menu que lista todos os recursos em relação a criação e dinâmica aplicada pelo desenvolvedor em seu jogo, como sugerido na Figura 1; a segunda tela é um conjunto de funcionalidades que poderão ser usados com intenção de tornar mais fácil a manipulação de locais pelos desenvolvedores.

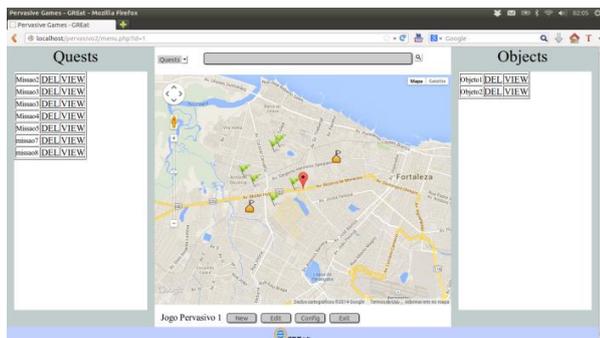


Figura 1. Protótipo de tela da ferramenta autoria

Nesse primeiro protótipo, já é possível encontrar algumas funcionalidades como, a inserção de objetos em 2D como imagens e os locais onde devem aparecer esses objetos para usuários, levando em consideração a latitude e longitude. Após realizar login na ferramenta, são listados os jogos criados pelo usuário, permitindo criar um novo jogo, alterar ou inserir novas missões.

A sua arquitetura esta dividida em três partes, são elas: editor, servidor, cliente (aplicação do jogador). A primeira respectivamente será onde o desenvolvedor disponibilizará de uma interface gráfica, como mostra a figura 1. No editor terá opção de grupos que ficará dividindo os tipos de jogadores, como por exemplo, do pega-pega que é composto por dois grupos: os ladrões e os policiais. Cada grupo terá suas missões

que serão tarefas obrigatórias aos grupos que fornecerá uma pontuação ou mesmo a vitória, e os extras por vez serão tarefas que acrescentarão pontos adicionais (bonificação) ou poderá deixar os jogadores mais “fortes” do que outros. A figura 2 apresenta a primeira concepção da arquitetura.

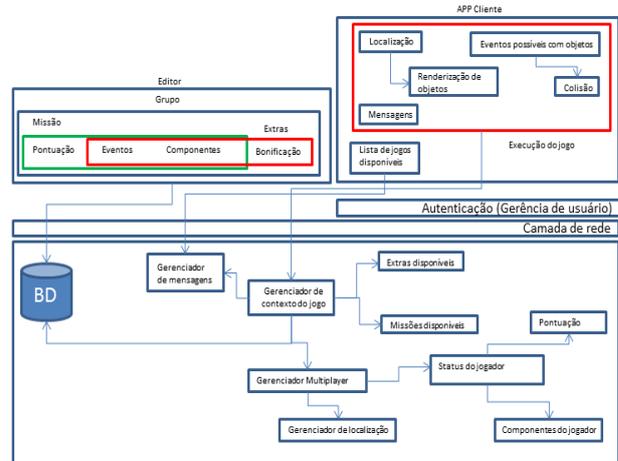


Figura 2: Arquitetura da Ferramenta de Auditoria

A segunda parte da arquitetura é a aplicação do jogador (APP Cliente), que poderá acessar a lista de jogos disponíveis criados pela ferramenta. Ao iniciar um jogo, essa aplicação será responsável por capturar o contexto do usuário (a localização), em seguida renderização dos objetos.

A terceira parte da arquitetura é o servidor, onde ficarão armazenados todos os dados dos jogos e dos jogadores. Essa camada será responsável por gerenciamento de todas as execuções de jogadores, desde o compartilhamento de mensagens a localizações e eventos disponíveis para cada jogador.

Para a avaliação desse trabalho será utilizado a ISO 9241-110 [15], que estabelece princípios ergonômicos de projetos, e com isso pode-se verificar a usabilidade da ferramenta. Outra parte da avaliação se dará com a implementação de alguns jogos nessa ferramenta que deveram apresentar missões em locais determinados pelos seus criadores e apresentar objetos de realidade aumentada. Dentro da narrativa do jogo os jogadores ainda terão que assumir personagens especificações.

Para os testes de usabilidade e validação, serão utilizados questionários com os jogadores, para uma análise dos resultados obtidos e de possíveis melhorias para tanto na interface da aplicação como da interação com os jogos disponíveis.

5. TRABALHOS RELACIONADOS

ARIS Games (Realidade Aumentada e Narrativa Interativa) é a ferramenta que mais se aproxima dessa proposta, pois permite adicionar objetos virtuais em 2D, como imagens e vídeos. Os jogos criados na ARIS Games são executados pelos seus usuários em dispositivos com sistema operacional iOS 4.0. Essa ferramenta possui um editor, que é onde realmente acontece a criação do jogo, possibilitando também a criação e edição de missões, que são chamadas de “quests”. O ARIS possibilita o compartilhamento, a edição de games, inclusão/remoção de objetos e a colaboração entre vários autores para construção de jogos [16].

Outra ferramenta é o fAR-PLAY que por sua vez busca proporcionar o desenvolvimento de jogos, que tenham como parte de seus requisitos um ambiente real. Uma desvantagem no uso do fAR-PLAY é que os jogadores que desejarem fazer uso das aplicações que tiver incluso o uso de realidade aumentada, terão que inserir previamente o uso dos marcadores antes do

início do jogo, nos locais em que acontecerá as atividades dos jogadores [17]. Na ferramenta aqui proposta os objetos poderão ser apresentados para jogadores baseados em sua localização.

Uma terceira ferramenta é a ALRA, seu funcionamento é baseado na ARIS Game, onde os criadores dos jogos podem compartilhar jogos para todos os jogadores ou para um grupo específico. O diferencial ALRA é que o idealizador dessa ferramenta teve por objetivo facilitar sua manipulação, para que uma pessoa com conhecimentos básicos na utilização de um computador pudesse utilizá-la. Porém não apresenta a quantidade de recursos comparados com a ARIS Game [18], como poder adicionar evento de aparecer um vídeo quando o jogador está em um determinado lugar, dentre outros recursos.

A outra ferramenta encontrada na pesquisa até o presente momento é o Tidy City. A criação dos jogos acontece em duas etapas, utilizando as aplicações: Ticy City Scout e Web Authoring. A primeira ferramenta é aplicada em dispositivos móveis com sistema operacional Android, permitindo adicionar fotos, títulos e notas para os enigmas no local, utilizando sensores do próprio aparelho. O Web Authoring é um site usado para criar novas missões, concluindo as missões definindo a linguagem, a descrição e as fronteiras para a área da missão [19].

Para participar de uma missão, primeiramente o usuário deve se cadastrar. Feito o cadastro, o usuário terá uma lista de missões disponíveis, onde poderá escolher uma e baixá-la para seu dispositivo, podendo dar início a missão, e a solução de enigmas ainda não resolvidos. Nas ferramentas listadas, nenhuma permite adicionar objetos em 3D, limitando assim aos criadores dos jogos que utilizam-se dessas ferramentas, aplicar apenas objetos em 2D. Outra característica é o fato de não poder especificar quais papéis cada jogador poderá ter durante a narrativa dos jogos criados pelas ferramentas citadas acima, fato esse que foi levantado pelo grupo focal como algo bem relevante em um cenário de jogo que fizesse uso de localização.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa proposta de Mestrado objetiva-se a construção de uma ferramenta de autoria de jogos pervasivos que incorpore facilmente o uso de Realidade Aumentada na mecânica dos jogos gerados. Este artigo descreve as ideias iniciais de concepção da ferramenta e os tipos de jogos que se deseja desenvolver. Em curto prazo está previsto a realização de um novo grupo focal para o levantamento dos requisitos específicos da ferramenta de autoria. Durante o processo desenvolvimento faz-se necessário uma evolução da arquitetura proposta nesse trabalho. Por fim, experimentos para a criação de jogos serão realizados para avaliar a usabilidade da ferramenta proposta.

7. REFERÊNCIAS

- [1] NERY, M. Fundamentos de Jogos Digitais. 1ª ed. p. 163. Minas Gerais. 2013.
- [2] Cole, David. "DFC Intelligence Releases New Market Forecasts For Video Game Industry." DFC Intelligence. 04.Sep. 2013. Disponível em: <<http://www.dfcint.com/news/prsep222004.html>> Acesso em: 21 Abr. 2014.
- [3] ARAUJO, R. B. Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios. XXI Simpósio Brasileiro de redes de Computadores. p. 45-115. 2012.
- [4] PEDROSA, D.V. Jogos Multiplataforma Multiusuário – 2006. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
- [5] TRINTA, F. A. M. Definindo e Provendo Serviços de Suporte a Jogos Multiusuário e Multiplataforma: Rumo à Pervasividade. 2007, 188 f. Tese (doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2007.
- [6] WALTHER, B. K. Reflections on the methodology of pervasive gaming. *Proceedings of the 2005ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* Valencia, Spain, 2005.
- [7] BENFORD, S.; MAGERKURTH, C.; LJUNGSTRAND, P. Bridging the Physical and Digital in Pervasive Gaming. *Communications of the ACM*. Vol. 48, n. 3. p. 54-57. March. 2005.
- [8] VAN KREVELEN, D.; POELMAN, R. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual Reality*. Vol. 9. n. 2. p. 1-20. 2010.
- [9] AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality - UNC Computer Science. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), 355-385.
- [10] HEMMENT, D. Locative Arts. 2004. Disponível em: <<http://socialinterface.files.wordpress.com/2007/12/locativearts.pdf>> Acessado em 05 Jan. 2014
- [11] KIEFER, P.; MATYAS, S.; SCHLIEDER, C. Systematically Exploring the Design Space of Location based Games. In *Pervasive 2006 Workshop Proceedings*, Springer-Verlag, pag 183-190. 2006
- [12] MONT'ALVERNE, A. C. A. Jogos móveis locativos: uma proposta de classificação. *Contemporânea*. ed.19. vol.10. n1. 2012.
- [13] WANG, A.I; JURGELIONIS, A; GUO, H. Designing Enhanced Authoring Tools for pervasive Games. 3rd Workshop on Mobile Gaming. p. 8-11. 2012.
- [14] DIAS, C.A. Grupo Focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. *Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação)* - Universidade de Brasília.
- [15] ISO 9241. Ergonomic of human-system interaction. Part 110 Dialogue principles; Draft International Standard ISO, 2006.
- [16] Basic Structure of ARIS - ARIS - The Manual. 2013. Disponível em: <<http://manual.arisgames.org/documentation/basic-structure-of-aris>> Acesso em: 12 Fev. 2014.
- [17] Far-Play - Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Far-Play>> Acesso em: 12 Fev. 2014
- [18] RAFALSKI, J. P., SANTOS, O. L., MENEZES, C. S., Um Editor Colaborativo para Descrição de Aventuras Pedagógicas Locativas com Realidade Ampliada. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*. p. 283-288. 2013.
- [19] WETZEL, R.; BLUM, L.; OPPERMAN, L. Tidy City – A location-based game supported by in-situ and web-based authoring tools to enable user-created content. 2012. *ACM Digital Library. Anais da Conferência Internacional sobre as fundações de Jogos Digitais*. p. 238-241.2012.
- [20] Conor Linehan, Ben Kirman, Shaun Lawson, and Mark Doughty. 2010. Blowtooth: pervasive gaming in unique and challenging environments. In *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '10)*.
- [21] Kohen-Vacs, D., Ronen, M., & Cohen, S. (2012). Mobile Treasure Hunt Games for Outdoor Learning. *IEEE Technical Committee on Learning Technology*, 14(4), 24–26.