

Aplicações de Realidade Aumentada no Canteiro de Obras

Proposta de utilização na visualização de projetos de instalações para a execução

Jonas H. G. de Assis

Universidade Federal de Pernambuco
jonas.henrique@ufpe.br

Max L. V. de Andrade

Universidade Federal de Pernambuco
maxandrade73@gmail.com

Mikael M. de S. A. Brochardt

Universidade Federal de Pernambuco
kall_muller@outlook.com

Abstract

A Realidade Aumentada tem um grande potencial a ser explorado no campo da construção civil. A criação de modelos tridimensionais nas fases de projeto é capaz de fornecer à Realidade Aumentada subsídios para ser implementada sem grandes custos. Este artigo analisa a adequação da Realidade Aumentada ao canteiro de obras, buscando técnicas mais adequadas a esse uso. Demonstra como soluções de *markless tracking* são capazes de aprimorar essa experiência. Analisa também as possibilidades de uso no canteiro, além de testar de modo prático sua utilização para a visualização de projetos de instalações prediais.

Keywords: Canteiro; Marcadores; Modelo; Realidade aumentada; Visualização

Introdução

O recente desenvolvimento das tecnologias computacionais tem impactado consideravelmente o projeto e a execução de edifícios. O uso do *Computer Aided Design* (CAD) no desenvolvimento de projetos de arquitetura, por exemplo, já causou impactos consideráveis na produtividade do processo de projeto quando comparado ao método tradicional de desenho manual (Scheer, Ito, Ayres Filho, Azuma & Beber, 2007). Embora o CAD represente simplesmente a evolução das ferramentas de desenho, como que oferecendo aos projetistas um conjunto mais avançado e flexível de lápis e régua, a simples possibilidade de armazenar e visualizar a informação de modos mais variados e reverter facilmente decisões de desenho já causa mudanças relevantes no processo de concepção e execução de projetos (Picon, 2013). Sendo assim, o uso de tecnologias mais avançadas, como a modelagem tridimensional e o *Building Information Modeling* (BIM) impactam ainda mais em todo o processo. Já é evidente que o conceito de edifício virtual tridimensional, presente nessas tecnologias, é positivo para a fase de projeto, uma vez que a própria modelagem tridimensional dos sistemas prediais em um ambiente virtual compartilhado permite ao projetista uma leitura mais real do projeto em desenvolvimento, limitando a ocorrência de erros relacionados às limitações da representação bidimensional.

Os ganhos obtidos com o uso de modelos virtuais vão além da fase de concepção de projeto, uma vez que visualizações menos simbólicas e mais próximas da experiência espacial real facilitam a compreensão do projeto. Tendo por foco a apreensão do espaço arquitetônico, Bruno Zevi, afirma que plantas, cortes e até fotografias são incapazes de transmitir plenamente o espaço arquitetônico, sendo necessária a experiência natural do deslocamento físico e visual pelo espaço (Zevi, 2009). A tecnologia de Realidade Aumentada

(RA) propicia esse tipo de experiência ao sobrepor modelos digitais ao mundo real, numa visualização realista controlada de modo natural. Porém, embora já se produzam amplamente modelos tridimensionais que possuem potencial de uso em RA nas fases de projeto, estes têm sido simplificados a representações bidimensionais para o uso em canteiro de obra. A dificuldade em implantar mudanças desse tipo na construção civil brasileira reflete sua resistência a mudanças. Essa resistência é notada, por exemplo, no uso ainda limitado do BIM no país, apesar do sucesso obtido em outras localidades (Souza, Amorim & Lyrio, 2009). A capacidade da RA de explorar esse potencial existente nos modelos atualmente descartados após a fase de projeto a torna uma tecnologia a ser explorada no campo da construção civil.

Metodologia

Este trabalho busca trabalhar a adequação da RA à situação específica do uso em canteiro de obras. Se desenvolve inicialmente pela apresentação da tecnologia, seguida por uma análise das incompatibilidades iniciais ao uso em canteiro de obras acompanhada de propostas para esta adequação. Com o objetivo de tornar a análise mais prática, o trabalho terá enfoque no uso de RA na visualização de projetos de instalações prediais em áreas molhadas, como cozinhas, áreas de serviço e banheiros, embora o potencial da RA na construção civil se estenda a diversas outras situações. Como reflexo da etapa inicial de testes da tecnologia, será apresentado uma experiência simplificada que permita verificar a real aplicação da tecnologia ao uso proposto e perceber as adequações necessárias.

Tecnologia

A Realidade Aumentada compõe juntamente com a Virtualidade Aumentada o campo de conhecimento da Realidade Misturada. Esse conceito consiste em unir na mesma visualização o espaço virtual e o espaço real, permitindo adicionar ao mundo real objetos virtuais ou adicionar ao mundo virtual objetos reais. A Realidade Misturada é um subcampo da Realidade Virtual (Milgram & Kishino, 1994)

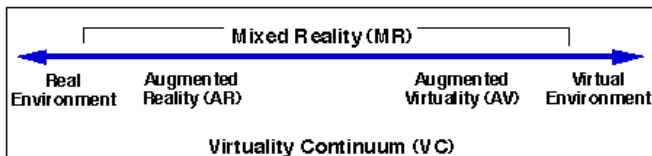


Figura 1: Realidade Misturada e a Virtualidade Contínua (Milgram & Kishino, 1994)

A RA aumenta a percepção do usuário da realidade por submetê-lo a situações inexistentes no mundo real de modo muito próximo à experiência real. Desse modo, torna-se possível, por exemplo, ampliar a capacidade da visão humana, ao tornar visível elementos virtuais. Na aplicação à construção civil, por exemplo, a RA pode ser capaz de exibir ao usuário de um edifício a localização exata das tubulações do prédio, ainda que estas estejam localizadas no interior de uma parede. Nesse caso, a RA usará o modelo utilizado para a construção do edifício para tornar visível ao usuário informações ocultas de outro modo. A RA é capaz de preservar o senso natural de presença em um espaço enquanto adiciona a elementos do mundo virtual (Tori, Kirner & Siscoutto, 2006).



Figura 2: Exemplo de visualização em Realidade Aumentada (Autoria própria).

A RA usa técnicas de rastreamento para localizar com precisão os objetos virtuais no mundo real. Esse procedimento permite definir continuamente a posição em

que o objeto virtual deve ser adicionado à cena real. Em sistemas interativos, esse rastreamento também é utilizado para registrar a posição e os gestos do próprio usuário. Para esse fim podem ser usadas diversas tecnologias, como sensores infravermelhos e sistemas de posicionamento global (GPS), embora essas técnicas representem soluções dispendiosas (Bimber & Raskar, 2005, as cited in Cupers Schmid, Freitas & Ruschel, 2012). Desse modo, o rastreamento ótico mostra-se uma solução bastante acessível. Nesse caso, a aplicação de realidade aumentada utiliza uma câmera para localizar um padrão visual determinado que passa a ser usado como referência para a localização do modelo digital na visualização. O marcador pode ser do tipo fiducial, quando possui um padrão gráfico preto e branco facilmente identificável ou do tipo natural, quando for definido por uma imagem fotográfica do ambiente real (Cupers Schmid et al., 2012).



Figura 3: Exemplo de marcadores fiduciais (Autoria própria).

Aplicações

A utilização de soluções de RA no canteiro de obras pode ser encarada como a exploração de um potencial atualmente desperdiçado, uma vez que os modelos tridimensionais utilizados nessas aplicações muitas vezes já são produzidos durante o projeto, sendo descartados após a geração de documentação para a obra. Especialmente no caso do BIM, o projeto de instalações prediais é realizado no ambiente tridimensional do edifício virtual. Assim, o projeto de instalações já existe em meio virtual representado de modo tridimensional, sendo possível utilizá-los em aplicações de RA. A leitura dos projetos de instalações por meio da RA apresenta como benefícios a maior clareza da informação e a redução das ambiguidades do projeto representado de modo bidimensional. Desse modo, é possível visualizar de modo imersivo na obra a localização e as informações relacionadas à tubulação de água fria, por exemplo. A depender da precisão obtida, essa técnica pode ser utilizada na própria execução dos serviços, em substituição a plantas impressas. Em outra possibilidade, a RA pode ser utilizada na checagem de execução pós-obra, aferindo se os pontos hidráulicos foram instalados em suas localizações corretas, por exemplo.

Dificuldades

O uso de RA com rastreamento ótico no canteiro de obras enfrenta algumas dificuldades técnicas. Uma vez que a visualização se baseia na leitura do ambiente em sua volta, por vezes em busca de marcadores, utilizar essa técnica em um ambiente como o canteiro de obras torna-se complicado. Por se tratar de um espaço literalmente em construção, fixar um marcador impresso no espaço torna-se uma tarefa complexa. O uso proposto neste trabalho, direcionado à execução das instalações prediais, minimiza alguns desses problemas, uma vez que ocorre após o avanço da construção do edifício. Apesar disso, as informações das instalações muitas vezes são necessárias durante o próprio trabalho de alvenaria, dificultando a locação de marcadores. Além disso, ainda que já existam paredes para a locação de marcadores, seu uso não é completamente adequado ao canteiro de obras. Serviços como reboco e assentamento de cerâmica, por exemplo, provavelmente tornarão necessária a remoção do marcador e, embora ele possa ser reposicionado posteriormente, essa mudança aumenta as chances de ocorrência de erros. De fato, a própria necessidade de localizar precisamente o marcador físico no ambiente antes da execução dos serviços mostra-se problemática ao ser pouco prática e sujeita a erros.

Além disso, o rastreamento ótico com marcadores fiduciais, parece ser mais adequada à visualização de pequenos modelos. Uma vez que no caso da visualização de instalações em pequenos ambientes internos o observador localiza-se virtualmente inserido no modelo, percorrer e girar nesse espaço acaba por impossibilitar a locação completa do modelo. No caso do uso de um marcador para local todo o modelo, o giro do dispositivo é capaz de tirá-lo do campo de visão da câmera.

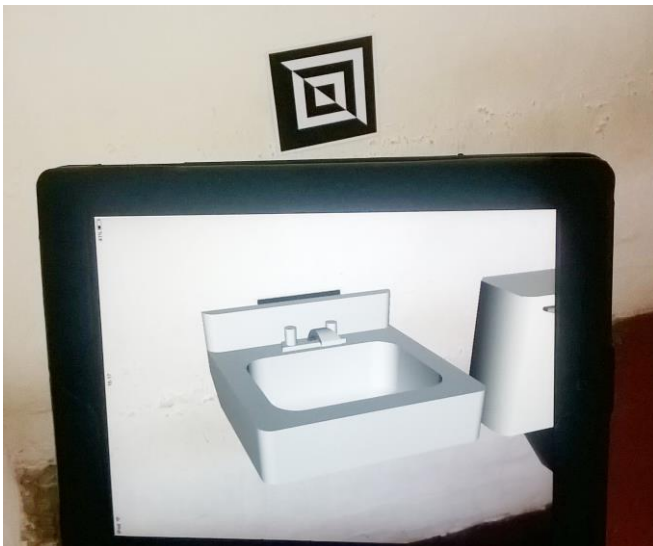


Figura 4: Visualização em RA de um modelo extenso com um marcador único (Autoria própria).



Figura 5: A visualização é interrompida com a retirada, ainda que parcial, do marcador da visão da câmera (Autoria própria).

Alternativas

Inicialmente, existe em RA a possibilidade de utilizar vários marcadores ao mesmo tempo, de modo que cada marcador faça referência a um modelo distinto. Para a utilização em canteiro de obras, conjectura-se a possibilidade de fazer com que estes vários marcadores façam referência a várias partes de um mesmo modelo completo das instalações prediais, ou que sejam utilizados recortes de um mesmo modelo de modo que cada um esteja referenciado a um marcador distinto. Desse modo, é possível definir a quantidade e a localização ideal de tais marcadores de acordo com o alcance do campo de visão da câmera utilizada. Outra possibilidade levantada trata do aumento do campo de visão da câmera por meio da utilização de uma objetiva grande-angular. Nesse caso, o campo de visão do dispositivo é ampliado, tornando possível a utilização de poucos marcadores. Evidentemente, nesse caso, seria necessário o processamento em tempo real das imagens de modo a fornecer ao usuário uma visualização sem as distorções causadas pela lente especial. Assim, a função da objetiva grande-angular estaria limitada à parte técnica da aplicação, não afetando a experiência do usuário. Ainda assim, nesses casos, as complicações relacionadas à locação de marcadores na obra permanecem.

Diante dessas questões, o rastreamento pode ser considerado um dos maiores desafios no desenvolvimento da RA atualmente (Cupers Schmid et al., 2012). Além da exata locação dos marcadores, questões relacionadas à quantidade de luz, por exemplo, representam dificuldades importantes no caminho para uma experiência plena em RA. Desse modo, soluções de RA utilizando *markless tracking* mostram-se mais promissoras e adequadas a esse uso específico, embora representem uma técnica ainda incipiente. Ao dispensar o uso de marcadores, essas alternativas mostram-se mais versáteis e práticas (Bimber & Raskar, 2005, as cited in Cupers Schmid et al., 2012).

Uma das opções de rastreamento para RA sem uso de marcadores fiduciais explora a combinação de técnicas

manuais e computacionais. Tais sistemas, solicitam do usuário uma interferência manual para fazer o ajuste inicial da RA. A aplicação pode, por exemplo, solicitar do utilizador o posicionamento do dispositivo de modo a coincidir a geometria virtual com a geometria do espaço físico, utilizando essa informação inicial para permitir a posterior movimentação do modelo. O sistema chamado SitePack é um exemplo dessa técnica. Esse sistema utiliza um *tablet* dotado de câmera e caneta para registrar a orientação do modelo. Nesse caso, o aplicativo solicita que o usuário, utilizando a caneta, faça a correspondência de algumas linhas do modelo digital com a imagem real visualizada pela câmera. Após isso, a sobreposição ocorre normalmente com o modelo locado sem a utilização de marcadores. (Nielsen, Kramp & Grønbaek, 2004). Essa alternativa elimina a necessidade da utilização de marcadores, pois, em termos práticos, este é gerado em tempo real pela captura das imagens do espaço físico. A solução mostra-se especialmente adequada ao uso de RA em situações onde a geometria é conhecida, mas a aparência é variável, como no caso da utilização em canteiro de obras. Imagina-se que esta solução possa ser adaptada ao uso prático em canteiro de obras por solicitar do usuário a locação do modelo fornecendo a ele um modelo de arestas do espaço, de modo que este se mova pelo local em busca do ângulo solicitado, e acuse a correspondência das linhas por meio de um comando simples como um toque na tela. Desse modo, a locação torna-se prática e exige o mínimo de interação do usuário, sendo mais adequada nesse caso que a entrada de informações gráficas utilizando uma caneta.

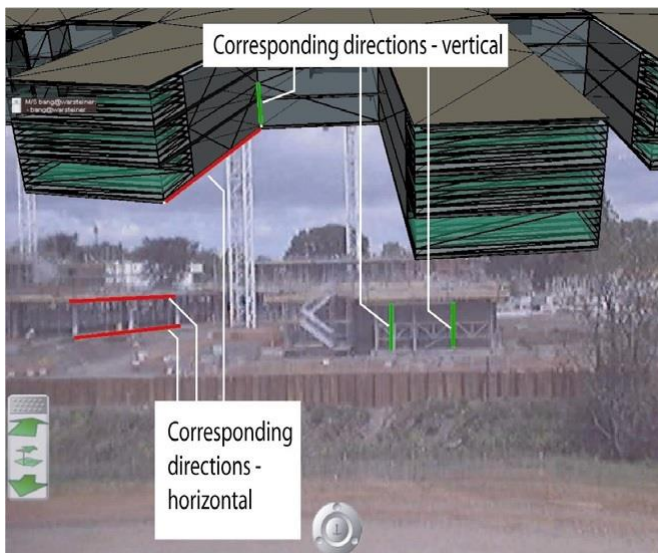


Figura 6: Interface de entrada das informações de locação do modelo no SitePack (Nielsen et al., 2004)

Outra solução de RA que pode ser trabalhada nesse caso específico é o *Markless Augmented Reality* (MAR). Essas técnicas também dispensam o uso de marcadores fiduciais. Fazem isso por serem capazes de ler a geometria do modelo através do processamento de imagens capturadas por uma câmera simples. Nesse caso, o uso de marcadores é completamente substituído e os elementos virtuais são locados na visualização através da leitura do espaço. Na MAR qualquer parte do ambiente real pode ser usada como

marcador, a fim de locar o modelo. Além de locar o modelo, existe nesse caso a possibilidade de realizar o levantamento de informações do espaço real, uma vez que o software estará na verdade realizando a comparação da imagem visualizada pela câmera com a imagem tridimensional do modelo. Nesse caso, soluções de checagem e comparação entre projeto e ambiente construído passam a ser realizáveis com uma simples câmera (Lima et al., 2008). Logicamente, tais soluções demandam maior poder de processamento do dispositivo, pois nesses casos, toda a imagem será analisada mais profundamente em busca de padrões que a relacionem com o modelo digital.

Esse tipo de rastreamento pode ocorrer basicamente de três modos: leitura de arestas, leitura óptica contínua e leitura de texturas. No caso da leitura contínua (*optical flow based*) o software inicia a simulação com a leitura de um trecho de interesse do ambiente. Após essa definição inicial, o movimento do dispositivo pode ocorrer normalmente. Durante a própria mudança da imagem capturada pela câmera, o sistema captura novas imagens e as usa em tempo real para continuar locando o modelo. Essa solução mostra-se adequada a ambientes de aparência incerta e variável. A leitura de texturas aproxima-se da utilização de marcadores naturais ao registrar a correspondência do espaço real com o modelo pela comparação de sua aparência. Nesse caso, seria necessário um modelo fotorealista do espaço, devendo ser bastante preciso quanto à real aparência do ambiente, sendo inadequado, por isso, ao uso no contexto do canteiro de obras. Por fim, a leitura de arestas processa a imagem obtida em busca de linhas que façam correspondência a um *wireframe model* (Lima et al., 2008). Em outras palavras, a MAR realiza a leitura da geometria do espaço, mostrando-se uma solução bastante adequada ao uso em canteiro, onde a aparência do ambiente é variável mas sua geometria se define já no início da construção, possivelmente após o lançamento da estrutura, por exemplo. Porém, apesar dessas soluções possuírem baixa necessidade de processamento, ainda são sensíveis a rápidos movimentos e dependem da clara definição das arestas no ambiente, apresentando certa instabilidade quando comparadas a soluções que demandam maior poder de processamento (Lima, Simões, Figueiredo & Kelner, 2010).

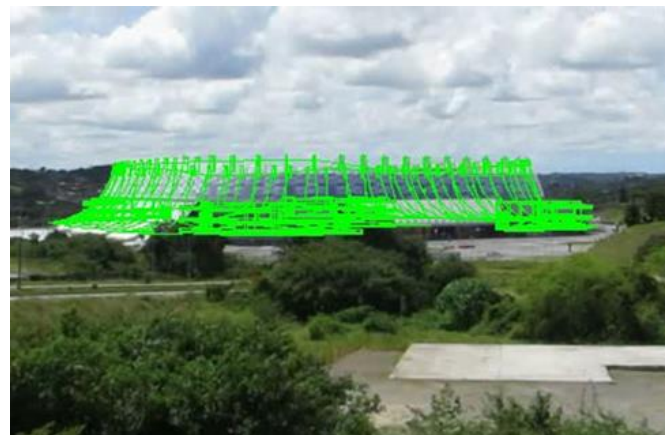


Figura 7: Rastreamento utilizando modelo *wireframe* da Arena Pernambuco (Melo, 2015).

Uso prático

A fase de execução das instalações prediais em um edifício concentra boa parte dos erros construtivos durante a obra. O fato de os projetos e a execução de cada sistema serem feitos por equipes diferentes causa constantes conflitos. O espaço previsto em projeto para cada instalação muitas vezes não se adequa às necessidades daquele sistema ou não são respeitados pelos instaladores. De fato, por vezes ocorre que o primeiro sistema instalado acaba por interferir nos demais, seja por falta de compatibilização, seja pela falta de clareza do projeto. A fim de minimizar esses erros, a realidade aumenta se mostra uma boa solução para o canteiro de obras. O esforço de utilização uso dessa tecnologia mostra-se mais proveitoso em regiões do edifício com maior concentração de instalações embutidas, como as áreas molhadas, por exemplo. Desse modo, as instalações hidráulicas e elétricas em cozinhas, banheiros e áreas de serviço mostram-se bons alvos dessas experiências.

Uma das utilizações possíveis para essa tecnologia é a leitura de projeto de instalações para a própria execução do serviço. Visualizar o modelo de instalações tridimensionalmente no próprio ambiente pode melhorar a produtividade do trabalho ao tornar a leitura do projeto mais clara para o instalador. São necessários testes e experiências mais detalhadas a fim de verificar se a precisão fornecida pelo sistema é capaz de substituir as ferramentas de medição comuns. Outra possibilidade consiste na checagem do trabalho em obra. Desse modo seria possível, por exemplo, verificar facilmente se as caixas elétricas foram instaladas nos respectivos locais corretos. A tecnologia utilizada deve permitir a utilização prática, de modo a tornar viável essa experiência. Assim, a utilização de marcadores não se mostra uma solução adequada a esse fim, embora possa ser uma maneira conveniente de realizar alguns testes iniciais que serão importantes para o desenvolvimento de uma proposta final utilizável na obra.

Teste prático

A fim de pôr sob prova as ideias apresentadas, foi elaborado um teste prático, que simulasse as condições do canteiro de obras. Devido à maior complexidade das soluções de RA com marcadores múltiplos, objetiva grande angular ou MAR, o teste em questão foi realizado com uma solução mais simples de RA, o rastreamento ótico por marcador fiducial único. Nesse teste foi utilizado o software SketchUp, da Trimble, para a criação do modelo tridimensional e o AR-media, da Inglobe, para a geração da visualização em RA. O software AR-media consiste em um plugin para SketchUp, responsável pela geração do arquivo utilizado para a visualização em RA e um aplicativo móvel para iOS chamado AR-media Player para a visualização em RA. Esta mesma solução combinada foi utilizada nos testes apresentados anteriormente.

Foi criado um modelo tridimensional de um balcão simples com um lavatório, sendo prevista para a peça instalações de esgoto, água quente e água fria. No ambiente de configuração do AR-media, foi selecionado um marcador personalizado criado anteriormente, o qual foi posicionado e

escalonado adequadamente dentro do modelo, de modo a fazer o registro de modo correto. O marcador criado buscou ser o mais claro possível para a leitura no aplicativo de RA. Assim, foi desenhado em preto e branco, a fim de possuir o maior contraste possível e facilitar a visualização. O desenho utilizado busca eliminar a possibilidade de ambiguidade em sua visualização, a qual ocorreria caso o marcador possuísse mais de um eixo de simetria, tornando impossível distinguir exatamente sua orientação.

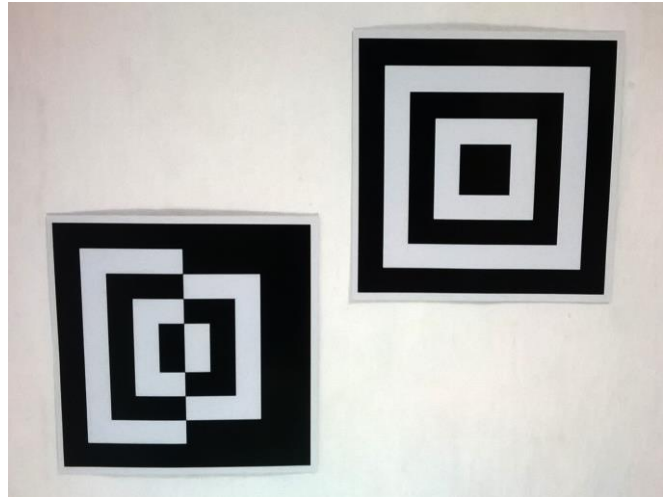


Figura 8: Marcador utilizado à esquerda e marcador ambíguo à direita (autoria própria).

Após a configuração no modelo, o marcador físico foi fixado no local correspondente à sua localização no modelo, e a visualização pôde ser realizada.



Figura 9: Visualização de um lavatório em RA (autoria própria).

Utilizando o mesmo modelo tridimensional, foi gerado um outro arquivo para visualização no aplicativo. Desta vez, o mesmo marcador faz referência às tubulações que servem essa peça, que foram destacadas em cores contrastantes para facilitar a compreensão. Deste modo, é possível variar entre as duas opções de visualização no ambiente do aplicativo, demonstrando a possibilidade de utilizar um marcador único no ambiente que sirva de referencial para visualizações de instalações elétricas, hidráulicas e locação das peças.



Figura 10: Visualização em RA de tubulações hidráulicas (autoria própria).

Embora a técnica de RA utilizada tenha sido simplificada, a experiência mostrou-se útil ao demonstrar a possibilidade de uso desta tecnologia para o trabalho de instalações. O uso de técnicas mais avançadas e o desenvolvimento de um software específico são passos importantes para a utilização prática da RA no canteiro de obras.

Discussão

A exploração das novas formas de visualização de modelos tridimensionais no canteiro de obras mostra-se possível e benéfica. O esforço de aproximação da visualização de projeto da apreensão natural do espaço real é positivo ao ampliar os limites da visualização de projeto, que passa a ser capaz de representar com maior clareza mesmo modelos complexos. A técnica de RA utilizada nos testes

apresentados é demasiadamente simples, apresentando problemas relacionados à perda de referencial e instabilidade das imagens. A escolha por essa técnica ocorreu pela maior facilidade de geração de modelos, sendo completamente adequada à esta fase inicial de testes, onde se buscou compreender o melhor modo de aplicação da RA ao canteiro de obras. Passada essa fase inicial, esta solução passará por um desenvolvimento que permita alterar a técnica de visualização para uma que dispense o uso de marcadores, conforme citado durante o artigo. O levantamento teórico a respeito das técnicas de marcadores múltiplos, lentes objetivas grande angular e *markless tracking* servirá de base para tal desenvolvimento. Espera-se obter futuramente uma solução de software madura e prática para a utilização da RA no canteiro de obras.

Referências

- Cuperschmid, A. R. M., Freitas, M. D., & Ruschel, R. C. (2012). Tecnologias que suportam Realidade Aumentada empregadas em Arquitetura e Construção. *Cadernos PROARQ*, 19, 47-69.
- Lima, J. P. S. M., Neto, S. P. G., Bueno, M. A. S., Teichrieb, V., Kelner, J., & Santos, I. H. (2008). Applications in engineering using Augmented Reality technology.
- Lima, J. P., Simões, F., Figueiredo, L., & Kelner, J. (2010). Model based markerless 3D tracking applied to augmented reality. *Journal on 3D Interactive Systems*, 1.
- Melo, G. J. (2015). Tracking Big Structures. Retrieved from https://www.gprt.ufpe.br/grvm/?page_id=1284
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Nielsen, M. B., Kramp, G., & Grønbæk, K. (2004, June). Mobile augmented reality support for architects based on feature tracking techniques. In *International Conference on Computational Science* (pp. 921-928). Springer Berlin Heidelberg.
- Picon, A. (2013). A Arquitetura e o virtual: Rumo a uma nova materialidade. *O Campo Ampliado da Arquitetura. Antologia Teórica* (1993-2009), 206-220.
- Scheer, S., Ito, A., Ayres Filho, C. A., Azuma, F., & Beber, M. (2007). Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura. In *VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios*. Curitiba: UFPR.
- Souza, L. L. A., Amorim, S. R. L., & Lyrio, A. M.. (2009). Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 4(2), 26-53.
- Tori, R., Kirner, C., & Siscoutto, R. A. (2006). Fundamentos de Realidade Aumentada. In: *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada* (pp. 22-38). Belém, PA: Editora SBC.
- Zevi, B. (2009). A representação do espaço. In: *Saber ver a arquitetura* (pp. 29-52). São Paulo, SP: WMF Martins Fontes.