

AR-DCS: APLICAÇÃO DE REALIDADE AUMENTADA MÓVEL INTEGRADA A SISTEMA SUPERVISÓRIO

NATANAEL G. RODRIGUES, DANÚBIA B. ESPÍNDOLA, SÍLVIA S. C. BOTELHO, RICARDO N. RODRIGUES, EDER M. N. GONÇALVES, THIAGO S. DA FONSECA, MARCOS A. BICHET, MARIO R. N. M. JUNIOR, ROBBY S. AMARAL, ALICE T. GARCIA, BRAIN K. MACIEL.

*NAUTEC – Grupo de Automação e Robótica Inteligente, C3 - Centro de Ciências Computacionais,
Universidade Federal de Rio Grande*

E-mails: natanaelgarcia@furg.br, danubiaespindola@furg.br, silviacb.botelho@gmail.com, ricardonagel@furg.br, edergoncalves@furg.br, thgfonseca@gmail.com, marcosamaralrg@gmail.com, marioricardo@furg.br, robbysjn25@gmail.com, alicetissotgarcia@gmail.com, braiankonzgen@gmail.com.

Abstract — The integration techniques of augmented reality with three-dimensional elements in mobile supervisory systems and data acquisition promotes the development of a systemic view of managed processes and equipment, enabling the execution of simulations and advanced visualization of these components in the industrial environment.

Keywords — Augmented Reality, Supervisory Systems, SCADA, DCS.

Resumo — A integração de técnicas de realidade aumentada com elementos tridimensionais em dispositivos móveis com sistemas de supervisão e aquisição de dados promove o desenvolvimento de uma visão sistêmica dos processos e equipamentos gerenciados, possibilitando a execução de simulações e visualização avançada desses componentes no ambiente industrial.

Palavras-chave — Realidade Aumentada, Sistemas Supervisórios, SCADA, DCS.

1 Introdução

A integração de técnicas de Realidade Aumentada com os Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) permite o desenvolvimento de uma visão sistêmica dos processos controlados, possibilitando uma melhor compreensão e uma maior interação por parte dos operadores com a planta industrial.

Os sistemas SCADA utilizados em plantas industriais possibilitam o controle e monitoramento de processos em tempo real através de uma rede de sensores e atuadores [6,7]. Estes sistemas disponibilizam dados através de interfaces homem-máquina (IHM) com elementos bidimensionais e em alguns casos tridimensionais.

Atualmente os dispositivos móveis tais como tablets e smartphones possuem cada vez mais capacidade de processamento[3]. Além disso, estes equipamentos contam com um conjunto de sensores e câmeras que permitem o desenvolvimento de aplicativos de realidade aumentada, incluindo a renderização de componentes tridimensionais.

A proposta deste trabalho consiste no desenvolvimento de interfaces baseadas em técnicas de realidade aumentada integradas a um sistema supervisório através de tecnologias de web-services e protocolos de internet das coisas (IoT, Internet of Things).

Estas interfaces devem suportar a renderização de objetos tridimensionais e informações do sistema supervisório, por meio de dispositivos móveis, contribuindo para a visualização desses dados in loco.

2 Motivação

Os sistemas supervisórios são utilizados no monitoramento e controle de processos em ambientes complexos, que por vezes não permitem o acesso seguro ou a visualização do desdobramento de um conjunto de operações em execução nos equipamentos supervisionados [10].

A aplicação de interfaces com realidade virtual e aumentada utilizando elementos virtuais, ou em 3D amplia as possibilidades de visualização e interação dos operadores, proporcionando uma maior compreensão sobre a execução dos processos[9, 13]. Através deste tipo de interface também é possível visualizar o uso de máquinas e equipamentos, assim como acessar as variáveis envolvidas nestas operações. Consequentemente torna possível a execução de simulações e acelera o processo de aprendizado e treinamento de novos operadores[1,4,9,10].

O uso de interfaces humano-computador com recursos de interação e visualização avançada pode trazer ganhos significativos em termos de tempo e custo dos processos, podendo ser aplicada como apoio nas atividades de monitoramento, inspeção, substituição de peças e na manutenção[9,14].

Aplicações baseadas em interfaces de realidade aumentada com foco industrial estão em crescente maturidade, disso a importância de implementações que apliquem as técnicas em estudos de casos e justifiquem o uso dessas tecnologias.

3 Contextualização

Os principais componentes utilizados no cenário industrial atual com foco na automação de processos são os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis), os Sistemas Digitais de Controle Distribuído e os Sistemas de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA) [5].

Esses sistemas nem sempre apresentam interfaces intuitivas e amigáveis para exprimir as informações sobre os equipamentos e processos supervisionados. Um modelo tridimensional apresentado em uma interface de visualização avançada com realidade virtual e aumentada oferece uma maior compreensão sobre o posicionamento dos equipamentos e funcionamento dos processos supervisionados por esses sistemas [1,2,5].

A apresentação de dados de monitoramento dos equipamentos fica restrita a sala de controle, minimizando a potencialidade dos sistemas de automação. Em ambientes complexos, essas restrições interferem na comunicação e promovem a dificuldade na transmissão de informações entre partes interessadas (supervisores, operadores, etc.). Desse modo, uma aplicação de realidade aumentada disponibilizada em dispositivos móveis facilita o acesso aos dados da planta no local onde os processos ocorrem, simplificando a compreensão da execução dos processos e aumentando a confiança dos operadores na execução das tarefas.

A possibilidade de visualizar as informações dos componentes industriais in loco através dos dispositivos móveis em uma versão tridimensional coopera para uma maior compreensão dos componentes interconectados e dos processos como partes de um todo, acelerando a execução de atividades como a manutenção, inspeção e avaliação de equipamentos e contribuindo para o desenvolvimento de uma visão sistêmica da planta.

4 Trabalhos Relacionados

Suzuki, Brown, Pipes e Ibbotson [11] apresentam uma arquitetura de realidade aumentada voltada para o gerenciamento de construções inteligentes, que também utiliza recursos computacionais presentes nos dispositivos móveis utilizando um sistema supervisório para alimentar a interface de realidade aumentada.

A aplicação não apresenta objetos virtuais tridimensionais. Cardoso, Lamounier, Lima, Oliveira, Mattioli, Junior e Newton [8], apresentam um sistema de realidade virtual para o controle de subestações elétricas. O sistema possui uma arquitetura baseada em web services e utiliza banco de dados, possibilitando a navegação através de óculos de realidade virtual. O sistema não era compatível com dispositivos móveis.

Espíndola, Silva, Weis, Botelho, Pereira [5] apresentam uma aplicação de realidade aumentada para visualização avançada aplicada para indústria de óleo e gás, conectado com sistemas inteligentes de manutenção.

Nessa última, aplicação também utilizava web services como mecanismo de integração de dados. No entanto, o processamento gráfico dos elementos virtuais assim como o acesso a aplicação era realizado pelo navegador.

A desvantagem de utilizar esse tipo de abordagem consiste no fato de que a conexão de rede não só é utilizada para a obtenção de dados, mas para a própria renderização dos elementos virtuais.

Esses e outros trabalhos colaboram para o desenvolvimento da estrutura básica da aplicação e possibilitaram um maior entendimento para a escolha das tecnologias e metodologias escolhidas para a implementação prática.

5 Fundamentos Tecnológicos e Implementação

5.1 Sistema Supervisório

Os sistemas supervisórios são sistemas que possibilitam o controle, monitoramento, rastreamento de informações de um processo produtivo ou instalação física, através de dados extraídos diretamente do ambiente por meio de uma rede de sensores. O controle é realizado através de atuadores (válvulas, acionadores, interruptores, redutores) que são distribuídos de acordo com o processo monitorado e controlado [6,7].

Além de permitir a representação de processos e suas variáveis provenientes de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), os sistemas supervisórios apresentam recursos adicionais como o suporte à conexão com bases de dados externas, geração de relatórios, alarmes, interfaces personalizadas com elementos visuais em 2D e suporte a visualização distribuída [6].

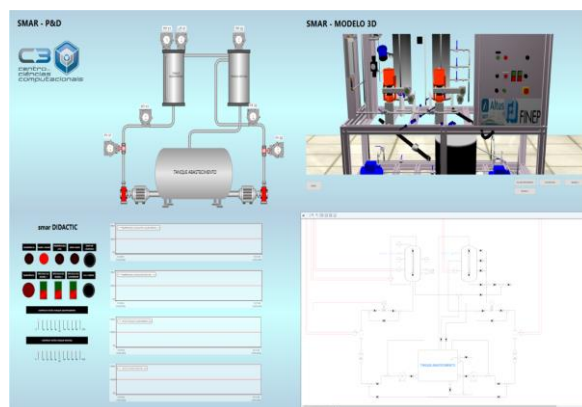


Figura 1. Interface implementada no supervisório Blue-plant (Altus S. A.).

5.2 Controlador Lógico Programável

O CLP é o equipamento responsável pela comunicação entre o sensor e o sistema supervisor. Este dispositivo implementa a lógica de controle dos sensores e atuadores. O dispositivo possui interfaces de comunicação e suporte a diversos protocolos de redes industriais (tais como OPC, Modbus, Profibus, Devicenet, etc).

Os CLPs utilizados nessa aplicação foram fornecidos pela Altus (Sistemas de Automação S.A.), da série NX3030. Os equipamentos foram conectados na planta industrial didática, programados e configurados pela equipe do projeto 3DCS.

A ferramenta de programação utilizada foi o software MasterTool, disponibilizado pela Altus.



Figura 2. CLPs utilizados na aplicação (Altus S.A)

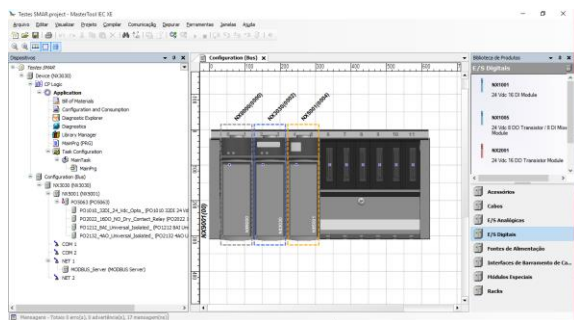


Figura 3. Mastertool (Software de Programação dos CLPs).

5.3 Redes de Sensores e Atuadores

A rede de sensores é responsável pela extração dos dados do ambiente industrial através do contato direto com os processos (sensores de temperatura, pressão, níveis e fluxo de fluídos, etc.), enviando dados em tempo real para os CLPs [6,7].

Esses sensores encaminham os dados ao CLP, que por sua vez, envia e recebe dados na interação com o sistema supervisor. Os atuadores, são responsáveis pelo controle e acionamento de válvulas, interruptores, motores e os demais componentes industriais conectados ao sistema monitorado.

Os dispositivos utilizados nessa aplicação foram os componentes da planta didática industrial

SMARDIDATIC (SMAR) representada na figura 4, interligados através de um sistema de barramento conectado aos CLPs.



Figura 4 – Planta Didática Industrial SMARDIDATIC (SMAR).

5.4 Banco de Dados

O banco de dados serve como repositório de informações sobre o desempenho dos processos ao longo do tempo, registrando os valores das variáveis monitoradas.

Através dos dados armazenados na base de dados é possível registrar a ocorrência de alarmes e gerar de relatórios, gráficos e comparativos, descrevendo a evolução dos processos em função do tempo.

No estudo de caso foi utilizado o banco de dados SQL Server 2014. Foi configurada uma conexão com o sistema supervisor, através da qual os dados de alarmes e valores de Tags (variáveis monitoradas), foram capturados do sistema supervisor.

5.5 Web Services

Web services são empregados como solução para a integração entre aplicações distintas, permitindo que sistemas de plataformas diferentes se tornem compatíveis através do protocolo HTTP.

Foram implementados web services que retornam os valores das tags registradas pelo supervisor no banco de dados no formato JSON (JavaScript Object Notation, um formato para intercâmbio de dados computacionais).

Uma aplicação web foi implementada para facilitar a configuração de parâmetros e viabilizar a criação de marcadores de realidade aumentada.

Também foram implementados alguns mecanismos de segurança para o controle de acesso dos webservices e da aplicação web.

5.6 Protocolos IoT

Atualmente, com o crescimento da internet das coisas, surgem novos protocolos de comunicação

para o uso de novos dispositivos. Alguns desses protocolos estão ganhando espaço para aplicações no ambiente industrial.

Nessa aplicação, foi utilizado um desses protocolos: o MQTT (Message Queue Telemetry Transport). Esse protocolo oferece várias funcionalidades interessantes para a troca de mensagens entre dispositivos no padrão "Publish/Subscribe", através do qual vários dispositivos podem enviar e receber mensagens assíncronas.

Foi implementado um driver de comunicação para o protocolo MQTT para o sistema supervisório Blueplant. Esse driver viabilizou a troca de mensagens assíncronas entre o supervisório e a aplicação de realidade aumentada.

5.7 Aplicação de Realidade Aumentada

A realidade aumentada consiste na inserção de elementos virtuais com predominância do ambiente real através de elementos computacionais[4]. No caso dos dispositivos móveis, a câmera apresenta um papel fundamental na aquisição da imagem do ambiente real. A aplicação de realidade aumentada insere os elementos virtuais na tela utilizando o fluxo óptico da câmera do dispositivo móvel.

Em aplicações utilizando marcadores, as imagens dos marcadores são previamente preparadas e impressas. Na sequência, são posicionadas no ambiente real, de modo a servir como base para o reconhecimento e posicionamento dos objetos virtuais.

Os marcadores utilizados nessa aplicação foram previamente processados, convertidos em matrizes e armazenados dentro do aplicativo de realidade aumentada. Dessa forma podem ser reconhecidos com mais facilidade, reduzindo o impacto sobre uso da conexão de rede do dispositivo móvel.

Durante a execução da aplicação, as matrizes dos marcadores, previamente preparados são buscadas através do fluxo óptico, frame a frame. Uma vez encontradas, é obtida a posição do marcador, através qual são inseridos e posicionados os elementos virtuais.

O fluxo de vídeo é apresentado na tela do dispositivo móvel com os elementos virtuais sobrepostos na cena. A figura 5 ilustra a lógica do rastreamento de marcadores.

Os marcadores foram elaborados utilizando o padrão QRCode. Foram gerados 100 (cem) marcadores, sobre os quais podem ser projetadas as informações do sistema supervisório diretamente no ambiente real.

Todo o processamento gráfico é realizado diretamente no dispositivo, o que proporciona a execução da aplicação nos locais de operação dos equipamentos no chão de fábrica.

O único requisito essencial para a exibição dos valores capturados através do supervisório é a conexão com a rede local ou internet. No entanto, sem essa conexão o modelo tridimensional continua disponível na aplicação, sem exibir os valores pontuados pelo supervisório.

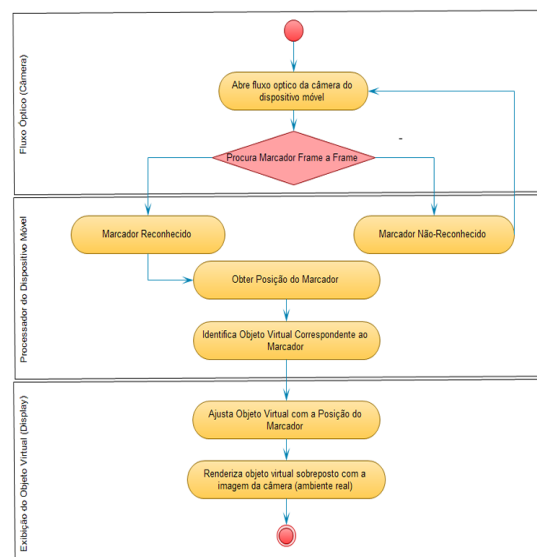


Figura 5 – Sequência de reconhecimento de marcadores pela aplicação de realidade aumentada no dispositivo móvel.



Figura 6. Marcador QRCode posicionado na planta didática.

A implementação da aplicação foi realizada utilizando a IDE (Integrated Development Environment - Ambiente Integrado de Desenvolvimento de Software) Unity e o SDK (Software Development Kit) Vuforia. A linguagem de programação utilizada foi o C# (C Sharp).

O SDK Vuforia suporta uma grande quantidade de marcadores que podem ser gerados e personalizados a partir do site do desenvolvedor. A aplicação foi compilada para a plataforma Android.

Foram implementados dois modos de operação no aplicativo de realidade aumentada: um apresentando modelos virtuais sobre marcadores e outro

apresentando informações do supervisório diretamente na planta didática (figuras 7 e 8).

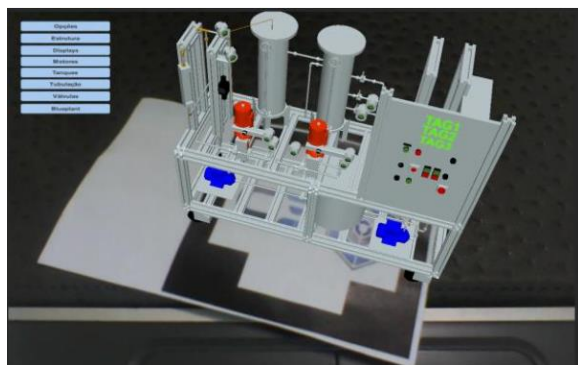


Figura 7. Aplicação de realidade aumentada apresentando o modelo tridimensional da planta e informações do sistema supervisório sobre um marcador previamente elaborado.



Figura 8. Aplicação de realidade aumentada apresentando dados sobre os marcadores posicionados na planta industrial através de um dispositivo móvel.

6 Arquitetura

Para direcionar os dados do sistema supervisório para a aplicação de realidade aumentada, foi definida uma arquitetura inicial (representada na figura 9), baseada na comunicação através de web services.

No nível mais baixo dessa arquitetura, os sensores e atuadores presentes na planta industrial enviam e recebem dados dos CLPs.

Na sequência, os CLPs se comunicam com o sistema supervisório, onde os dados são direcionados para as tags (variáveis do supervisório).

O supervisório apresenta dos dados recebidos dos sensores na interface humano-computador modelada.

Os dados do supervisório são capturados para o banco de dados, através de uma rotina que atualiza os dados na medida que eles sofrem alterações.

Através de um servidor web, rodando como um serviço no mesmo servidor e uma conexão com a base de dados, os web services disponibilizam os dados do supervisório num formato compatível com

a aplicação móvel. Os dispositivos móveis por sua vez, necessitam de uma conexão com a mesma rede onde o servidor web está configurado, no caso, uma conexão com a intranet.

Uma vez que todos os requisitos anteriores sejam supridos, a aplicação de realidade aumentada busca pelos marcadores previamente estabelecidos e posiciona os objetos virtuais em cena (a planta industrial ou equipamentos modelados em 3D).

Na falta de uma conexão com o servidor, a aplicação apenas apresenta o modelo tridimensional sem exibir os dados do sistema supervisório.

Outra estratégia implementada na aplicação envolveu o uso do protocolo MQTT. Os valores marcados pelas tags do sistema supervisório foram enviados através desse protocolo.

Em relação aos web services, a transmissão dos dados mais dinâmicos pelo protocolo MQTT se mostrou mais eficiente, uma vez que não requer requisição e consulta de dados no banco de dados. Entretanto, além do servidor web, o protocolo MQTT requer a configuração de uma aplicação adicional, o servidor de Broker.

O servidor de broker é um aplicação que atua para estabelecer a comunicação entre a aplicação de realidade aumentada e o servidor do supervisório. O broker pode ser configurado como um serviço no mesmo servidor, ou instalado em outro computador. Algumas empresas como a Amazon, também oferecem serviços de rede compatíveis com o protocolo MQTT.

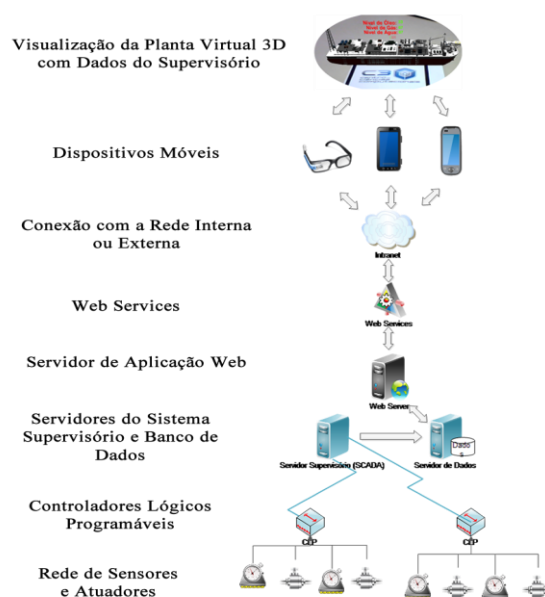


Figura 9 – Arquitetura para a integração de dados do sistema supervisório e a aplicação de realidade aumentada.

7 Arquitetura

Esse trabalho verificou na prática a aplicação de

realidade aumentada integrada a sistemas de supervisão e controle industrial.

Esse tipo de aplicação viabiliza a apresentação de dados no chão de fábrica, e pode ser utilizado como mecanismo de verificação e treinamento no local onde os processos são executados.

A simulação foi realizada com uma planta didática industrial, com um pequeno conjunto de variáveis configuradas no sistema supervisório. Nos trabalhos futuros novos testes envolvendo um número maior de variáveis devem ser realizados.

Além da representação dos valores dentro do modelo virtual, animações também podem ser disparadas através de interações com o sistema supervisório, mas não foram contempladas nesse estudo de caso.

A aplicação de realidade aumentada também suporta a interação entre os componentes virtuais através de toques na tela do dispositivo. Esses recursos não foram explorados no estudo de caso e podem ser implementados em futuras atualizações.

Durante os testes com diversos dispositivos móveis, alguns dispositivos apresentaram lentidão na execução da aplicação, demorando um tempo maior para atualizar os valores na aplicação, assim como apresentaram um desempenho inferior aos dispositivos com maior quantidade de memória e capacidade de processamento.

O modelo tridimensional utilizado nos testes apresentava um número muito grande de vértices, e mesmo assim funcionou com um bom desempenho gráfico em diferentes dispositivos. O uso de modelos mais leves influencia na renderização dos objetos, melhorando consideravelmente a execução e fluidez da experiência do usuário.

Em versões futuras, novos elementos gráficos devem ser desenvolvidos, de modo a enriquecer a experiência do usuário. Nessa versão a aplicação contou apenas com o carregamento do modelo 3D e a apresentação de dados em um componente de display. No entanto, podem ser modelados outros tipos de componentes, como gráficos, gauges, entre outros, similares aos componentes de interface dos sistemas supervisórios.

Agradecimentos

Esse trabalho foi desenvolvido como resultado das atividades desenvolvidas no projeto 3DCS, fruto da parceria entre a Universidade Federal de Rio Grande - FURG, através do Centro de Ciências Computacionais (C3) e o Grupo de Automação e Robótica Inteligente (NAUTEC) com a empresa Altus (Altus Sistemas de Automação S. A.) que cedeu as licenças do sistema supervisório Blueplant.

Agradecemos ao CAPES/FINEP por apoiar e financiar o projeto.

Referências Bibliográficas

- Azuma R., Bailiot Y., Behringer R., Feiner S., Julie S., MacIntyre 2001. Recent advances in augmented reality, *Computer and Graphics*, 21/6:34-4.
- Ong, S.K., Yuan, M.L., Nee, A.Y.C. Augmented reality application in manufacturing: A survey. Singapore, 2008.
- Singh, M. P., & Jain, M. K. (2014). Evolution of Processor Architecture in Mobile Phones. *International Journal of Computer Applications*, 90(4), 34-39.
- Porcelli, I., Rapaccini, M., Espíndola, D. B., Pereira, C. E. (2013). Innovating product-service systems through Augmented Reality: a selection model. In *The Philosopher's Stone for Sustainability* (pp. 137-142). Springer Berlin Heidelberg.
- Espíndola, D., Silva, B., Weis A., Botelho, S., & Pereira, C. E. (2013, March). Mobile Advanced Visualization Applied to Oil and Gas Industry Systems. In *Proceedings of the 2013 Symposium on Computing and Automation for Offshore Shipbuilding* (pp. 93-98). IEEE Computer Society.
- Beatriz Portilla, N., de Queiroz, M. H., & Cury, J. E. (2014, July). Integration of supervisory control with SCADA system for a flexible manufacturing cell. In *Industrial Informatics (INDIN), 2014 12th IEEE International Conference on* (pp. 261-266). IEEE.
- Knapp, E. D., & Langill, J. T. (2014). Industrial Network Security: Securing critical infrastructure networks for smart grid, SCADA, and other Industrial Control Systems. Syngress.
- Cardoso, A., Lamounier, E., Lima, G., Oliveira, L., Mattioli, L., Junior, G., ... & Newton, J. (2013, March). VRCEMIG: A virtual reality system for real time control of electric substations. In *Virtual Reality (VR), 2013 IEEE* (pp. 165-166). IEEE.
- Thiede, S., Seow, Y., Andersson, J. & Johansson, B. (2013). Environmental aspects in manufacturing system modelling and simulation—State of the art and research perspectives. *CIRP Journal of manufacturing science and technology*, 6(1), 78-87.
- Rehg, J. A., & Kraebber, H. W. (2012). *Computer-Integrated Manufacturing*, 2005. Prentice Hall.
- Suzuki, L. R., Brown, K., Pipes, S., & Ibbotson, J. (2014, March). Smart building management through augmented reality. In *Pervasive Compu-*

ting and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2014 IEEE International Conference on (pp. 105-110).

Kirsch, F., Miesen, R., & Vossiek, M. (2014, June). Precise local-positioning for autonomous situation awareness in the Internet of Things. In Microwave Symposium (IMS), 2014. IEEE MTT-S International (pp. 1-4). IEEE.

Sand, G., & Terwiesch, P. (2013). Closing the loops: An industrial perspective on the present and future impact of control. *European Journal of Control*, 19(5), 341-350.

Rovaglio, Maurizio, and Tobias Scheele. "Systems and methods for immersive interaction with actual and/or simulated facilities for process, environmental and industrial control." U.S. Patent No. 8,594,814. 26 Nov. 2013.

Kirner, C.; Siscoutto, R. A. Fundamentos da realidade virtual e aumentada. In: *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações*. Porto Alegre: SBC, Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 2-21.