

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GT

ESTRATÉGIA DE INTEGRAÇÃO DE PROJETOS CAD PARA CONCEPÇÃO DE SISTEMAS DE REALIDADE VIRTUAL DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

**CAMILO BARRETO * (1); ALEXANDRE CARDOSO (1); EDGARD LAMOUNIER (1); GERSON LIMA (2);
ALEXANDRE SILVA (3)
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA (1); COMPUTER GRAPHIC WORKS (2); INSTITUTO FEDERAL
GOIANO (3)**

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia inovadora de integração entre projetos CAD de subestações de energia elétrica e um sistema de Realidade Virtual (RV) aplicado ao treinamento e supervisão dos ativos em campo. A estratégia abortada consiste em utilizar projetos em planta baixa CAD para conceber de forma automática seus respectivos Ambientes Virtuais. Uma arquitetura de software baseada em Serviços da Internet é proposta para a integração dos paradigmas de projetos CAD bidimensional (2D) em conjunto com uma biblioteca de recursos e um software de RV com propósito de visualizar projeto em plantas baixas em ambientes tridimensionais (3D) de RV.

PALAVRAS-CHAVE: subestação; projetos; realidade virtual; CAD, integração.

1.0 INTRODUÇÃO

A utilização das técnicas de Realidade Virtual (RV) provê a criação de uma interface homem-máquina natural e poderosa, permitindo ao usuário interação, navegação e imersão em um ambiente tridimensional gerado por computador (Boquimpani et al. 2017). Tais características capacitam a visualização através de ambientes virtuais semelhantes aos ambientes reais de forma intuitiva, além de gerar economia de tempo e investimentos, visto que os aprendizes podem simular operações nos diferentes Ambientes Virtuais.

Desta forma, a demanda na concepção de ambientes tridimensionais (3D) para RV gera um grande esforço técnico de implementação utilizando as técnicas convencionais, como o uso de Game Engines como a Unreal, Unity e Godot. Sendo assim, é necessária uma grande equipe especializada na concepção de ambientes 3D, elevando os custos e o tempo na produção de cada subestação virtual.

A estratégia abortada no presente trabalho, consiste em utilizar projetos em planta baixa Computer-Aided Design (CAD) para conceber de forma automática seus respectivos Ambientes Virtuais (AVs). Sendo assim, as subestações dispõem de documentações completas, incluindo as plantas baixas, que referenciam detalhadamente um desenho bidimensional com todos os elementos e ativos presentes no ambiente real. A planta baixa é um excelente artefato para aplicar a metodologia de integração proposta.

O sistema é aderente a: a) identificação visual e obtenção do modelo mental, tanto no contexto do projeto CAD quanto em RV; b) simular diferentes possibilidades de arranjos de ativos durante a etapa de projeto ou atualização de uma subestação; c) apoio a decisões de intervenções em obras e em fase de planejamento, e por fim, d) possibilitar a visão real e crítica das etapas do processo de concepção.

Uma arquitetura de software baseada em serviços da internet é proposta para a integração dos paradigmas de projetos CAD 2D, em conjunto com uma biblioteca de modelos 3D e um sistema de RV com propósitos de visualizar projeto em plantas baixas em ambientes 3D. Sendo assim, o objetivo é desenvolver uma metodologia de integração entre as tecnologias de plantas baixas CAD e RV através do emprego de estruturas de dados e metamodelos. Neste sentido, são listados os seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver uma metodologia de integração entre as tecnologias citadas, focando em um sistema automatizado e otimizado para usuários finais;
2. Implementar de uma arquitetura de software adequada para as necessidades evidenciadas;
3. Testar as funcionalidades de integração utilizando como estudo de caso o projeto em planta baixa de uma subestação real.

2.0 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 Realidade Virtual

Muitos autores descrevem RV de formas e características diferentes. De acordo com Kirner & Siscoutto (2007), a RV é uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes 3D gerados por computador. O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de RV, mas os outros sentidos também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário, como tato, audição, etc.

Desta forma, várias técnicas para a interação com esses ambientes são aplicadas, envolvendo o uso de avançados dispositivos de entrada e saída, os quais garantem que as ações e intenções dos usuários sejam captadas e influenciem, em tempo real, o estado dos elementos do mundo virtual. Finalmente, ao se sentir dentro de um ambiente virtual e poder manipulá-lo e percebê-lo de forma intuitiva e natural, graças a esses dispositivos, o usuário se sente envolvido e dotado de grande capacidade exploratória. Esses atributos são conhecidos como os 3 I's da RV: Imersão, Interação e Imaginação (Burdea & Coiffet, 2003).

2.1.1 Elaboração de Ambientes Virtuais Aplicados a Sistemas Elétricos

Novos paradigmas para monitoramento e atividades de controle que consideram sistemas críticos na engenharia têm sido providenciados com o uso da RV. A importância da utilização de modelos 3D é relevante neste contexto, pois contribui consideravelmente para o modelo mental, sobre o ambiente real, dos profissionais que atuam em salas de controle remoto (Carvalho et al. 2016).

Desta forma, é importante considerar que a reprodução 3D de ambientes relacionados a geração elétrica envolve a utilização de objetos em larga escala, espaços muito povoados, vegetação, entre outros elementos que devem ser considerados para ser possível alcançar uma solução dotada de qualidade e alto desempenho (Simões et al. 2012).

Além disso, Simões et al. (2012) infere que diante do cenário favorável da RV no setor elétrico, a reconstrução de objetos 3D representa uma etapa fundamental para a concepção de soluções digitais que podem contribuir com o processo de produção. Para tanto, existem técnicas acessíveis, eficientes e baratas na geração de modelos necessários na indústria. Neste contexto está a reprodução automática de objetos reais por meio de um conjunto de imagens, como exemplo de técnica utilizada no mercado.

Contudo, quando aplicada na construção 3D de dispositivos elétricos, apresenta limitações como a dificuldade de se isolar os objetos alvos para a modelagem, o acesso à equipamentos devido ao protocolo de segurança e a qualidade do modelo final. Como alternativa, tem-se a elaboração de objetos 3D a partir de fotos e informações de referência, a qual ainda representa uma alternativa mais viável se comparada a outras técnicas mais caras de reprodução 3D, como o uso de lasers e scanners (Simões et al. 2012).

2.2 Desenhos de Engenharia em Plantas Baixas CAD

Segundo Sarkar (2013) o CAD pode ser utilizado na automação de desenhos eletrônicos para modelar a fabricação de circuitos integrados (CI) e a operação de dispositivos. É a arte de abstrair o comportamento elétrico do CI por intermédio de análises críticas e compreensão detalhada dos dados de simulação de processos, dispositivos e circuitos.

Sarkar, Rao e Narayan (2008) listaram quatro razões para utilizar softwares CAD em qualquer tipo de projeto de engenharia:

- **Aumento da produtividade do projetista:** o uso de CAD ajuda o projetista a visualizar o produto e seus subconjuntos de peças, o que reduz o tempo necessário para sintetizar, analisar e documentar o projeto. Além disso, também há a redução de custos e tempo de conclusão do projeto;
- **Melhor qualidade do projeto:** um sistema CAD permite uma análise minuciosa da engenharia em um curto período. Os erros pertinentes são reduzidos pela precisão incorporada ao sistema e por meio de verificações. Tais fatores elevam a qualidade e precisão do projeto;
- **Melhor comunicação através da documentação:** o uso de softwares CAD fornece melhores desenhos de engenharia, padronização nos desenhos, melhor documentação, menos erros de desenho e maior legibilidade;
- **Criação de banco de dados:** o processo de criação de projetos gera um grande número de desenhos com informações e dados pertinentes, os quais podem ser utilizados para outros projetos. Com isso, um grande banco de dados é criado e pode ser aplicado para fabricação integrada por computador, como planejamento de processos e outros.

Diferentes projetistas exigem diferentes conjuntos de ferramentas de CAD para auxiliar na criação ou modificação de seu produto. Um produto simples, com quantidade reduzida de componentes ou com um único componente, pode precisar apenas de ferramentas bidimensionais (2D) de desenho e design mais rápidas, enquanto um design robusto, com um grande número de componentes, exige um desenho 3D com ferramentas avançadas de apresentação simplificada (Sarkar, 2014). De forma geral, existem essas categorias de projetos CAD amplamente utilizados: os desenhos em um plano 2D (Figura 1) e os desenhos no espaço 3D.

O projeto de uma construção pode ser realizado tanto no formato 2D (planta baixa) quanto em 3D. Os projetistas podem optar a princípio pela criação de uma planta baixa com objetivo de documentar e comunicar aos operários durante a obra, posteriormente, recorre-se a um desenho 3D para projetos estruturais, hidráulicos, iluminação e comunicação com o arquiteto. Em projetos da engenharia mecânica pode-se optar pelos dois formatos, tudo depende de como os projetistas querem documentar e executar os projetos.

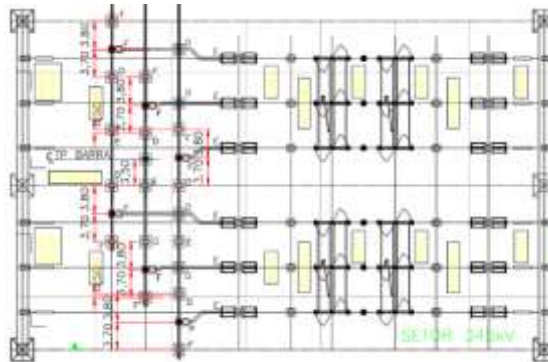


Figura 1 – Exemplo de planta baixa de subestação.

3.0 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados os conceitos e especificações da abordagem proposta neste trabalho. Inicialmente é apresentada a arquitetura de software do sistema. Em seguida, é apresentada a estratégia de integração com o software de RV.

3.1 Arquitetura de Software

Com base nas necessidades e objetivos descritos, foi elaborada uma arquitetura de software para a integração de plantas baixas e AVs de SEs. Essa arquitetura visa unir as tecnologias que proporcionam a elaboração e edição de AVs e a integração entre os sistemas, consumindo assim, os recursos da biblioteca onde é armazenado todos os elementos importantes para os projetos em CAD e 3D.

O intuito da arquitetura é minimizar as dificuldades e problemas da concepção de Ambientes Virtuais 3D constituídos diretamente em softwares de modelagem e criação de jogos 3D. Dessa forma, a concepção de Ambientes Virtuais por projetistas de subestações tem um nível de abstração mais elevado, não o obrigando a ter experiência em ferramentas não usuais no contexto do ambiente de trabalho para conceber projetos de SEs para RV. A Figura 2 apresenta a arquitetura do sistema.

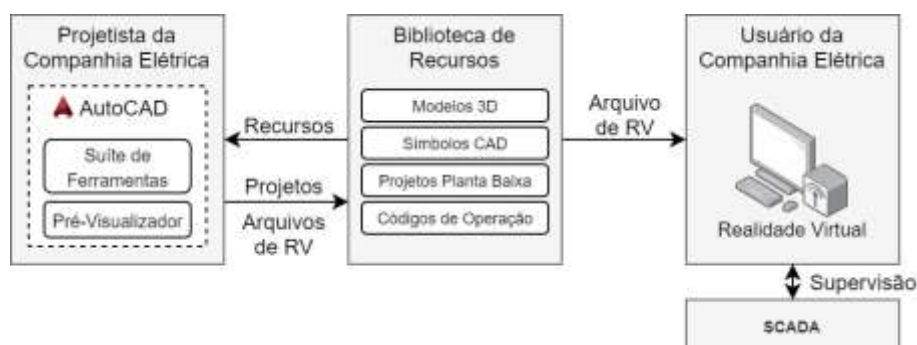


Figura 2 – Arquitetura do sistema de integração entre plantas baixas e RV.

A arquitetura é composta pelos seguintes softwares:

- **Suíte de Ferramentas CAD:** é um conjunto de ferramentas integradas no software CAD, que auxiliam o projetista a criar plantas baixas a partir de itens cadastrados na biblioteca, o qual oferece recursos como: (i) abrir e atualizar projetos do usuário, (ii) pesquisar e inserir/substituir símbolos que representam modelo 3D, (iii) criar e relacionar novos símbolos CAD com o modelo 3D, (iv) inserir e editar condutores elétricos, (v) definir altura de elementos, (vi) pré-visualizar a planta baixa em 3D e (vii) compilar e integrar com Sistema de RV;
- **Biblioteca de Recursos:** é um sistema em rede que centraliza informações de subestações e provê serviços para aplicações externas, como, por exemplo, a suíte de ferramentas CAD. Dessa forma, armazena modelos 3D, símbolos CAD de modelos 3D, lista de subestações, projetos de planta baixa de subestações, organização de usuário e documentação. O sistema mantém uma base de dados com relacionamentos entre modelos 3D, símbolos, subestações, versionamento de projetos de planta baixa, informações físicas de objetos (tensão, fabricante, categoria de objeto e outros), e possui uma interface gráfica amigável de fácil uso;
- **Sistema de Realidade Virtual:** O sistema de RV possui um módulo de integração para reconstrução do AV. Ele realiza a leitura de um arquivo exportado de projeto CAD de planta baixa, efetua o download dos modelos necessários para aquela cena e reconstrói o AV em um processo de curto tempo. Com ele o usuário realiza a navegação e interação com os ativos, além de supervisionar os elementos em tempo real.

3.2 Desenho da Planta Baixa e Atributos

O desenho da planta baixa é realizado utilizando a suíte de ferramentas CAD e do software AutoCAD para manipular os símbolos. Os símbolos são representações bidimensionais dos modelos 3D armazenados na biblioteca de recursos.

A inserção dos símbolos na planta baixa é realizada por uma ferramenta implementada com funcionalidades para busca, seleção e inserção de elementos. Primeiramente, o usuário realiza a busca através de filtros informando a classe, descrição ou código do elemento. A biblioteca retorna uma lista de símbolos apresentando imagens em miniaturas e suas informações.

Ao selecionar o símbolo desejado e executar o processo de inserção, uma requisição HTTP/GET é enviada por meio da URL “http://servidor:porta/api/symbols/?id=1”, onde o trecho “id=1” representa a identificação do elemento selecionado. Logo em seguida, a ferramenta de inserção recebe o pacote de dados solicitado, contendo informações do símbolo e do modelo 3D. A Figura 3 apresenta um símbolo isolado inserido em uma planta baixa contendo os atributos relacionados a suas características e ao modelo 3D que ele representa.

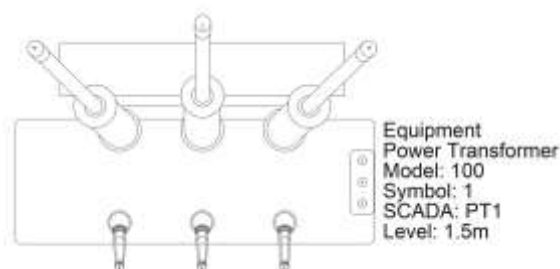


Figura 3 – Exemplo de símbolo de um modelo 3D com seus atributos.

3.3 Processo de Integração

O processo de integração entre plantas baixas e RV é realizado por meio da adequação dos dados dos elementos da planta baixa em um formato comum entre os dois. Por se tratarem de softwares com espaços dimensionais diferentes, há o desafio de reproduzir o que está no plano bidimensional (2D) para 3D sem a necessidade da ação manual do usuário. Neste sentido, a estratégia de integração proposta é através da extração das informações de cada entidade do desenho e sua organização em estruturas de dados utilizando grafos para manter a hierarquia e o uso de metamodelo para definir o formato do arquivo de integração.

A Figura 4 apresenta o diagrama conceitual do processo de concepção de plantas baixas por meio da inserção de símbolos, o processo de extração e adequação dos dados para integração entre ferramentas CAD e software de RV. Na etapa de manipulação da planta baixa, os símbolos são obtidos por meio da biblioteca de

recursos e inseridos no desenho. Posteriormente, quando solicitado pelo usuário o processo de integração é executado e realizado em três etapas:

- **Extração da estrutura dos grafos:** o processo obtém todos os relacionamentos entre símbolos de forma hierárquica e armazena temporariamente em uma estrutura de dados;
- **Extração dos metadados:** o processo extrai os atributos dos símbolos inseridos durante a manipulação do desenho. Também é extraído informações adicionais como a matriz de transformação (posição, rotação e escala).
- **Aplicação do metamodelo:** o processo organiza os grafos de cena e os metadados em uma estrutura de dados unificada. Nessa etapa, os dados são organizados em blocos referenciados, mantendo a hierarquia dos elementos. Toda a informação é armazenada em um arquivo com formato XML, para transporte de dados pela internet.

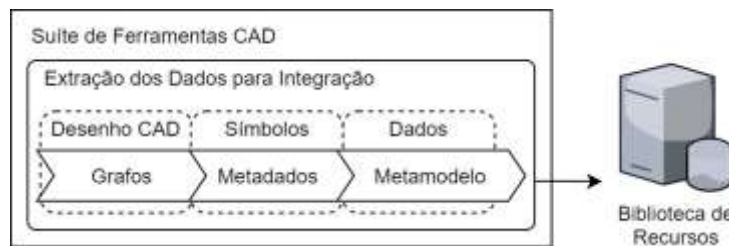


Figura 4 – Diagrama conceitual do processo de integração a partir do software CAD.

A Figura 5 apresenta um diagrama conceitual do processo de recuperação pelo SRV do arquivo de integração, extração dos dados, transferência e atualização dos modelos 3D locais e a reconstrução do ambiente virtual em RV.

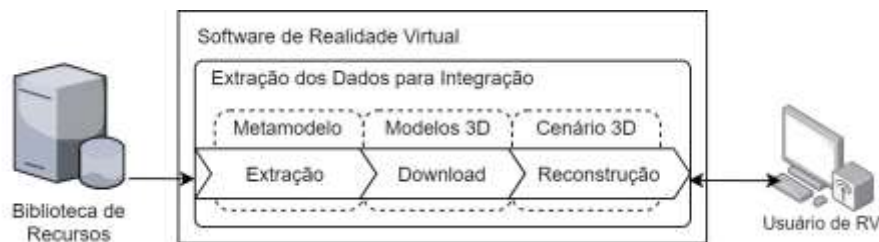


Figura 5 – Diagrama conceitual do processo de integração a partir do software de RV.

Através de algoritmos de extração de metamodelo, o arquivo é decomposto e os dados são utilizados para realizar a transferência e atualização de modelos, bem como para a reconstrução do cenário 3D. O Quadro 1 apresenta o arquivo de integração entre CAD e RV.

Quadro 1 – Arquivo de integração entre CAD e RV estruturado pelo metamodelo em formato XML.

```
<scene id="30" name="Power Substation Name" initials="PSN" units="Meters">
  <objects>
    <object model-type="type" model-id-scada="X" model-id="01" symbol-id="11" block-id="14098" ">
      <transform>
        <position x="5.0000" y="0.0000" z="40.0000" />
        <rotation x="0.0000" y="0.0000" z="0.0000" />
        <scale x="1.0000" y="1.0000" z="1.0000" />
      </transform>
    </object>
  </objects>
  <conductors>
    <cable conductor-id="15601" first-point-id="14098" second-point-id="14953" thickness="0.05" />
  </conductors>
</scene>
```

4.0 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

A avaliação experimental foi realizada através de um estudo de caso aplicado ao projeto de P&D GT0618 da Companhia Energética de Minas Gerais. O projeto permeia temas de pesquisa em RV para supervisão e treinamento para sistemas críticos de energia elétrica, além de interfaces homem-computador que viabilizam os três pilares da RV: interação, imersão e imaginação (Sheridan, 2000).

Para o estudo de caso e avaliação da proposta, foi realizada a concepção da planta baixa da subestação de Jeceaba, que opera com o nível de tensão de 345 mil volts. A Figura 6 apresenta a planta baixa desenvolvida utilizando a suíte de ferramentas CAD. Há 312 elementos no total, incluindo estruturas, equipamentos e construções.

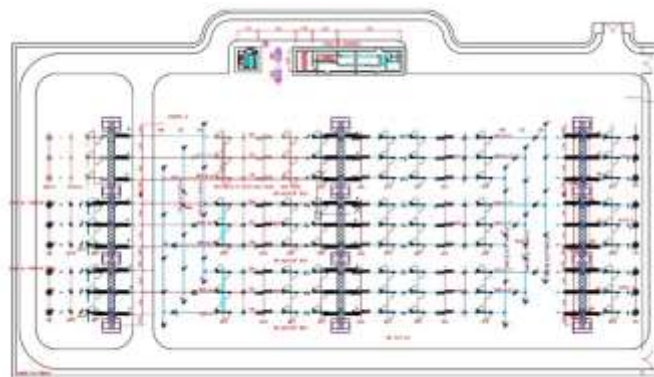


Figura 6 – Diagrama conceitual do processo de integração a partir do software de RV.

4.1 Resultados do Processo de Integração

O software de RV realizou a reconstrução do AV através do arquivo de integração da subestação de Jeceaba solicitado à biblioteca de recursos. Logo após a requisição e recebimento dos dados, o módulo de reconstrução deu início a concepção do AV. Por meio dos metadados e dados de topologia do cenário, os elementos foram posicionados e as conexões para condutores elétricos entre equipamentos foram desenhadas. O tempo de processamento para esse AV foi de 4,09 segundos. A Figura 7 apresenta o AV da subestação concebida em RV.

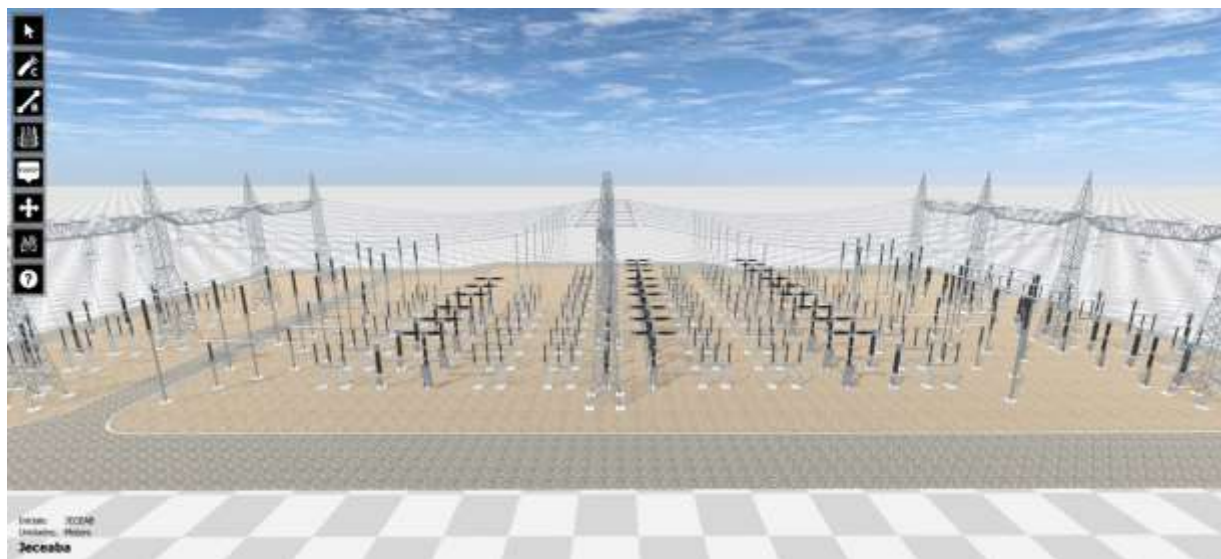


Figura 7 – Subestação de energia elétrica de Jeceaba integrada ao software de Realidade Virtual.

O ambiente virtual da subestação apresentou credibilidade visual, construtiva e comportamental em relação ao ambiente real. Parte desta fidelidade é resultado da modelagem geométrica utilizando como referência documentos CAD, diagramas e fotografias. A credibilidade construtiva é resultado do uso da suíte de ferramentas CAD e do sistema de reconstrução do software de RV, que processou e aplicou as matrizes de transformação (posição, rotação e escala) aos equipamentos e inseriu os condutores elétricos. Também possibilitou a

representação comportamental e de estado dos equipamentos através de informações visuais como etiquetas e destaques (Figura 8).



Figura 8 – Ativos gerenciáveis em destaque e com apresentação dos códigos de operação no ambiente de RV.

5.0 CONCLUSÕES

Este trabalho propôs uma metodologia de integração entre plantas baixas CAD e SRV através de estruturas de dados geradas por uma definição de metamodelo. Uma arquitetura de software para gerenciar a integração foi apresentada. A avaliação da proposta foi realizada através de testes de desempenho de integração e reconstrução através de um estudo de caso aplicado ao desenvolvimento de SEEs de um projeto de P&D.

Em conclusão, observa-se a aderência da estratégia proposta aplicada a projetos de subestações por apresentar a capacidade de uma fácil e rápida integração entre projetos CAD e RV, de forma a aperfeiçoar os processos de concepção de sua representação digital, visto que utilizando motores de desenvolvimento de jogos há um demasiado esforço técnico. Assim, acredita-se que as técnicas aqui propostas contribuem para um aspecto positivo e mais natural na concepção dos Ambientes Virtuais por meio de plantas baixas.

Em trabalhos futuros, deseja-se aprimorar o SI para uso de modelos paramétricos e Building Information Modeling (BIM) para expandir as possibilidades de aplicação do Editor CAD e o sistemas de RV. Desta forma, se espera que a manipulação de plantas baixas CAD com representação simbólica, facilite o processo de concepção de Ambientes Virtuais para propósitos de revisão de projetos e simulações.

REFERÊNCIAS

- (1) BOQUIMPANI, A.R., FIGUEIRA FILHO, S. A Realidade Aumentada como Novo Paradigma da Interface Homem-Máquina: Um Caso de Estudo Aplicado à Leitura de Rótulos Nutricionais, Trabalho de Conclusão de Curso de Sistemas de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ.
- (2) KIRNER, C., SISCOOTTO, R. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada, Petrópolis, RJ, Brasil: Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2007.
- (3) BURDEA, G.C., COIFFET, P. *Virtual Reality Technology*, A Wiley-Interscience Publication, 2003.
- (4) CARVALHO, A., CARDOSO, A., BARRETO, C., LAMOUNIER, E., LIMA, G.F.M., MATTIOLI, L.R., MIRANDA, M., PRADO, P.R.M. A methodology for reducing the time necessary to generate virtual electric substations, IEEE Virtual Reality, 2016, pp. 163-164.
- (5) SIMÕES, F., ALMEIDA, M., PINHEIRO, M., ANJOS, R. D., SANTOS, A. D., ROBERTO, R., TEICHRIEB, V., SUETSUGO, C., PELINSON, A. Challenges In 3d Reconstruction from Images for Difficult Large-Scale Objects: A

Study on the Modeling of Electrical Substations, In 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2012, Pp. 74-83.

(6) SARKAR, C.K. *Technology computer aided design: simulation for VLSI MOSFET*. CRC Press Taylor and Francis Group, 2013.

(7) SARCAR, M., RAO, K., NARAYAN, K. *Computer Aided Design and Manufacturing*. Prentice-Hall of India, 2008.

(8) SARKAR, J. *Computer Aided Design: A Conceptual Approach*. CRC Press Taylor and Francis Group, 2014.

(9) Sheridan, T. B. Interaction, imagination and immersion some research needs. Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '00, 2000.

DADOS BIOGRÁFICOS



(1) CAMILO DE LELLIS BARRETO JUNIOR

Doutorando pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) com ênfase em Realidade Virtual aplicada em Sistemas Críticos de energia elétrica, onde recebeu o título de Mestre em Ciências em 2016. Bacharel em Engenharia da Computação pela Universidade de Uberaba (UNIUBE), em 2014. Integrante do Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada (GRVA - UFU). Tem experiência nas áreas de Engenharia da Computação e Computação Gráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: Desenvolvimento de Software, Softwares Embarcados, Sistemas Microcontrolados, Ferramentas CAD (Inventor, AutoCAD, SolidWorks), Modelagem 3D, Game Design, Ambientes Virtuais Realísticos, Realidade Virtual e Aumentada.

(2) ALEXANDRE CARDOSO

Engenheiro Eletricista, Mestre em Engenharia Elétrica: Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Doutor em Engenharia Elétrica pela USP. Professor Titular da UFU, foi Coordenador do Programa de Pós-Graduação e da Graduação em Engenharia Elétrica. Atua em áreas de Engenharia da Computação nos temas: Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Educação, Ambientes Virtuais, Interfaces Humano Computador e Visualização da Informação. Foi Coordenador da Comissão Especial de Realidade Virtual - SBC. Coordena projetos internacionais: BRAFITEC (Polytech Paris/Lille/Marseille/Grenoble/Lyon/Orleans) e o desenvolvimento do Sistema de Realidade Virtual da Cemig GT, além do projeto de BIM/GIS/SAP associado à Subestações de Furnas.

(3) EDGARD AFONSO LAMOUNIER JÚNIOR

Concluiu o ciclo básico de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no período de 1982 a 1984. Possui graduação em Matemática (1986) e mestrado em Engenharia Elétrica (1989) pela UFU. Em 1996, obteve o título de PhD pela Universidade de Leeds, Inglaterra, sendo reconhecido no Brasil com o título de Doutor em Engenharia Elétrica. Atualmente, é professor Titular da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU. Tem experiência na área de Engenharia e Ciência da Computação, com ênfase em Arquitetura de Sistemas de Computação e Computação Gráfica. Atua com Realidade Virtual e Aumentada em Reabilitação e Sistemas de Engenharia.

(4) GERSON FLAVIO MENDES DE LIMA

Engenheiro, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica, Pós-Doutorado em Análise de Sinais de Engenharia Biomédica e Simulações utilizando Realidade Virtual e Inteligência Computacional por Stanford. Pesquisador em Sistema BIM aplicados em Subestações de Energia Elétrica integrado com GIS.

(5) ALEXANDRE CARVALHO SILVA

É Professor efetivo do Instituto Federal Goiano - Morrinhos, Doutor e Mestre em Ciências, com ênfase em Computação Gráfica/Realidade Virtual, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia, Especialista (Lato Sensu) em Desenvolvimento de Sistemas Web e Dispositivos Móveis pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro. Possui graduação em Sistemas de Informação pelo Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara - ILES/ULBRA. É líder do grupo de pesquisa NuPPGIN (Núcleo de Pesquisas em Processamento Gráfico e Interação Natural). Tem experiência no desenvolvimento de ambientes virtuais tridimensionais voltados simulação e controle.