

## **Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL**

**Metodologia utilizando o conceito BIM (Building Information Modeling) aplicada a projetos de subestações integrado a Sistema de Inteligência Geográfica (SIG)**

**ALEXANDRE CARDOSO(1); GERSON FLAVIO MENDES DE LIMA(1); DIOGO MARTINS AZEVEDO(1); SÉRGIO RICARDO RAMOS SILVEIRA(2); AUGUSTO TULIO MANSOUR SIMÃO(1); ARNALDO J P ROSENTINO (3); UFU(1); Furnas(2); UFTM (3).**

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta uma metodologia para integração do sistema *Building Information Modeling* (BIM) com o Sistema de informação Geográfica (SIG), no contexto das subestações de energia de Furnas Centrais Elétricas, destacando os resultados a serem alcançados com esta proposta, tais como: redução do custo de logística por demanda de manutenções; prevenção de possíveis acidentes e possibilidade de atualização de informações em tempo real. A partir das definições das metodologias envolvidas, BIM e SIG, e sua integração para aplicação em subestações, elucida-se a relevância na perspectiva inovadora para projetos. Através deste trabalho, pode ser identificado que a associação da metodologia BIM com o SIG proporciona condições de aprimoramento do desempenho de equipes técnicas, durante etapas de planejamento e execução dos projetos de subestações.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Building Information Modeling - BIM, Sistema de Inteligência Geográfica - SIG, Subestações de Energia Elétrica

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

As inovações advindas da aplicação de BIM (*Building Information Modeling*), SIG (Sistema de Inteligência Geográfica), Realidade Virtual (RV) e Aumentada (RA) estão bem definidas no âmbito da engenharia civil, arquitetura, gestão de obras e edificações [1]. Estas tecnologias aplicadas em conjunto apresentam resultados satisfatórios nas tomadas de decisões, transporte de materiais e equipes, infraestrutura e gerenciamento de consumo [2,3].

A proposta da integração da metodologia BIM para construção de subestações de energia elétrica torna-se atraente, uma vez que, esta metodologia apresenta facilidades na gestão de grandes projetos trazendo consigo um modelo tridimensional associado a atributos e informações construtivas. À vista destas vantagens, o Governo Federal instituiu no Decreto Nº 9.377 de 17 de Maio de 2018 que tem como objetivo disseminar o BIM [4]. Onde a partir de 2021 será exigida a metodologia BIM na elaboração dos modelos de arquitetura e de engenharia referentes às disciplinas de estrutura, hidráulica, de Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e de elétrica [4].

A metodologia BIM fornece uma melhor documentação e visualização de projetos, permitindo uma otimização da coordenação das equipes e tomadas de decisão, já que as multidisciplinas envolvidas em um projeto são unificadas em um único modelo. Este objetivo é alcançado devido à interoperabilidade e compartilhamento de informações desencadeados pela técnica BIM, ou seja, tal ferramenta permite representar de maneira ordenada e consistente as informações e etapas do projeto [5]. Autores tem destacado dificuldades nas práticas de projeto realizadas por modelos anteriores à metodologia BIM, devido a fragmentação, deficiência de informações e incompatibilidade interdisciplinar [6-8].

Ademais, o modelo atual de projetos de subestações de energia elétrica é baseado em arquivos Computer-Aided Design (CAD), a qual consiste de uma base de dados bidimensional, e deve estar sempre atualizada. Em alguns casos as especificações técnicas são elaboradas ao longo de muitos anos, o que engloba diversas ampliações operativas, troca de ativos de campo, etc. Desta forma, nota-se que estas informações são imprescindíveis no contexto de energia elétrica nacional [9]. Porém, caso estas informações estiverem desatualizadas, pode-se acarretar na obsolescência dos equipamentos e até mesmo na impossibilidade de prever conflitos entre as multidisciplinas de projetos dessa natureza [10].

Assim com o intuito de uma melhor coordenação de equipes, visualização de projeto e documentação, propõe-se a utilização da metodologia BIM em projetos de subestações de energia elétrica para permitir uma interoperabilidade entre as multidisciplinas envolvidas [11].

Buscando uma melhor gestão de projetos, verifica-se a possibilidade de aliar a metodologia BIM com os softwares de Sistema de Inteligência Geográfica (SIG), visto que, estes softwares são uma base de dados utilizada nos meios de produção geográfica por meio de coordenadas espaciais, que delimitam uma região de atuação, e são amplamente utilizados nas áreas de Engenharia Civil, Arquitetura e Topologia [12]. Além das informações de coordenadas geográficas, é possível ainda ter noções espaciais, referência do período de validade dos dados geográficos e variações no tempo [13].

Embora no contexto da Arquitetura e Engenharia Civil, a associação da metodologia BIM com as tecnologias SIG já são utilizadas em uma grande escala em projetos, não existe referências destas aplicações em construções e manutenções desenvolvidas no setor elétrico nacional. Assim, este trabalho destaca os resultados inovadores a serem alcançados através da integração BIM e SIG, aplicada na engenharia, operação e manutenção de Subestações de Energia Elétrica.

Neste sentido, faz-se necessário um estudo aprofundado nos setores de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, foco deste trabalho, uma vez que, a associação das tecnologias gera um mapa com alta precisão das informações relacionadas com os ativos em campo, arranjos, cabeamento e componentes de uma subestação de energia elétrica, a qual está presente em cada um desses setores do sistema elétrico. Esse conjunto de informações impacta nas logísticas de equipamentos e equipes de manutenção, pois leva à redução de custos por retrabalho em projetos de subestações. Há ainda uma integração com serviços, monitoramento, supervisão e inspeção, geração de valores e redução de custos com procedimentos incorporados pelo uso de tecnologia BIM.

## 2.0 - BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Os softwares *Computer Aided Design* (CAD) já são amplamente utilizados nos escritórios de arquitetura, engenharia e construção (AEC) [14]. Contudo, estes programas apresentam uma deficiência de integração entre o desenho da construção e os cálculos estruturais, levando a restrições na comunicação com o projetista, e entre as multidisciplinas envolvidas em projetos [7].

Assim, para um melhor gerenciamento do projeto, o ideal seria apresentar todas as informações agregadas ao projeto em uma única planta, através de representação gráfica, numérica e textual, utilizando de ferramentas como a Realidade Virtual (RV) [15] e o *Building Information Modeling* -BIM, as quais permitem novos meios para a coordenação, colaboração de equipes, e troca de informação entre organizações [16].

A metodologia BIM, apresenta-se como uma ferramenta mais eficiente e adequada para projetos realizados por diversas vertentes, uma vez que possibilita o compartilhamento e a atualização das informações referentes aos modelos, aliada à sua respectiva visualização gráfica. Ademais, essa metodologia se sobressai do CAD, uma vez que, possibilita a coordenação entre diferentes segmentos do projeto, evitando incompatibilidades entre os produtos modelados, e também permite a simulação multidimensional do produto, a qual torna-se cada vez mais viável à medida que o projeto e seus segmentos tornam-se mais complexos [17]. Portanto, o BIM é mais que uma simples visualização tridimensional de um modelo, pois, além disso, agrega informações construtivas dos objetos modelados (Figura 1) [7].

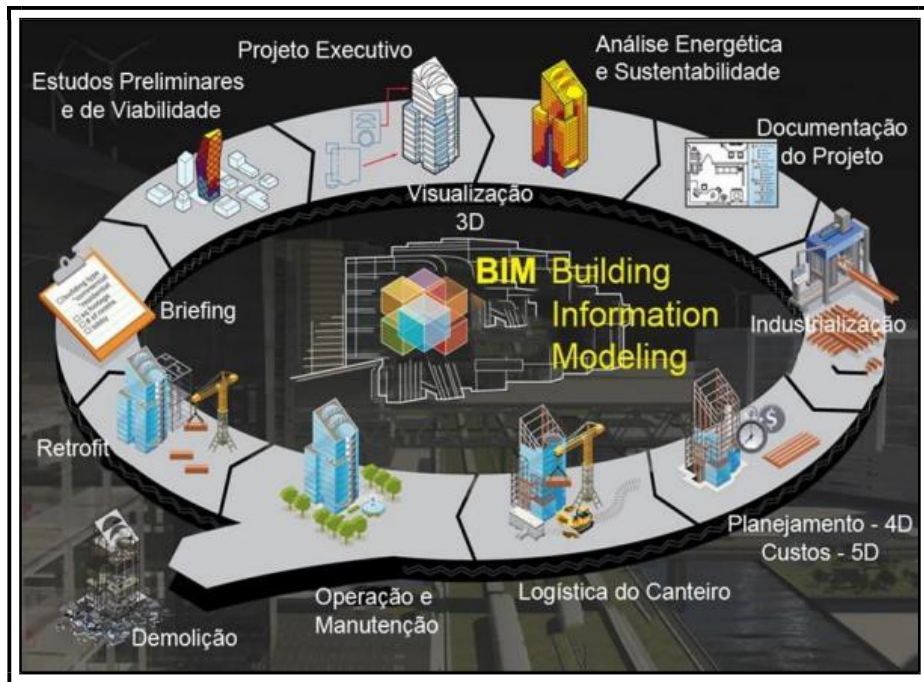


Figura 1 - Fluxo de processos de um projeto BIM (Fonte Autodesk, Adaptado de 20)

Uma vez que as informações construtivas são incorporadas, torna-se possível um compartilhamento dos dados de projeto entre as diferentes equipes envolvidas na concepção e execução do projeto, facilitando, assim, as tomadas de decisões críticas [18]. Adicionalmente, existem definições quanto ao nível de maturidade do projeto BIM, em que contempla desde a fase de CAD-BIM até a integração, e interoperabilidade de equipes e softwares. Assim, é possível agregar informações geográficas ao modelo, ver Figura 2 [19].

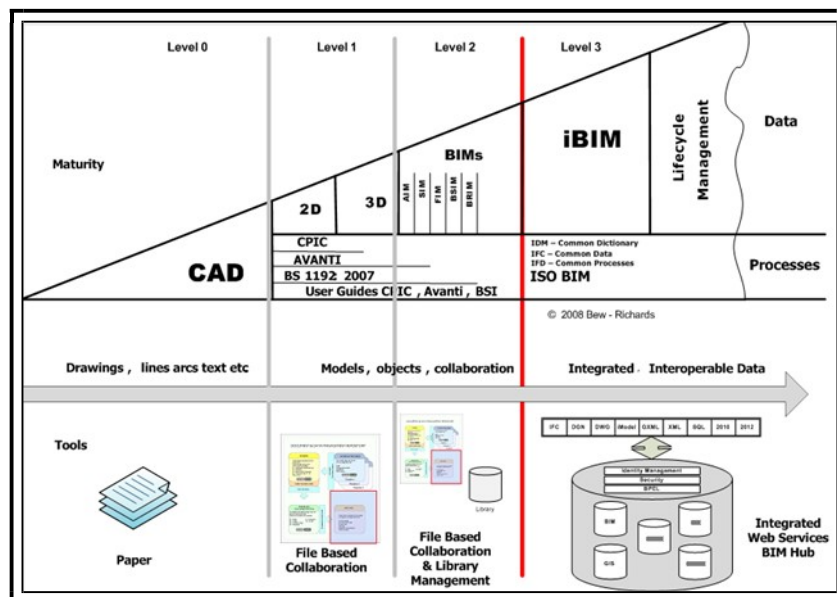


Figura 2 - Níveis de maturidade BIM (Fonte: 19)

Dessa forma, o nível mais alto de definição de projetos utilizando a metodologia BIM permite a interoperabilidade e dados integrados com sistemas de serviços WEB, através dos padrões de comunicações IFC (ISO 16739-1:2018) [19]. Neste sentido, possibilita-se o desenvolvimento de modelos a serem integrados com Sistemas de Inteligência Geográfica – SIG.

## 2.1 Industry Foundation Class (IFC)

O IFC é um padrão aberto e internacional de modelo de dados que tem o intuito de interoperabilidade entre os softwares BIM [19]. Este protocolo foi criado por um grupo em 1993, composto por empresas de construção dos Estados Unidos, as quais buscavam meios de utilizar, de forma mais efetiva, a Tecnologia da Informação (TI) nas áreas da AEC [15].

Assim, o IFC é um padrão de dados de tradução, em formato “não proprietário”, disponível de forma livre para a definição de objetos na AEC. Todavia, o *Industry foundation class* não padroniza as estruturas de dados em aplicações de software, de forma a restringir apenas as informações compartilhadas [20].

A *General Services Administration* define o IFC como um esquema de especificações, fornecendo maneiras de definir e conhecer relações e propriedades específicas de objetos de um edifício, contidas em um modelo BIM. Adicionalmente, o IFC é um formato de dados neutro e aberto. Assim, encontra-se disponível para as empresas de software desenvolverem exportações de dados em IFC. Entretanto, para isto ocorrer, a aplicação necessita ser compatível com este formato. Esta adequação é realizada por um processo de certificação fornecido pela *buildingSMART*. [20].

## 2.2 Sistema de Inteligência Geográfica (SIG)

Sistema de Inteligência Geográfica (SIG) é uma ferramenta utilizada em gerenciamento, a qual, possui a capacidade de coletar, armazenar, recuperar e manipular informações georeferenciadas [21]. Os sistemas de informação geográficas possuem 3 componentes importantes, quais sejam: um hardware (Computador, smartphone etc), um software de aplicação com usuários conectados a um banco de dados, e uma conexão de infraestrutura [21].

Com a crescente demanda de serviços aplicados na área da indústria da construção, o uso de ferramentas que permitem uma melhor visualização de informações para tomadas de decisão no âmbito geoespacial é imprescindível [22]. Além de gerenciamento para tomada de decisão, é possível ainda realizar análises de regiões de interesses, variando em função do tempo [23].

Além desta camada de visualização é possível implementar um banco de dados atrelado a um sistema de inteligência geográfica, assim resultando em uma plataforma engenhosa, capaz de analisar os comportamentos das áreas de interesse de maneira mais objetiva. Assim, o sistema apresenta informações no formato cartográfico, tornando a visualização e operação do sistema mais intuitiva para os usuários. Não somente, o SIG consegue assimilar em um único modelo virtual todos os parâmetros do ambiente real e, ao ser associado a outra plataforma que ampara o mapa, é possível realizar alterações e simulações de acordo com as exigências do projeto [24].

Ao associar dados SIG com um conjunto de modelo tridimensionais inteligentes (BIM), atingindo assim o nível 3 de maturidade BIM (figura 1) toda a movimentação do ambiente virtual passa a ser progressivamente simulada [19, 25]. Esta interação entre BIM e SIG é possível de maneira que uma ferramenta complementa a outra, ou seja, enquanto o SIG analisa os objetos e os pontos de interesse que se apresentam no ambiente, o sistema BIM atua na criação de um ambiente virtual inteligente [24].

Portanto, o BIM tem como função complementar o serviço prestado pelas ferramentas SIG, em que a primeira tem o foco em um ambiente interno com um alto *Level of Detail* (LOD – Nível de detalhamento) e o segundo foca no ambiente externo com um baixo LOD [26].

Ao combinar BIM e SIG, utilizando os formatos IFC para exportar os dados BIM e uma extensão do CityGML para aderir a semântica e as propriedades do IFC é possível integrar estas ferramentas [27]. Esta integração possui o fluxo da Figura 3.

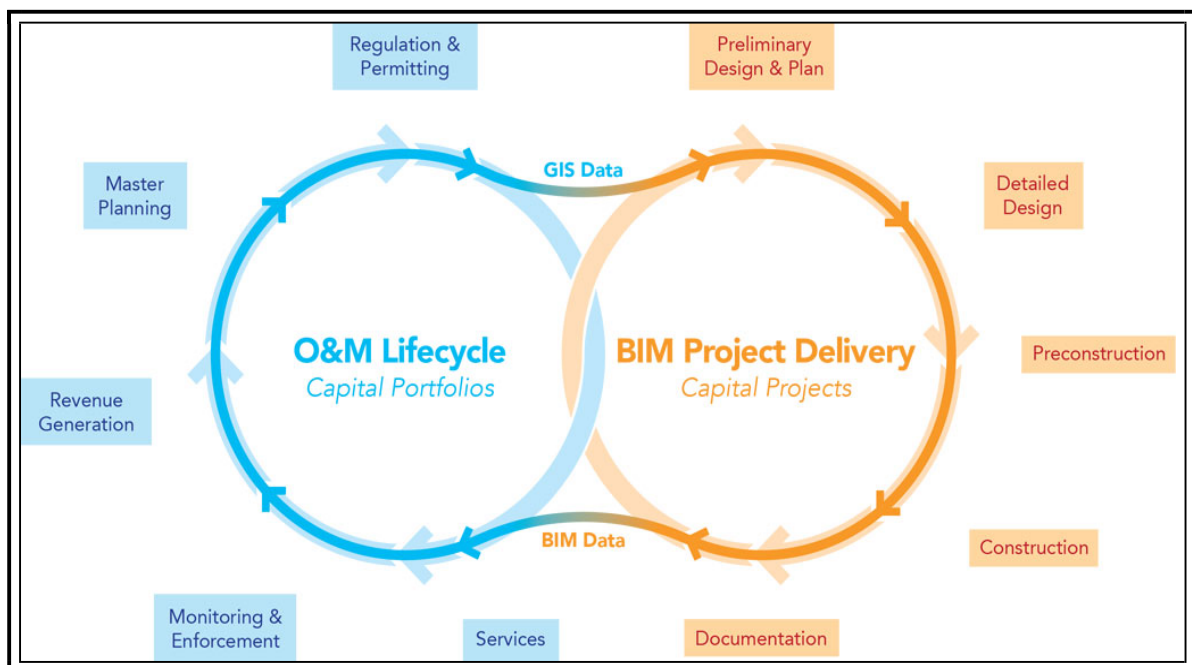


Figura 3 - Ciclo de vida de projetos afetado pela integração de dados BIM e SIG[28].

### 2.3 Revisão Bibliográfica

Neste tópico, serão abordados trabalhos relacionados ao tema proposto, bem como um comparativo entre esta pesquisa e os trabalhos mais adequados ao tema. Para encontrar os trabalhos científicos mais aderentes foram utilizadas as seguintes palavras chave: *Building Information Modeling*, *Geographic Information System*, Subestações de energia elétrica e georreferenciamento. Após pesquisa, identificou-se 3 artigos mais ligados à pesquisa proposta.

#### 2.3.1 *An Assessment of Paths for Transforming IFC to Shapefile for Integration of BIM and SIG* [1]

Este artigo demonstra uma possível forma de integrar BIM e SIG, utilizando o padrão IFC, adotado por vários softwares BIM para interoperabilidade entre estes, e o formato *shapefile* de softwares SIG. O trabalho faz teste de diferentes formatos e métodos para transformar IFC em *shapefile*, de forma a avaliar a performance. Para conversão, aplicou-se um ranking para uma melhor seleção de formato intermediário. O trabalho enfatiza que os formatos como DWG, DXF, KML e KMZ obtiveram péssimos resultados, enquanto os 3DS, VRML e SKP tiveram o maior nível de informação.

#### 2.3.2 *Innovative Approach to the Substation Design using Building Information Modeling (BIM) Technology* [29]

Este estudo desenvolveu um software baseado em um modelo hospedado BIM, contendo todas as informações dos equipamentos. Há suporte de se trabalhar na estrutura completa do modelo em CAD e em nível de banco de dados. O método BIM, o qual é a base do software, se mostra como uma nova abordagem no mundo do design e fornece soluções para a abundância de questões que os engenheiros lidam com cada projeto. O tempo de projeto da subestação é reduzido consideravelmente e o processo de projeto é simplificado e lógico.

#### 2.3.3 A integração entre BIM e SIG como ferramenta de gestão urbana [12]

Este trabalho apresenta uma análise sobre a interseção entre BIM e SIG, com o intuito de criação de um sistema de gestão urbana, para que os órgãos responsáveis possam fornecer um controle mais preciso das áreas saturadas e de risco. Adicionalmente, o sistema proposto também poderá ser utilizado para projetistas e equipes de execução da área de AEC.

#### 2.3.4 Comparativo entre os trabalhos

Após análise de diversos documentos, os 3 (três) trabalhos descritos anteriormente foram os mais aderentes ao tema desta pesquisa, devido à integração entre as tecnologias BIM e SIG, e/ou à aplicação do sistema BIM em subestações de energia elétrica. Contudo, vale ressaltar que nem um destes trabalhos apresenta a integração de BIM e SIG no âmbito de Subestações de Energia elétrica (SE) como fica discriminado da Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo entre trabalhos correlatos

Correlatos	BIM	SIG	Subestações - SE
2.3.1	X	X	
2.3.2	X		X
2.3.3	X	X	
Este trabalho	X	X	X

### 3.0 - METODOLOGIA PROPOSTA PARA INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS BIM E SIG COM APLICAÇÃO EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA

O projeto de pesquisa está em fase de desenvolvimento e requer etapas de avaliações de software para a junção entre a metodologia BIM e os softwares de SIG. Neste sentido, foi realizada uma análise quanto à compatibilidade entre os softwares de modelagem *Building Information Modeling* com os de *Geographic Information System*.

Após a definição do software de modelagem BIM, é necessário levantar as informações construtivas e operacionais dos equipamentos. Por fim, realiza-se a modelagem e atribui informações ao modelo tridimensional, constituindo uma biblioteca de modelos BIM de subestações de energia elétrica, atendendo o Art.2º, parágrafo VII do Decreto Nº 9.377, de 17 de Maio de 2018.

Após modelagem, o arquivo é exportado no formato IFC, citado na seção 2.1 deste trabalho, o qual é um produto neutro sem fins lucrativos, e que tem como intuito dar suporte para os ciclos de vida de edificações, criando um padrão de modelo de dados baseado na ISO 16739:2018. Assim, permite-se a interoperabilidade na AEC, padrão criado pela *buildingSMART*. Nesse sentido, é possível exportar o modelo BIM para um software que possibilite a inserção de informações geográficas. Por fim, desenvolve-se um Ambiente Virtual que incorpore um modelo final dotado de informações construtivas e geográficas do objeto.

Para concatenar as tecnologias BIM com a possibilidade de georreferenciamento foi adotado o fluxo de trabalho



apresentando na Figura 4:

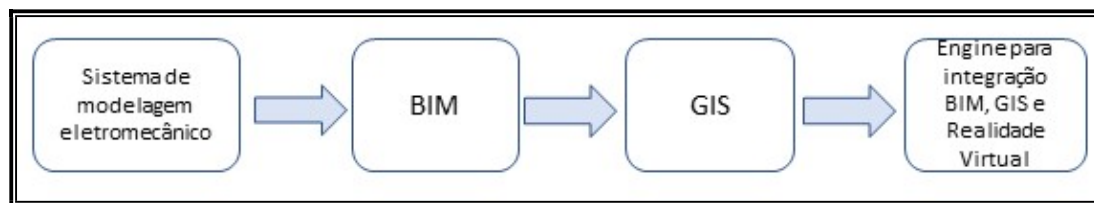


Figura 4 - Workflow do projeto

Para a seleção do software de modelagem, o mesmo deve atender os requisitos de uma modelagem paramétrica do objeto, para que, o mesmo seja preciso e fidedigno. Além da modelagem geométrica, o software deve ser capaz de implementar informações físicas, por exemplo, peso do dispositivo baseado na densidade do material utilizado no modelo. Por fim, deve ainda ser capaz de definir custos e informações pertinentes à ativos em campo de subestações de energia elétrica (Figura 5).

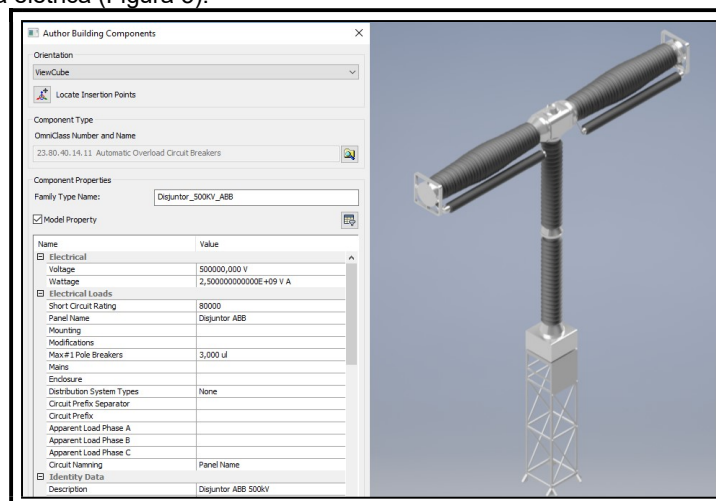


Figura 5 – Disjuntor ABB 500kV

Após a construção do modelo BIM dos equipamentos de subestações de energia elétrica e criação da biblioteca de modelos, com os principais componentes utilizados pela Furnas Centrais Elétricas S/A, estes modelos possuirão famílias padronizadas para o editor BIM. Dessa forma, exporta-se os modelos para um sistema que será híbrido, englobando as representações BIM à uma planta CAD georreferenciada.

Assim, esta estratégia resultará em uma base de dados genérica dos ativos das subestações de energia elétrica. Junto com o sistema híbrido, características únicas de cada dispositivo serão geradas, propiciando informações mais consistentes durante a fase de obra. Assim, tem-se uma facilidade nas tomadas de decisões, e um melhor entendimento do ambiente de uma subestação de energia elétrica (Figura 6).

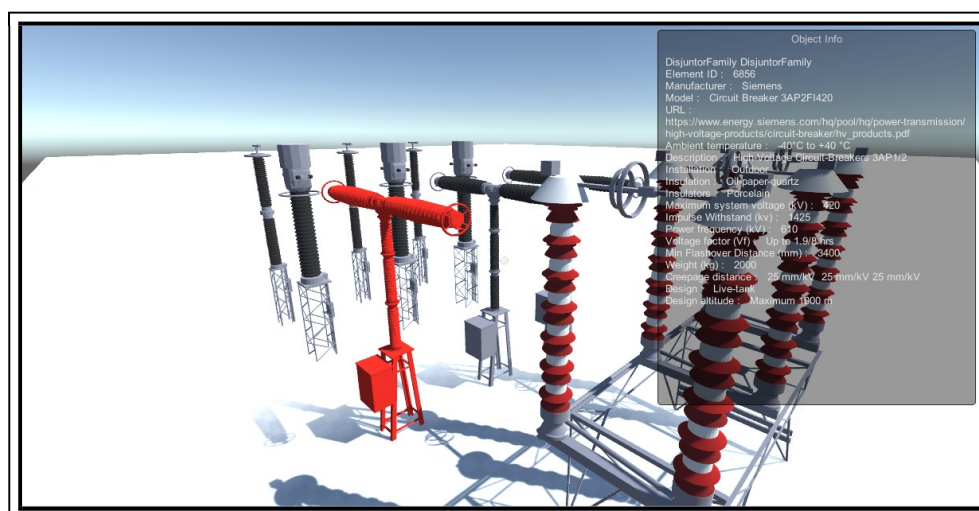


Figura 6 – Ambiente Virtual com modelos BIM.

A planta CAD georreferenciada será criada a partir de análises topológicas e morfológicas do solo, com informações, por exemplo, das curvas de níveis do terreno a ser trabalhado. Assim, é desenvolvido uma planta BIM a ser incorporada em uma única *As Built* interativa carregada de modelos BIM e georreferenciada. Nesse sentido, o modelo final engloba informações únicas de cada subestação de energia elétrica, como, por exemplo, desenhos Bidimensionais (CAD), documentação das várias disciplinas envolvidas na concepção e execução de projetos. Gera-se ainda uma melhor estimativa de materiais. Através desta *As Built*, o retrabalho por erro de integração de vários projetos é evitado.

Adicionalmente, a associação do BIM com o SIG, permite uma visão geral de projeto mais intuitiva, sendo, mais aderente ao projeto, construção, operação e manutenção de uma subestação. Consequentemente, proporciona-se uma facilidade no planejamento de manutenções preventivas, corretivas e preditivas em equipamentos.

Portanto, ao aplicar estas ferramentas em conjunto, a empresa obterá resultados quase de maneira imediata, uma vez que, estará munida de informações relacionadas com os ativos, arranjos, cabeamento, componentes eletrônicos, etc. Nesse sentido, processos e custos com mão de obra e insumos são otimizados. Por fim, ressalta-se que é factível até mesmo um planejamento quanto à realocação de equipamentos de uma subestação para outra. Ou seja, torna-se possível averiguar, de maneira eficiente, se o arranjo da subestação que receberá o ativo possui as especificações necessárias.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

A integração de *Building Information Modeling* e *Geographic Information System* já está consolidada no âmbito da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), visto que, estas ferramentas trazem vantagens nas área de gestão urbana, planejamento de obras e manutenção de edificações. Como resultado dessa integração, os órgãos competentes pela gestão estarão munidos de informações consistentes para as tomadas de decisões necessárias. Assim, a aplicação desta nova proposta de projeto visa obter uma melhor comunicação entre os envolvidos em obras de subestações de energia elétrica, objetivando obter um melhor CAPEX (*Capital Expenditure*) e OPEX (*Operational Expenditure*), visto que, com este modelo de projeto é possível alcançar os seguintes resultados: melhor análise de custos; redução de retrabalho devido a erro de união de projetos de diferentes disciplinas; quantificação de material mais precisa; aprimoramento da documentação e planejamento de manutenções preventivas e preditivas. Por fim, a partir do georreferenciamento dos equipamentos em campo, o planejamento de deslocamento das equipes de manutenção será mais otimizado.

#### 5.0 - AGRADECIMENTOS

Agradeço à FAPEMIG (Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), CAPES e CNPq pelo apoio financeiro, à Furnas Centrais Elétricas e ao laboratório de Computação Gráfica da Universidade Federal de Uberlândia.

#### 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ZHU, Junxiang; WANG, Peng; WANG, Xiangyu. An Assessment of Paths for Transforming IFC to Shapefile for Integration of BIM and GIS. In: 2018 26th International Conference on Geoinformatics. IEEE, 2018. p. 1-5.
- (2) TAO, Wang. Interdisciplinary urban GIS for smart cities: advancements and opportunities. *Geo-spatial Information Science*, v. 16, n. 1, p. 25-34, 2013.
- (3) KIM, Sung Ah et al. Integrated energy monitoring and visualization system for Smart Green City development: Designing a spatial information integrated energy monitoring model in the context of massive data management on a web based platform. *Automation in Construction*, v. 22, p. 51-59, 2012.
- (4) BRASIL. Constituição (2018). Decreto nº 9377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Brasília, Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- (5) NUNESA, G. H.; LEÃO, M. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM Comparative study of design tools-the traditional CAD and BIM modeling. *Revista de Engenharia*, v. 155, n. 55, p. 47-61, 2018.
- (6) AYRES, C.; SCHEER, Sérgio. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. 2007.
- (7) CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. *Encontro de Tecnologia de Informação e comunicação na construção civil*, v. 3, 2007.
- (8) EASTMAN, Chuck et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Bookman Editora, 2014.

- (9) BRUGNI, Talles Vianna et al. IFRIC 12, ICPC 01 e contabilidade regulatória: influências na formação de tarifas do setor de energia elétrica (IFRIC 12, ICPC 01 and Regulatory Accounting: Influences on Formation of Tariffs in the Electricity Sector). *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, v. 7, n. 2, p. 104-119, 2012.
- (10) CORDEIRO, Eduarda Bacellar. ALTERAÇÕES EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES—ESTUDO DE ALTERNATIVAS AO USO DE CÓPIAS EM MEIO FÍSICO EM OBRAS. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- (11) DE ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. *Gestão & tecnologia de projetos*, v. 4, n. 2, p. 76-111, 2009.
- (12) ALMEIDA, Fernando; ANDRADE, Max. A Integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana. VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015), Recife, 2015.
- (13) CRUZ, Isolina; CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Sistemas de Informações Geográficas aplicados à análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo. Rio de Transportes III, 2005.
- (14) PANIZZA, Alexandre de Castro et al. Colaboração em CAD no projeto de arquitetura, engenharia e construção: estudo de caso. 2004.
- (15) JACOSKI, Claudio Alcides et al. Integração e interoperabilidade em projetos de edificações: uma Implementação com IFC/XML. 2003.
- (16) CALDAS, Carlos H.; SOIBELMAN, Lucio. Automated classification methods: Supporting the implementation of pull techniques for information flow management. *Proceedings IGLC-10, Brazil*, 2002.
- (17) LIU, Hua; RAN, Ying. Study on BIM technology application prospect in engineering management industry. En *2013 6th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*. IEEE, 2013. p. 278-280.
- (18) CASEY, Michael J. Work in progress: How building informational modeling may unify IT in the civil engineering curriculum. In: 2008 38th Annual Frontiers in Education Conference. IEEE, 2008. p. S4J-5-S4J-6.
- (19) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. 1 ed. Genebra, 2018. 1474 p. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/70303.html>>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- (20) MANZIONE, Leonardo. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- (21) BURROUGH, Peter A. et al. Principles of geographical information systems. Oxford University Press, 2015.
- (22) HIJAZI, Ihab; DONAUBAUER, Andreas; KOLBE, Thomas. BIM-GIS Integration as Dedicated and Independent Course for Geoinformatics Students: Merits, Challenges, and Ways Forward. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 7, n. 8, p. 319, 2018.
- (23) WHAT is GIS? 2018. Disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>>. Acesso em: 27 jan. 2019.
- (24) IRIZARRY, Javier; KARAN, Ebrahim P.; JALAEI, Farzad. Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in construction*, v. 31, p. 241-254, 2013.
- (25) PELEG, Kobi; PLISKIN, Joseph S. A geographic information system simulation model of EMS: reducing ambulance response time. *The American journal of emergency medicine*, v. 22, n. 3, p. 164-170, 2004.
- (26) Irizarry, J. and Karan, E.P., 2012. Optimizing location of tower cranes on construction sites through GIS and BIM integration. *Journal of information technology in construction (ITcon)*, 17(23), pp.351-366.
- (27) DE LAAT, Ruben; VAN BERLO, Leon. Integration of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extension. In: *Advances in 3D geo-information sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 211-225.
- (28) ESRI. GIS and BIM Integration Leads to Smart Communities. 2018. ESRI. Disponível em: <<https://www.esri.com/esri-news/arcuser/spring-2018/gis-and-bim-integration-leads-to-smart-communities>>. Acesso em: 20 mar. 2019.



(29) KOKORUS, Mario; EYRICH, Wolfgang; ZACHARIAS, Randy. Innovative approach to the substation design using Building Information Modeling (BIM) technology. In: 2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D). IEEE, 2016. p. 1-5.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Alexandre Cardoso ([alexandre@ufu.br](mailto:alexandre@ufu.br)) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1991) e doutorado em Engenharia Elétrica (Engenharia de Sistemas Digitais) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2002). É professor associado da Universidade Federal de Uberlândia, tendo sido Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica (mestrado e doutorado). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação, com ênfase em Engenharia de Software e Computação Gráfica,

atuando principalmente nos seguintes temas: Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Educação, Ambientes Virtuais, Interfaces Humano Computador e Visualização da Informação. Atuou como Coordenador da Comissão Especial de Realidade Virtual - CERV, da Sociedade Brasileira de Computação - SBC e é membro da mesma desde sua criação.

Arnaldo José Pereira Rosentino Junior ([arnaldo@ieee.org](mailto:arnaldo@ieee.org)) , possui graduação (2008) em Sistemas de Energia pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia com intercâmbio no Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA-Lyon), França . Mestrado (2010) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia na área de Transformadores. Doutorado (2014) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia na área de Qualidade de Energia, com intercâmbio na University of Alberta, Canadá.

Augusto Túlio Mansour Simão é discente de Engenharia Civil na Universidade Federal de Uberlândia, com iniciação científica nas áreas de BIM e Instalações Elétricas.

Diogo Martins Azevedo ([diogoma16@gmail.com](mailto:diogoma16@gmail.com)) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade Pitágoras de Uberlândia (2017). Atualmente é mestrando pela Universidade Federal de Uberlândia, integrante do grupo e pesquisa em Realidade Virtual e Aumentada (GRVA - UFU), tendo ênfase em Building Information Modeling nas áreas de Engenharia Elétrica.

Gerson Flavio Mendes de Lima ([gersonlima@ieee.org](mailto:gersonlima@ieee.org)) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1994), Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (2008) e Doutorado pela Universidade Federal de Uberlândia (2014). Possui grande Experiência com Computação Gráfica e Produtos Autodesk, trabalha na área de desenvolvimento de aplicativos CAD para Instalações Elétricas, Projetos Elétricos de Baixa, Média e Alta Tensão. É membro do GRVA, e Diretor do IEEE R9 –Seção Minas Gerais - Latim América desde 2003. Atua no Projeto RV CEMIG desde sua concepção inicial em 2009.

Sérgio Ricardo Ramos da Silveira ([srrsilveira@gmail.com](mailto:srrsilveira@gmail.com)): Possui graduação em Administração de Empresas pelo Centro Universitário Celso Lisboa(1990), especialização em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica PUC RJ (2000), Desenvolvimento de Sistemas e Aplicações Web pela Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ (2002), e Gerência de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas ((2005). Atualmente trabalho como consultor em projetos de GIS e de padrões de projetos de engenharia.