



**XXIV SNPTEE**  
**SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E**  
**TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GMI/15

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

## **GRUPO - 12**

### **GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI**

#### **USO DE BIM 3D NA DETECÇÃO DE INTERFACES DE MONTAGENS E PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO – ESTUDO DE CASO UHE SINOP**

**CASTILHA, Rafael (\*)**  
**INTERTECHNE CONSULTORES S.A**

**ALBERTON, Cícero**  
**CONSTRUTURA TRIUNFO**

## RESUMO

BIM (*Building Information Modeling*) pode ser descrito brevemente como uma tecnologia onde é possível criar digitalmente um ou mais modelos virtuais precisos de uma construção. O propósito do desenvolvimento da tecnologia BIM foi permitir a elaboração de projetos complexos em ambiente tridimensional, não somente para fins de visualização segregada, mas principalmente para a interação dos usuários em um fiel e completo modelo virtual de construção. O BIM, por tratar os elementos de projeto não somente como um desenho geométrico, mas como um modelo virtual fiel à realidade, permite que importantes simulações e verificações sejam realizadas antes da implementação efetiva da construção.

A UHE Sinop, localizada no estado do Mato Grosso acrescentará 400 MW de potência instalada com 239,8 MW médios de garantia física ao sistema interligado nacional. Este projeto teve o desenvolvimento civil e eletromecânico feito com tecnologia de modelagem 3D – BIM, gerando modelos completos, possibilitando antever e evitar as interferências de projeto.

O modelo tridimensional completo possibilitou benefícios técnicos no aproveitamento hidrelétrico com análises em menor tempo e mais detalhadas para cada situação do projeto, proporcionando economia e mantendo a integridade e segurança do projeto.

## PALAVRAS-CHAVE

BIM (*Building Information Modeling*), Centrais Hidrelétricas, UHE Sinop, Montagem Eletromecânica, Modelagem Tridimensional, Compatibilização de Projetos

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversos níveis de BIM que incorporam desde a modelagem tridimensional para verificação de interferências de montagem e estudos de planejamento de manutenção até níveis mais elevados que tratam desde cronograma até os custos de um empreendimento.

Utilizando tecnologia de ponta, o BIM possui a capacidade de representar aspectos físicos e propriedades detalhadas e particulares dos empreendimentos a partir de modelos orientados à objeto, permanecendo todas as informações relativas às estruturas projetadas armazenadas em um banco de dados em forma do modelo. Este banco faz com que todas as informações sejam disponibilizadas às equipes de engenharia, fornecendo a simulação virtual fiel do ambiente projetado.

A utilização da plataforma, ainda, permite uma melhor coordenação entre as equipes de engenheiros, calculistas, arquitetos envolvidos com o projeto, bem como uma visão clara do sistema pelos investidores e empreiteiros que executarão efetivamente o empreendimento. Simular várias possibilidades de construção para analisar o custo e o tempo da obra permite aos interessados avaliar a versão final do projeto antes mesmo que a obra seja implementada, podendo analisar o projeto sob as várias perspectivas desejadas.

A UHE Sinop, objeto do estudo de caso do presente trabalho, teve o desenvolvimento de seu projeto civil e eletromecânico feito com tecnologia de modelagem 3D – BIM, contando com inserção de equipamentos de grande e médio porte na maquete digital gerando modelos completos, possibilitando antever e evitar as interferências de projeto.

Durante a fase de implantação do empreendimento, os modelos digitais proporcionam uma rapidez de visualização e entendimento de soluções adotadas ao disponibilizar de forma visual e didática às equipes de montagem todos os sistemas e subsistemas devidamente integrados. Além da relevante utilização durante a fase construtiva do empreendimento, o desenvolvimento da engenharia no conceito da plataforma BIM também permitirá a utilização destes modelos consolidados após a finalização do empreendimento, para planejamento das atividades no âmbito de operação e manutenção.

O software BIM que foi utilizado no desenvolvimento da engenharia do presente estudo de caso, permitem a visualização e análise simplificadas com rápido tempo de resposta, tal como a obtenção de medidas, rotação e cortes da maquete. Nestas análises podem ser feitos estudos de movimentação de equipamentos grandes, detalhamento de material da instalação ou parte dela. Também, através da maquete digital, será possível o estudo de ampliações ou modernizações, como por exemplo, substituição de equipamentos, avaliações estas de grande valor para as equipes de operação e manutenção do aproveitamento.

A modelagem tridimensional na plataforma BIM possibilitou, ainda, análises avançadas e adoção de soluções diferenciadas para o projeto da UHE SINOP. Através de parcerias de desenvolvimento de modelagem com os diversos fabricantes de equipamentos e fornecedores foi possível, por exemplo, a alteração da tecnologia da subestação de manobra 500 kV da usina, da solução original AIS para a solução GIS, instalada no próprio deck de jusante da casa de força.

Através da inserção na maquete digital dos componentes principais e com grandes interfaces, tais como cubículos de distribuição do serviço auxiliar, barramentos blindados, unidade geradora, *skids* da unidade, subestação isolada a gás e outros, foi possível a otimização das instalações de apoio como leitos de cabos, iluminação e sistemas auxiliares mecânicos (ar comprimido, água de serviço, etc).

Baseado no estudo de caso da UHE Sinop, este trabalho, terá, por fim, o objetivo de expor o desenvolvimento de projetos eletromecânicos usando um ambiente de modelagem tridimensional, destacar as vantagens e desvantagens na utilização da plataforma BIM enquanto ferramenta de desenho, compreender a interação do projeto eletromecânico com as demais disciplinas em uma mesma planta / plataforma e destacar as vantagens que o projeto tridimensional impõe às etapas de execução e montagem eletromecânica.

## 2.0 - PROCESSO DE PROJETO E MODELAGEM

O procedimento para modelagem geométrica da maquete digital para qualquer aproveitamento, de acordo com normativas internas à empresa, é definido por diversas sistematizações e padronizações que garantem a perfeita comunicação e troca de informações dentro do modelo 3D. Estas padronizações incluem desde a definição dos eixos em relação a fluxo hidráulico até as cores dos componentes, ver Figura 1.

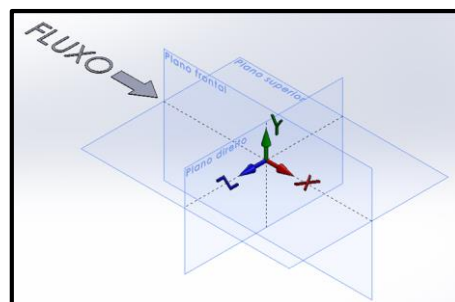


FIGURA 1 – Definição dos Eixos

O projeto da UHE Sinop iniciou-se com a modelagem geométrica 3D das estruturas civis dimensionadas para o aproveitamento. Na primeira fase de desenvolvimento equipes multidisciplinares participam para definições macros das necessidades específicas de cada área.

Todo detalhamento e alterações das estruturas é de responsabilidade da disciplina civil, onde cada alteração ou adequação é feita diretamente em um modelo tridimensional único (maquete digital), centralizado na rede interna da companhia que permite a visualização em tempo real de todas as equipes multidisciplinares envolvidas.

A ferramenta de projetos CAD 3D e simulação, utilizado para modelos 3D e desenhos no desenvolvimento do projeto do aproveitamento hidrelétrico de Sinop é o software SolidWorks™ da Dassault Systèmes, resultando em uma maquete digital, ver Figura 2.



FIGURA 2 – Maquete digital UHE Sinop

O software SolidWorks™, utilizado para modelagem, permite montagens específicas de cada área de modo que cada disciplina pode trabalhar independentemente, contando ainda com o benefício de visualizar as alterações e impactos em todos os envolvidos.

A inserção de grandes componentes desenvolvidos por terceiros, tais como transformadores elevadores, unidade geradora (ver Figura 3) entre outros, é feita através da disponibilização dos modelos tridimensionais destes itens pelos seus respectivos fabricantes. Atualmente existem formatos que transferem toda informação do modelo tridimensional sem o detalhamento ou transferência de tecnologia, garantido a fidelidade da informação para fins de interface independente do software utilizado e protegendo o *know-how* do desenvolvedor da solução.

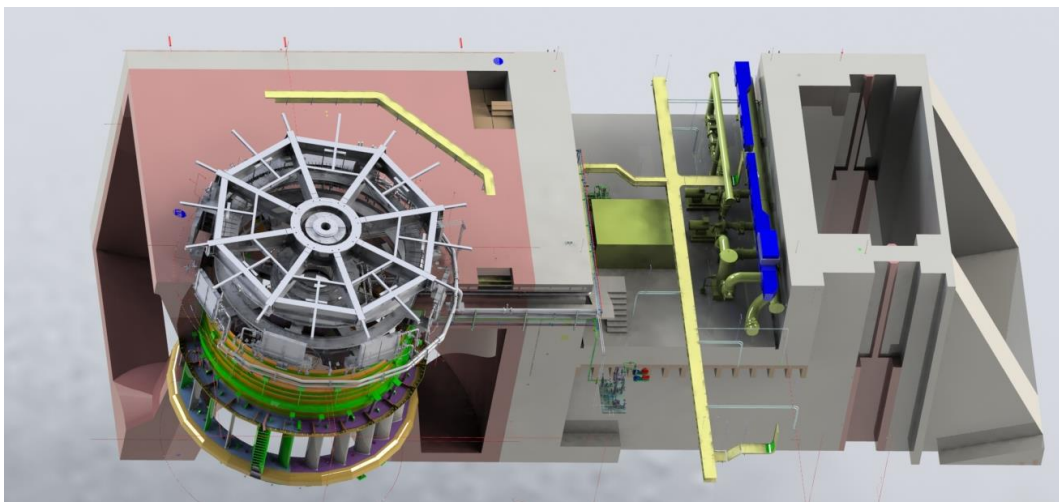


FIGURA 3 – Maquete digital com informações de terceiros – Ex. Unidade Geradora

Em qualquer ambiente de uma montagem, são considerados e seguidos critérios que buscam simplificar a modelagem e inserção de modelos de terceiros de forma a não comprometer a montagem principal. Neste sentido a ocorre a simplificação dos “recursos” que conformam uma peça ou equipamento, fazendo com que detalhes micro sejam suprimidos. Para o transformador elevador, por exemplo, é inserido no modelo total apenas o *outlier* do equipamento (sem partes internas, detalhamento de parafusos do tanque, etc), fazendo com que a maquete tridimensional não fique carregada de informações e garantindo a funcionalidade da interface.

Durante o processo de modelagem, cada disciplina (elétrica, mecânica e civil) visualiza todas as estruturas. No momento em que modelagens específicas e inserção dos diversos componentes em uma estrutura qualquer é realizada, as interferências são facilmente identificadas no modelo unificado. Desta forma, se houver qualquer interferência, por exemplo, com tubulações expostas mecânicas ou estruturas civis tais como colunas ou alvenarias, o projetista visualiza imediatamente a ocorrência, podendo vislumbrar outra solução ou interagir com as demais áreas buscando alternativas.

Embora todos os envolvidos trabalhem projetando na mesma área, cada disciplina tem permissão de alterações apenas em sua área de atuação, gerando um modelo tridimensional dinâmico que requer interação constante dos envolvidos. Na Figura 4 pode ser observar um painel de parede que deverá ser relocado devido à necessidade de abertura civil na parede.

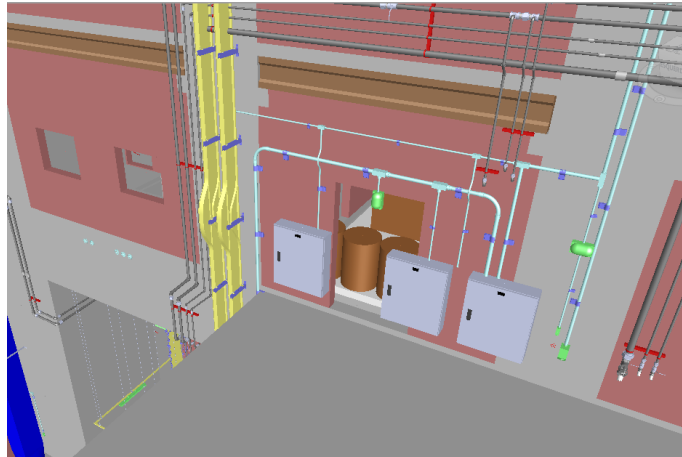


FIGURA 4 – Exemplo de abertura civil interferente com painel de parede.

### 3.0 - COMPONENTES ELETROMECAÂNICOS NA MAQUETE DIGITAL

Para inserção dos componentes eletromecânicos de instalação geral, tais como luminárias, motores, válvulas, tubulações, vias de cabos e demais miscelâneas correlata, é utilizada uma biblioteca padronizada de componentes de projeto. Através desta inserção padronizada é possível que, a partir da finalização de cada estrutura ou sistema, seja gerada a exportação de um *BOM – Bill Of Material*, que, em suma, é lista de materiais de forma completamente automatizada – ver Figura 4.

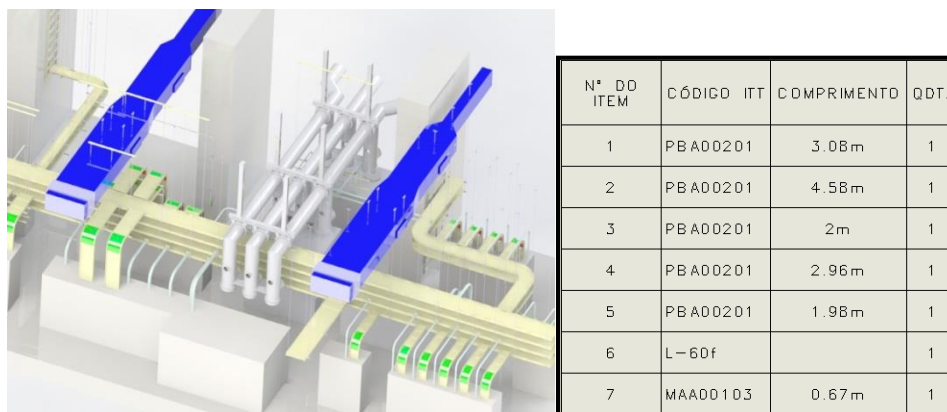


FIGURA 4 – Vista Parcial Galeria Elétrica/Barramento Blindado e BOM – *Bill Of Material*

A partir desta lista de materiais automatizada, que também é gerenciada a partir de um banco de dados centralizado de materiais, torna-se possível, entre outros benefícios, o planejamento de suprimentos e utilização destes durante a montagem, otimizando as etapas do projeto como um todo.

Cada material inserido na maquete digital tem um identificador único, que vinculado ao banco de dados centralizado, permite a rastreabilidade durante o processo de execução em campo. Assim, utilizando a maquete

digital em campo para montagem, as dúvidas a respeito do material empregado durante o projeto, poderão ser facilmente sanadas e identificadas pelas equipes de montagem e execução.

No caso de sistemas completos, como painéis elétricos de distribuição ou bombas de drenagem, ao selecionar o componente na maquete digital, o TAG do equipamento referenciado ao empreendimento também pode ser identificado, facilitando a localização. Outra funcionalidade importante no momento de planejamento de montagem ou manutenção é a busca do componente dentro da maquete digital através de seu identificador, ou seja, pode-se localizar um painel ou bomba e isolar ele a partir da busca pelo seu TAG.

Ademais, o modelo também permite a visualização de diversos ângulos, rotação, cortes e avaliação de partes embutidas em concreto que podem, ser facilmente acionadas dentro do modelo.

#### 4.0 - A MAQUETE DIGITAL DE VISUALIZAÇÃO

Diferentemente da maquete de trabalho de projeto, desenvolvida em SolidWorks™, a maquete digital de visualização é muito leve e de fácil visualização por terceiros, com uma interface intuitiva e que não requer experiência prévia significativa.

A maquete digital de visualização com todas as interfaces é gerada no programa Navisworks™, da Autodesk. A geração da mesma, ou conversão do modelo tridimensional da SolidWorks para o maquete “leve” do NavisWorks é feita de forma automática. Como o processo de modelagem é interativo e centralizado em um servidor, a geração da maquete tridimensional é feita de forma semanal e disponibilizada de forma automática em computação de nuvem, com notificações aos envolvidos. Em suma, semanalmente em dia definido, um novo modelo com as alterações e evoluções do projeto é disponibilizado.

No caso da UHE Sinop, a maquete digital de visualização completa em formato NavisWorks™ Freedom tem um tamanho em torno de 50 MB que permite o fácil acesso e download para trabalho. A maquete de campo pode ser manipulada em computadores padrão PC ou em dispositivos móveis, tais como tablets ou celulares, facilitando a visualização inclusive no campo, durante os processos de montagem ou em atividades de manutenção futuras.

O software de visualização, Autodesk Navisworks™ Freedom é um software de licença gratuita, disponível para download no site do desenvolvedor. Este software permite cortes em áreas escolhidas, visualização completa da maquete digital, seleção e identificação de material, definição de transparência de objetos entre outras facilidades.

No corte de uma galeria, como pode ser visualizado na Figura 5, as vias de cabos, o barramento blindado, os cubículos de excitação e os detalhes das esperas de aterramento que afloram no concreto são facilmente identificáveis. Também nesta figura pode-se observar a ferramenta de navegação e corte do NavisWorks em primeiro plano.

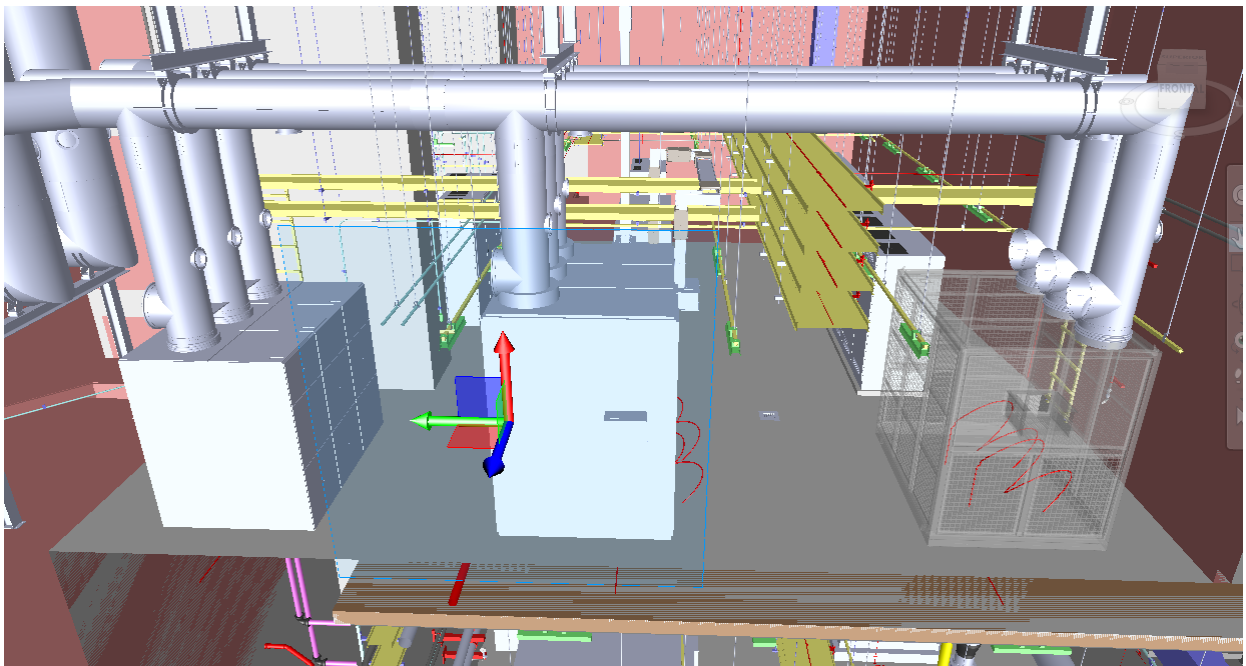


FIGURA 5 – Corte de galeria no software de visualização gratuito NavisWorks

A utilização da ferramenta propicia um planejamento adequado de montagem, com a possibilidade de verificação prévia de interferências e compatibilização de projetos, além de beneficiar as equipes envolvidas nas atividades de

manutenção, no período de operação do aproveitamento hidrelétrico. Com o auxílio da identificação dos materiais e componentes de cada sistema, o procedimento, quer seja ele da primeira montagem ou de manutenções futuras, permite as equipes envolvidas uma flexibilização e otimização com as características e necessidade pontuais de cada item.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Embora ainda sejam utilizados e gerados projetos bidimensionais tradicionais, o uso da maquete digital tem papel fundamental no auxílio de decisões antecipando as interferências e facilitando a solução de problemas.

Com o uso da ferramenta de maquete tridimensional, as análises e planejamento otimizado do projeto permitiram definições claras e precisas para importantes etapas de interesse, a saber:

- a. Durante a Construção do Empreendimento: avaliação detalhada, ilustrada, precisa e didática para a montagem de cada sistema específico, respeitando as limitações físicas e operacionais de cada equipamento.
- b. Fins de Operação e Manutenção: planejamento de manutenção observando cada aspecto específico dos equipamentos, como acessibilidade, características dimensionais, interferência, ou durante as necessárias intervenções de manutenção, possibilitando montagens e desmontagens de grandes conjuntos em partes menores.
- c. Expansões e Planejamento Futuro: a maquete digital está pronta para inserção de novos equipamentos e sistemas para fins de ampliações e modernizações e planejamento de futuras ampliações de sistemas, novos equipamentos e modernizações.

Por fim, além dos benefícios técnicos qualitativos a serem observados nas etapas pós-operação do aproveitamento hidrelétrico, a geração de modelos tridimensionais completos possibilitou, durante a fase de execução, análises em menor tempo e mais detalhadas para cada situação de cada equipamento do projeto, reduzindo espaços de instalação, gerando economia de materiais e mantendo a integridade e segurança do projeto.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) MANUAL TÉCNICO INTERTECHNE - METODOLOGIA DE PROJETOS EXECUTIVOS EM SOLIDWORKS - ÁGUA E ENERGIA, 2015.

(2) Documentação eletrônica do Software SolidWorks™, 2017.

(3) Documentação eletrônica do software Autodesk NavisWorks™ Freedom, 2017.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Rafael Castilha

Brasileiro, 37 anos;

Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná em Foz do Iguaçu, no ano 2005, com apoio da Itaipu Binacional. Pós-graduado em Engenharia de Produção Enxuta pelo Pontífice Universidade Católica Paraná em Curitiba, no ano de 2013.

Participação em diversos projetos e estudos de aproveitamentos hidrelétricos no Brasil tais como UHE Santo Antonio, UHE Salto, UHE Salto do Rio Verdinho e PCH's e no exterior, UHE La Confluência (Chile), Embalse Palo Redondo (Peru), HPP Bini a Warak (Camarões), HPP Koukoutamba (Nova Guiné). Atualmente atuando como coordenador eletromecânico do aproveitamento hidrelétrico da UHE Sinop.

Cícero José Alberton

Brasileiro, 29 anos;

Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia - Sistemas Energéticos Convencionais e Alternativos pelos Institutos Lactec (2015), graduado em Engenharia Elétrica Eletrotécnica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR (2010). Atualmente é Engenheiro Eletricista da Construtora Triunfo, atuando efetivamente em empreendimentos de geração hidrelétrica desde suas fases de estudos de viabilidade até a implantação turn-key dos mesmos. Possui ainda experiência em projetos de infraestrutura de outros segmentos, tais como parques de geração eólica, sistemas de transmissão e distribuição de energia, obras rodoviárias, portuárias e aeroportuárias.