

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Projeto de Subestação de Força de Parque Eólico OnShore via Sistema BIM – Modelagem da Construção da Informação

AUTORES:

Sthefferson Bruno Costa Ferreira
José Eduardo Onoda Pessanha

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Maranhão – UFMA – PRH 54.1

PROJETO DE SUBESTAÇÃO DE FORÇA DE PARQUE EÓLICO ONSHORE VIA BIM – MODELAGEM DA CONSTRUÇÃO DA INFORMAÇÃO

Resumo

Este trabalho apresenta um projeto de uma subestação conectando a saída em 34.5kV de um parque eólico *onshore*, à uma rede de alta-tensão de 138 kV, desenvolvido via sistema BIM (Modelagem da Informação da Construção – do acrônimo em inglês – Building Information Modeling) e REVIT (acrônimo em inglês de *Revise - Instantly*). O uso desses sistemas permite uma modelagem detalhada e integrada de todas as etapas de um projeto técnico e profissional de subestações, desde a concepção até a operação. Essa abordagem facilita a coordenação entre equipes de projeto, reduzindo erros e conflitos na fase de construção do empreendimento. Além disso, o BIM possibilita uma análise mais precisa do desempenho energético da subestação, otimizando sua eficiência e contribuindo para a integração eficaz de energia eólica no sistema de transmissão. Nesse contexto, a modelagem tridimensional oferecida pelo BIM permite uma visualização precisa de todos os componentes da subestação, incluindo transformadores, disjuntores e demais circuitos, sendo particularmente relevante para parques eólicos, onde condições climáticas e características do terreno são questões desafiadoras. A capacidade de identificar e solucionar potenciais problemas de forma virtual antes da construção física é fundamental para garantir a eficiência operacional e a segurança do empreendimento. A subestação é descrita em termos de diagrama unifilar e equipamentos presentes, e em seguida modelada na plataforma BIM-REVIT onde as principais etapas são mostradas. Uma vídeo-animação da subestação (percurso virtual) também faz parte deste projeto proposto.

Palavras-chave: Projetos de Subestações, Sistema Building Information Modeling (BIM), Parque Eólico Onshore, REVIT (Revise-Instantly).

Abstract

This work presents a substation project for connecting a 34.5 kV onshore wind farm output to a 138 kV high-voltage network, developed via BIM (Building Information Modeling) system and REVIT (an acronym for *Revise - Instantly*). The use of such tools allows detailed and integrated modeling of all stages of a technical and professional substation project, from conception to operation. This approach facilitates coordination among project's crews, reducing errors and conflicts in the construction phase of the substation. Furthermore, BIM enables a more accurate analysis of the substation's energy performance, optimizing its efficiency and contributing to the effective integration of wind energy into the transmission system. In this context, the three-dimensional modeling offered by BIM allows an accurate visualization of all substation components, including transformers, circuit breakers and other circuits, being particularly relevant for wind farms, where climatic conditions and terrain characteristics are challenging issues. The ability to identify and solve potential problems virtually before physical construction is essential to guarantee the operational efficiency and safety of the project. The substation is described in terms of a single-line diagram and available pieces of equipment, and then modeled on the BIM-REVIT platform where the main steps are shown. An animation of the substation is also part of this proposed project.

Keywords: Substation Projects, Building Information Modeling (BIM) System, Onshore Wind Farm, REVIT (Revise - Instantly).

Introdução

A energia eólica tem apresentado um significativo desenvolvimento tecnológico e econômico nas últimas décadas, sendo bastante utilizada em implementações de escala industrial (tecnologia totalmente comercializada e não subsidiada), alcançando uma sólida competitividade no mercado. Esta evolução tecnológica é justificada pelos fatores de necessidade de controle das alterações climáticas no planeta, de incentivos público-governamentais visando diversificação e segurança na matriz energética, e por fim, das taxas inconstantes e variáveis dos preços do petróleo no mundo. Tem sido observada uma notável revolução na indústria eólica nas últimas décadas, como os avanços na implementação de sistemas elétricos e de controles desenvolvidos para maximizar a potência às velocidades de vento mais baixas, redução de custos dos projetos, além da massiva implementação de usinas eólicas em escala mundial. Deduz-se que este tipo de energia já realiza uma função importante no processo de transição da matriz energética nacional e mundial [1 – 3].

No Brasil, existem condições eólicas muito favoráveis para geração de energia elétrica, com ventos mais constantes, de velocidade estável e de baixa frequência de mudança de direção, sendo atualmente a segunda fonte da matriz elétrica nacional, atrás apenas de hidrelétricas, mas que devido ao esgotamento (crises hídricas) do potencial hídrico nacional, se faz necessário diversificar o atual cenário energético. Nesse panorama, a energia eólica tem desempenhado uma função fundamental no processo de transição energética no Brasil como forma de complementaridade sazonal entre regência hidrológica e eólica, pois o maior potencial de vento coincide com o período em que os reservatórios das usinas hidrelétricas apresentam níveis reduzidos. Sendo assim, o investimento no potencial da energia eólica promove a segurança e a diversificação energética do país [4 – 7].

Com o crescente desenvolvimento e adoção de usinas eólicas, surge a necessidade de infraestrutura adequada para conectar essas usinas à rede de alta tensão. Um dos elementos cruciais nessa infraestrutura são as subestações, que permitem a integração da energia gerada em parques eólicos ao sistema elétrico nacional [8]. Este trabalho apresenta o projeto de uma subestação conectando a saída em 34.5 kV de um parque eólico onshore a uma rede de alta-tensão de 138 kV, desenvolvido via sistema BIM (*Building Information Modeling*) e a plataforma REVIT. O uso dessas ferramentas permite uma modelagem detalhada e integrada de todas as etapas de um projeto técnico e profissional de subestações, desde a concepção até a operação, facilitando a coordenação entre equipes de projeto e reduzindo erros e conflitos na fase de construção. Além disso, o BIM possibilita uma análise mais precisa do desempenho energético da subestação, otimizando sua eficiência e contribuindo para a integração eficaz de energia eólica no sistema de alta tensão [9 – 11].

Nesse contexto, a modelagem tridimensional oferecida pelo BIM permite uma visualização precisa de todos os componentes da subestação, incluindo transformadores, disjuntores e demais circuitos [12 – 13]. Essa capacidade é particularmente relevante para parques eólicos, onde condições climáticas e características do terreno são desafios significativos. A possibilidade de identificar e solucionar potenciais problemas de forma virtual antes da construção física é fundamental para garantir a eficiência operacional e a segurança do empreendimento. A subestação implementada é descrita em termos de diagrama unifilar e equipamentos presentes, sendo modelada na plataforma BIM-REVIT, onde as principais etapas são demonstradas, incluindo a criação de uma animação para visualização do projeto.

Metodologia

Na presente proposta, uma subestação de força de um parque eólico instalado no litoral do Nordeste será projetada usando a ferramenta BIM – Modelagem da Informação da Construção (do acrônimo em inglês *Business Information Modelling*), sendo uma plataforma compartilhada de dados e conhecimento para todas as partes envolvidas fornecendo uma base para a tomada de decisões durante todo o ciclo de vida de uma instalação: projetar, construir, manter, operar, modificar e demolir [9]. O BIM beneficia diferentes partes interessadas em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação – é possível adicionar, consultar ou editar informações no Modelo de Informações de Construção para apoiar sua própria função e compartilhar essas informações com outras partes interessadas [10 – 12]. Com base nisso, a metodologia a ser utilizada na execução deste projeto consiste em:

1. Revisão bibliográfica de parques eólicos instalados (e a instalar) no litoral da Região Nordeste do Brasil, enfocando capacidade instalada, nível de tensão de operação, função e conceitos de subestações de força desses parques, dentre outros aspectos relevantes.
2. Revisão bibliográfica de conceitos do sistema BIM - Revit e aplicações em projetos de subestações de força, com interesse nas de parques eólicos instalados em regiões costeiras/litorâneas do Nordeste.
3. Com base na bibliografia consultada, destacar e consolidar diferenças importantes para o projeto entre as subestações convencionais e de parques eólicos em regiões costeiras do Nordeste.
4. Desenvolvimento da modelagem virtual da subestação proposta (34,5/138 kV) através do BIM-Revit, integrando todos os componentes da subestação e suas etapas de projeto técnico.
5. Validação do modelo final, destacando as vantagens de se usar o BIM para este tipo de projeto, comparando-o à disponíveis na literatura.

Resultados e Discussão

Para garantir a conformidade com os requisitos estabelecidos em normas, os projetos técnicos de subestações devem ter o uso de equipamentos específicos projetados para assegurar as características operacionais desejadas [13 – 15]. Dado isto, é importante salientar que a planta de subestação adotada neste trabalho está descrita em [8], originalmente concebida para uma configuração de 34,5kV/230kV em aplicação usual na indústria eólica. Porém, optou-se por assumir níveis de tensão de 34,5 kV/ 138 kV. Não obstante, este tipo de projeto (adaptado) de SE fica condicionado ao atendimento das normas ABNT NBR 14039 e a ABNT NBR 14296.

O modelo da SE (do tipo ao tempo) de 34,5/138kV pode ser observado na Figura 1, com configuração de barramento do tipo simples, linha de transmissão e dois transformadores de potência que eleva a tensão de 34,5 kV, vindo dos circuitos coletores dos aerogeradores, para 138kV. Os equipamentos de alta tensão (138kV) são instalados no pátio, enquanto que os de média tensão (34,5 kV) na casa de comando e controle. Na Tabela 1 tem-se a lista dos equipamentos e suas especificações utilizados na planta do projeto.

A aplicação da metodologia BIM exige a utilização de *softwares* especializados na mesma [12]. O utilizado neste trabalho é o Revit, da Autodesk, que permite projetar desde edificações simples, até estruturas mais complexas. O ambiente de trabalho deste software com o modelo da subestação é mostrado na Figura 4, nela é possível ver o modelo tridimensional, vistas, cortes, tabelas e configurações de estruturas.

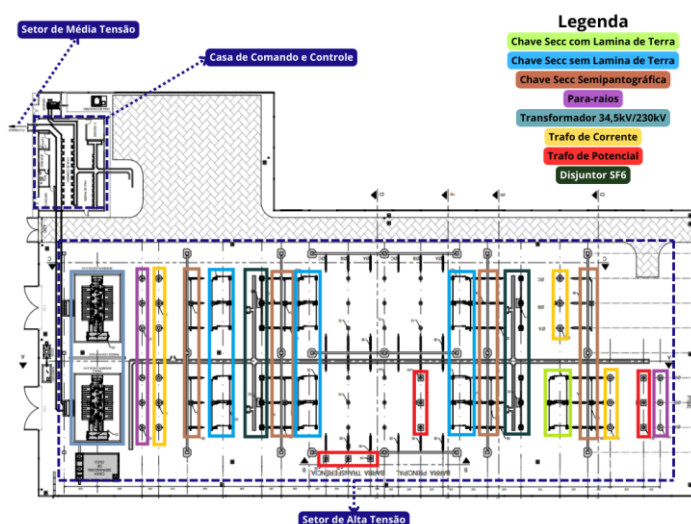


Figura 1 – Planta da SE elevadora 34.5kV/138kV

Fonte: [9] - Adaptado pelo autor

Tabela 1 – Lista de equipamentos e especificações

EQUIPAMENTOS			
Item	UNID	QUANT.	DISCRIMINAÇÃO
E-1	PÇ	02	TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 138 kV-34.5 kV, 75 MVA
E-2	PÇ	03	DISJUNTOR TRIPOLAR SF6 DE 145 kV, 1250 A, 52kA
E-3	PÇ	09	TRANSFORMADOR DE CORRENTE DE 138 kV
E-4	PÇ	12	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL DE 138 kV
E-5	PÇ	01	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 145kV, 1250 A, COM LÂMINA DE TERRA
E-6	PÇ	06	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 145kV, 1250 A, SEM LÂMINA DE TERRA
E-7	CJ	02	TRANSFORMADOR DE ATERRAMENTO
E-8	CJ	09	PARA-RAIOS 145kV, 10kA

Fonte: Autor

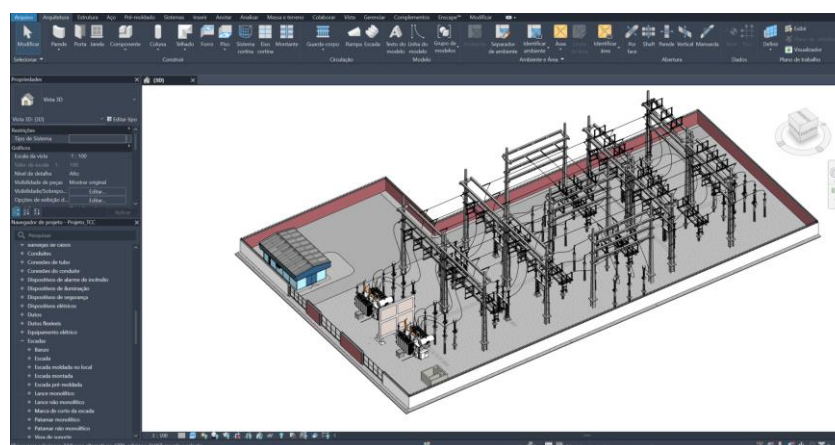


Figura 2 – Ambiente de trabalho com o modelo da subestação

Fonte: Autor

Utilizou-se um processo de rotina para desenvolver a modelagem de cada equipamento e setor da subestação, realizando-se um quantitativo de famílias de até 138 kV dos equipamento constados na Tabela 1, onde foi necessário seguir os passos: reunir os desenhos técnicos 2D dos dispositivos das classes de tensão (34,5kV, 69kV e 138 kV), catalogar cada dispositivo, realizar a modelagem e parametrização, detalhamento do terreno (topografia) e sub-regiões vizinhas, inserção das famílias criadas, inserção de cabos, conectores e isoladores, finalização do modelo, renderização, submissão do projeto tridimensional. O método desenvolvido pelos autores para implementar o projeto de subestação 34,5/138kV é observado na Figura 3, estes foram separados de maneira a organizar e entender melhor o processo de modelagem.

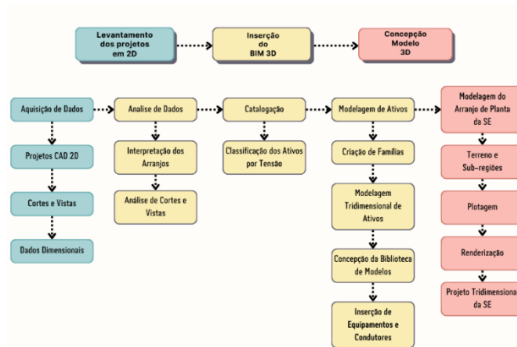


Figura 3 – Diagrama em blocos do processo de modelagem

Fonte: Autor

Uma das aplicações implementadas pelos autores é a extração automática da lista de materiais a partir do modelo tridimensional do Revit, que garante um inventário preciso dos componentes e equipamentos necessários. Este processo envolve a configuração dos parâmetros e atributos de cada componente dentro do modelo BIM, permitindo a geração de relatórios detalhados com especificações técnicas, quantidades e dimensões dos materiais [11]. A geração automatizada da lista de materiais apresenta várias vantagens, como precisão e confiabilidade, eficiência na gestão de recursos e facilidade de atualização [9]. Qualquer alteração no projeto é refletida instantaneamente na lista, mantendo a documentação sempre atualizada, esta pode ser observada na Figura 4.

Código SAP	Descrição	Categoria de tipo	QTD	Fabricante	Categoria	Modelo	Marca de tipo	Descrição
13304101	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	9					
13304102	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	112					
13304103	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	134					
13304104	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	21					
13304105	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	30					
13304106	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	1475					
13304107	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	2					
13304108	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	1					
13304109	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	9					
13304110	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	13					
13304111	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	13					
13304112	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	135					
13304113	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304114	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304115	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304116	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304117	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304118	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304119	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304120	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304121	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304122	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304123	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304124	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304125	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304126	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304127	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304128	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304129	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304130	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304131	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304132	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304133	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304134	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304135	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304136	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304137	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304138	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304139	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304140	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304141	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304142	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304143	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304144	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304145	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304146	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304147	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304148	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304149	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304150	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304151	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304152	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304153	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304154	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304155	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304156	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304157	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304158	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304159	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304160	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304161	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304162	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304163	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304164	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304165	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304166	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304167	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304168	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304169	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304170	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304171	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304172	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304173	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304174	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304175	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304176	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304177	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304178	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304179	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304180	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304181	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304182	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304183	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304184	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304185	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304186	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304187	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304188	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304189	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304190	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304191	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304192	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304193	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304194	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304195	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304196	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304197	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304198	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304199	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					
13304200	Cabo 3x6 TRIP	Cabo	18					

Figura 4 – Diagrama em blocos do processo de modelagem

Fonte: Autor

Como maneira de auxiliar as boas práticas de apresentação de projetos e tornar o visual mais enriquecido de detalhes e texturas, neste projeto fez-se o uso do processo de renderização da planta da subestação e o terreno característico do litoral do Nordeste. Algumas das imagens renderizadas podem ser vistas nas Figuras 5 e 6.



Figura 5 – Imagem renderizada vista 1

Fonte: Autor



Figura 6 – Imagem renderizada vista 2

Fonte: Autor

Conclusões

Em suma, o projeto da subestação de força para o parque eólico *onshore*, desenvolvido através da metodologia BIM e da plataforma Revit, demonstrou de maneira eficaz os benefícios da modelagem tridimensional e da gestão integrada do ciclo de vida do projeto de uma subestação. A utilização do BIM possibilitou uma representação precisa e detalhada de todos os componentes da subestação, desde os transformadores até os disjuntores e cabos, promovendo uma visualização clara e uma análise aprofundada das condições operacionais. A capacidade de gerar automaticamente a lista de materiais a partir do modelo tridimensional garantiu uma gestão eficiente dos recursos e uma atualização contínua da documentação, refletindo a precisão e confiabilidade do projeto. Além disso, a modelagem detalhada permite identificar e solucionar problemas potenciais de forma antecipada, assegurando a conformidade

com as normas técnicas e otimizando a eficiência do sistema. A renderização da planta e do terreno contribuiu para uma apresentação visual enriquecida, facilitando a compreensão do projeto em um contexto real. Este trabalho sublinha a importância do BIM na modernização dos processos de engenharia e na integração eficiente de novas tecnologias em projetos de infraestrutura complexa.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Recursos Humanos da ANP da UFMA pelo apoio contínuo e pelas oportunidades concedidas por meio de bolsas, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Minha sincera gratidão ao meu orientador, Professor José Eduardo Onoda Pessanha, cuja orientação e expertise foram essenciais para a realização deste projeto.

Referências Bibliográficas

- [1] BRENDEN, Rubyna K. et al. Wind energy roadmap. In: PICMET'09-2009 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology. IEEE, 2009. p. 2548-2562.
- [2] GWEC. Global Wind Report 2021. Global Wind Energy Council. Bruxelas. 2021.
- [3] GWEC. Global Wind Report 2022. Global Wind Energy Council. Bruxelas, 2022.
- [4] GWEC. Global Wind Report 2022. Global Wind Energy Council. Bruxelas, 2023.
- [5] ABEEÓLICA. INFOWIND 24. Associação Brasileira de Energia Eólica. São Paulo, p. 2. 2021.
- [6] ABEEÓLICA. INFOWIND 24. Associação Brasileira de Energia Eólica. São Paulo, p. 2. 2022a.
- [7] ABEEÓLICA. INFOWIND 25. Associação Brasileira de Energia Eólica. São Paulo, p. 2. 2022b.
- [8] MAMEDE FILHO, João. Subestações de alta tensão. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- [9] HARDIN, Brad; MCCOOL, Dave. BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows. John Wiley & Sons, 2015.
- [10] WEYGANT, Robert S. BIM content development: standards, strategies, and best practices. John Wiley & Sons, 2011.
- [11] DO SANTOS PERES, I. C. et al. BIM practices to operation and maintenances for electrical substations. In: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI). IEEE, 2017. p. 1-7.
- [12] ATUDORI, Monica; VAN DE VALL, Perna. Modern Techniques in The Modelling of High Voltage Power Systems. In: 2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE). IEEE, 2018. p. 0444-0449.
- [13] MCDONALD, John D. Electric power substations engineering. CRC press, 2003.
- [14] PAPAILIOU, Konstantin O. (Ed.). Springer Handbook of Power Systems. Springer Nature, 2021.
- [15] KRIEG, Terry. Substations. In: Springer Handbook of Power Systems. Singapore: Springer Singapore, 2021. p. 867-934.