

## **Revisão da literatura: uso do conceito BIM em projetos do setor elétrico nos cenários (Inter)Nacional**

**Systematic review: use of the BIM concept in projects of the electricity sector over the (Inter)National scenarios**

**Revisión sistemática: uso del concepto BIM en proyectos del sector eléctrico en los escenarios (Inter)Nacional**

Recebido: 12/04/2022 | Revisado: 20/04/2022 | Aceito: 28/04/2022 | Publicado: 30/04/2022

### **Angel Rodrigues Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2461-2055>

Instituto Federal Goiano, Brasil

E-mail: [angel.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br](mailto:angel.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br)

### **Alexandre Carvalho Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0264-3475>

Instituto Federal Goiano, Brasil

E-mail: [alexandre.silva@ifgoiano.edu.br](mailto:alexandre.silva@ifgoiano.edu.br)

### **Camilo de Lellis Barreto Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-605X>

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

E-mail: [camilobarreto@ufu.br](mailto:camilobarreto@ufu.br)

### **Diogo Aparecido Cavalcante de Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8956-1768>

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

E-mail: [Diogoiub@gmail.com](mailto:Diogoiub@gmail.com)

### **Ligia Christine Oliveira Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3081-860X>

Secretaria Municipal Educação de Itumbiara, Brasil

E-mail: [ligiachristine@gmail.com](mailto:ligiachristine@gmail.com)

### **Resumo**

O BIM é um conceito de gerenciamento de projetos bastante empregado nas novas metodologias das áreas da AECO, isso envolve a adequação dos recursos mais modernos da tecnologia computacional, proporcionando o projeto digital e implica melhores práticas na operação do projeto, seja à quais fases se aplica. No entanto, mesmo com a difusão do BIM na AECO, especula-se que o conceito ainda seja pouco adotado em projetos do setor de energia elétrica. Dessa forma, apropriando evidente interesse no estudo sobre a adoção do BIM no setor elétrico, este trabalho tem por objetivo evidenciar esta discussão, adotando uma estratégia baseada na avaliação de propostas de pesquisas acadêmicas voltadas à adoção do conceito em projetos do setor elétrico, sobre um contexto (Inter)Nacional. Para tanto, o trabalho tem propósito em apropriar o leitor a um entendimento básico sobre o conceito BIM; e, realizar um material de revisão sistemática da literatura acadêmica sobre o uso do BIM no setor elétrico, resolvendo uma metodologia para a busca, seleção e inclusão dos materiais conduzindo-os aos dados da pesquisa, os quais devem ser classificados ao nível de maturidade no emprego do BIM, enquanto que, as atividades de análise sobre os mesmos providenciam a evidência e discussão dos dados. Contudo, com a realização das atividades de análise sobre algumas modelagens dos dados da revisão, foi possível evidenciar situações no período avaliado, sobre o uso do BIM no Setor elétrico, envolvendo as informações da nacionalidade e cronologia recente, além de outros atributos inerentes aos dados do estudo.

**Palavras-chave:** AECO; BIM; Ensino; Revisão sistemática; Setor elétrico.

### **Abstract**

The BIM is a project management concept widely used in the new methodologies of the AECO areas, this involves adaptation of the most modern resources in computational technologies, implying digital design and best practices in project operation, whatever phases it applies to. Even though the BIM widespread at AECO, it is speculated the concept is still little adopted in projects in the electric energy sector. By forming an evident interest in the adoption of BIM in the electric sector, this work has intended to highlight this discussion, adopting a strategy based on the evaluation of academic research proposals aimed at adopting the concept in projects in the electricity sector, involving a (Inter)National context. To this intent, the work aims to provide the reader with a basic understanding of the BIM concept; and next, carry out a systematic review of the academic literature on the use of BIM in the electricity sector,

by solving a methodology of search, selection, and inclusion of the materials leading them to the research data, which have to be classified on the level of maturity in use of BIM, while analysis activities provide evidence and discussion on the data. However, with the performance of analysis activities on some modeling of the review data, it was possible to highlight situations in the evaluated period. It was about the use of BIM in the electric sector involving information on nationality and recent chronology, even in addition to other attributes inherent to the data of the study.

**Keywords:** AECO; BIM; Electric sector; Systematic review; Teaching.

### Resumen

BIM es un concepto de gestión de proyectos muy utilizado en las nuevas metodologías en áreas de AECO, implica adaptar los más modernos recursos de la tecnología informática, dotar al diseño digital y disponer mejores prácticas en la operación del proyecto, sean cuales sean las fases del mismo. Aunque, mismo con la difusión de BIM en AECO, se especula que el concepto aún está poco adoptado en los proyectos del sector de energía eléctrica. Así, apropiándose del interés evidente en el estudio sobre la adopción de BIM en el sector eléctrico, este trabajo tiene como objetivo resaltar esta discusión, adoptando una estrategia basada en la evaluación de propuestas de investigación académica dirigidas a la adopción del concepto en proyectos en sector eléctrico, a un contexto (Inter)Nacional. Para ello, el trabajo pretende proporcionar al lector una comprensión básica del concepto BIM; y realizar una revisión sistemática de la literatura académica sobre el uso de BIM en sector eléctrico, resolviendo una metodología para búsqueda, selección e inclusión de materiales llevándolos a los datos de investigación, los cuales deben clasificarse según el nivel de madurez empleando BIM, mientras que las actividades de análisis sobre los mismos proporcionan evidencia/discusión de los datos. Sin embargo, con la realización de actividades de análisis sobre algunas modelaciones de los datos de la revisión, fue posible destacar situaciones en el período evaluado, sobre el uso de BIM en el Sector Eléctrico, involucrando información sobre nacionalidad y cronología reciente, además de otros atributos inherentes a los datos del estudio.

**Palabras clave:** AECO; BIM; Enseñanza; Revisión sistemática; Sector eléctrico.

## 1. Introdução

Com o surgimento, relativamente contínuo ao passar dos tempos, de tecnologias modernas (as inovações tecnológicas), a indústria da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) tende a demonstrar interesse em novas metodologias no envolvimento da informação. Com base nisso, transformações significativas vêm influenciando nos modelos de projeto dessas empresas, e isso gera impactos na cadeia de suprimentos e no gerenciamento dos empreendimentos relacionados aos seus projetos, de tal forma que os retornos podem ser positivos (Salgado et al., 2020; Xiaolei, 2018).

O trabalho Salgado et al. (2020) identifica as evoluções da tecnologia em questões de *Software* e *Hardware* (sobre questão, em um curto período – algo relativamente rápido), quanto aos aspectos da interação, compartilhamento e compatibilização de dados. O que traz benefícios para projetos e obras, quando existe interesse pelas melhores soluções (técnicas, ambientais e econômicas) e esses avanços potencializam com os próprios recursos no trabalho com dados computacionais e operáveis (Salgado et al., 2020). No entanto, mesmo com o interesse da Indústria da construção em metodologias de trabalho potencializadas pelos avanços tecnológicos, o desempenho de adaptações e mudanças tende a ser relativamente demorado, fazendo se necessário as adequações das metodologias junto aos avanços da tecnologia (Papadopoulos, 2014).

De grande concentração no projeto tradicional (geralmente CAD), alguns fatores da construção, ou do projeto (seja para gerenciamento ou não), justificam a necessidade de melhoria das metodologias de projeto tradicionais, segundo Papadopoulos (2014), não se limitando em argumentos apenas à tecnologia, são eles referentes à: avanços da tecnologia (propriamente); projetos mais complexos; necessidade de integração entre sistemas de diferentes disciplinas; e, grandes quantidades de diversos tipos de documentos.

Atualmente (por volta de 2021), o conceito BIM (Building Information Modeling), como uma metodologia no gerenciamento de projetos de engenharia, vem sendo bastante adotado em projetos do setor da AECO. A metodologia BIM abrange conhecimentos vastos nas áreas da construção, desde funcionalidades das ferramentas computacionais às metodologias de gerenciamento da informação, podendo dar suporte inclusive a todo o ciclo de vida de um empreendimento. Com o avanço da tecnologia BIM, a mesma tem atenção da área da AECO, com aplicação difundida e trazendo ótimos benefícios para a

indústria da construção, existindo ainda muitas áreas a serem exploradas (Papadopoulos, 2014; Xiaolei, 2018). Isso caracteriza um momento onde as metodologias de projeto da AECO estão relativamente bem adequadas às tecnologias modernas, em relação ao processo demorado de adoção na indústria, como fora citado.

As indústrias prestadoras de serviço de fornecimento de energia elétrica integram um papel importante na sociedade moderna, atuante na geração, transmissão/condução, e distribuição desse recurso, conseguindo alcançar e proporcionar na vida de muitas pessoas, atendendo casas, comércios e até mesmo indústrias de diversos segmentos, assim como também requisições especiais; por onde suas estruturas se estendem em capacidade de transmissão e distribuição, suprimindo necessidades do uso de eletricidade, e com demanda de consumo crescente ao passar dos anos, segundo Frontin (2013) (capítulo 1).

As empresas brasileiras atuantes no serviço da indústria de energia elétrica, com modelos de geração, transmissão e distribuição (por avaliação básica e simplistas das operações), demonstram total interesse na modernização de suas estruturas de serviço, em um contexto geral de propostas que surjam em seu benefício. A busca se torna, da expansão dos sistemas de energia elétrica, para também, principalmente, importância na inovação, conciliando suas estratégias aos desafios de integração de fontes, tecnologias, sistemas e mercados, quando o modelo de negócios do setor tem expectativas no conceito moderno de rede elétrica inteligente (Frontin, 2013) (prefácios iniciais). Portanto, existe o interesse das empresas em adequar-se ao seu tempo, não só para a expansão dos serviços, mas também para haver boa qualidade nos serviços, sobretudo com custos viáveis e oferecendo confiabilidade, ainda que importante a avaliação de sustentabilidade.

Em tempos modernos, com todos os avanços da tecnologia, ideias e metodologias de serviço, existem uma diversidade de técnicas de trabalho que podem ser aprimoradas com proporção da tecnologia a seu favor. No contexto da inovação, as metodologias de implantação de projetos se tornam bem aplicadas associadas às tendências modernas, onde não apenas é possível trabalhar na representação de projetos, mas também no gerenciamento (como em ciclo de vida), com controles inteligentes em processos de atuação ou de análise/avaliação, e ainda conseguindo retornos de eficiência, confiabilidade, e baixo custo. Logo, todos esses aspectos importantes tratados sobre o favorecimento do projeto, para o setor elétrico, podem conformar com a metodologia BIM em condições básicas de sua essência, na implantação e gerenciamento de projetos, com a propriedade de modelos paramétricos, podendo haver ainda proporção característica do BIM com a interoperabilidade de projeto.

É importante notar a representatividade do BIM no cenário Nacional, onde para o qual vem sendo executadas estratégias na disseminação do conceito, sobretudo como tecnologia aplicada em projetos de construção. A ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) (ABDI.COM.BR, n.d.), acredita que o momento atual seja ideal para a disseminação do BIM no país (Brasil). A disseminação do conceito BIM é pretensão da ABDI, a qual em uma ação coordenada com o Ministério da Educação, com o alinhamento da Estratégia BIM BR, por diversos desígnios específicos, têm objetivos no favorecimento das condições para o investimento na tecnologia, na adoção do BIM pelo setor público e ainda em tornar a tecnologia obrigatória em obras públicas (ABDI.COM.BR, n.d.). Quanto ao interesse do governo público, tanto por coordenar com a ABDI, este determina por decreto as tendências do setor público na corporação do BIM. O decreto nº 10.306 (Brasil, 2020), datado em 2 de abril de 2020, determina a implantação do BIM na execução de obras e serviços de engenharia, para órgãos e entidades públicas da atuação, onde são necessariamente executadas as ações nos departamentos da Defesa e da Infraestrutura, em condições de que os processos para implantação são gradativos, e desse pesar, deverá ainda no ano de 2021 estar sendo utilizados os conceitos da tecnologia BIM em projetos de arquitetura e engenharia que sejam relevantes para a disseminação da tecnologia em destaque.

Como em base de um recurso essencial de projeto envolvendo a engenharia e gerenciamento de suas estruturas, a aplicação de metodologias atuais da AECO, sobretudo o BIM, com forte tendência para o mercado da engenharia, pode se tornar um ideal útil para a evolução do setor elétrico. Tendo em vista a grande complexidade dos seus projetos, a extrema

necessidade de segurança e eficiência operacional, a possível aderência a propostas de inovação e os recursos vantajosos de tecnologia e processos que envolvem o emprego e estabelecimento do conceito BIM no projeto de engenharia, além da sua ótima perspectiva junto ao futuro da adoção do conceito para a AECO, são todas possíveis situações relevantes que favorecem esse cenário de inovação e otimização por meio do uso do BIM, que logo poderia ser aplicado aos projetos do setor elétrico.

Apesar de que o momento atual parece indicar uma grande difusão do conceito BIM em pretensões para as metodologias atuais e futura nos projetos da AECO, quando o trabalho Xiaolei (2018) evidenciara sua difusão em 2018, o estado de sua aplicação em projetos do setor elétrico, relativamente, ainda não foi nada evidente (pelo menos até 2021). Apropriando interesse nesse estudo, seria adequado buscar por dados que referenciam o contexto da abordagem. Evidenciar esse cenário de adoção na metodologia de gerenciamento de projetos sobre o setor elétrico, pode ser algo que contribua na visualização e entendimento do período vivido, quanto à apropriação tecnológica, basicamente do setor da AECO, mas agora, especificamente sobre o setor elétrico. Analisar e discutir a situação sobre novas tendências, especificamente, o BIM no setor elétrico, poderia ser interessante para o próprio setor tomar conhecimento da informação e ainda influenciar em novas pesquisas com base no sentido das métricas (possível referência positiva). As pesquisas sobre o tema logo devem aprimorar a implementação e conhecimento sobre o contexto para os projetos da AECO, sobretudo para os projetos do setor elétrico.

Com base nas condições avaliadas, as potencialidades e necessidades identificadas, cabe como interesse desta proposta, o objetivo de estudar e analisar a situação do uso do BIM no setor elétrico, num contexto dos cenários Nacional (Brasil) e Internacional – (Inter)Nacional (para tudo, internacional). Especificamente, identificou-se a necessidade de cumprir as seguintes atividades na implementação deste trabalho: elaboração de um material teórico para descrever a fundo o conceito BIM; estabelecer uma metodologia de processo de revisão da literatura; fichar um conjunto de dados sobre os trabalhos relevantes ao tema encontrados (para o processo de revisão); apresentar, analisar e discutir os dados obtidos (do processo de revisão), relacionando o contexto internacional, o nível de maturidade que está sendo empregado, e a adequação temporal cronológica incumbida nos dados. Para tanto, nas demais seções, será possível o leitor apropriar compreensão sobre o entendimento do conceito BIM (Referencial Teórico), e ainda situar posicionamento sobre o cenário atual (contexto recente da avaliação) da adoção do BIM no setor elétrico (com base no processo de revisão sistemática). Dessa forma, é esperado que com este trabalho, apropriar-se-á o leitor, com base no conteúdo da revisão sistemática da literatura, sobre os dados incumbidos na situação recente da adoção do BIM para o setor elétrico, podendo assim discutir o tema avaliado.

## **2. Referencial Teórico**

O material nessa seção deverá possibilitar a aproximação do leitor, em parte, ao tema, introduzindo-o a uma apropriação sobre o conceito BIM. Logo as próximas subseções têm abordagem sobre o tema proposto nesse contexto.

### **2.1 Conceito BIM**

A medida em que os projetos da indústria da AECO estão cada vez mais complexos, o BIM se torna indispensável para suprir as necessidades do setor, como uma tendência em trabalhos da indústria da AECO, mudando toda a metodologia dos projetos de construção e gestão de ciclo de vida (portanto, também podendo ser visto como uma metodologia de projeto) (Kim et al., 2015; Q. Liu et al., 2011; Papadopoulos, 2014). O conceito BIM se torna possível com o avanço das tecnologias de redes e processamento gráfico, combinado com a evolução das ferramentas CAD e CAE, caracterizando uma mudança de paradigma nos cenários da AECO (Latiffi et al., 2017; Papadopoulos, 2014). Dessa forma, a definição de BIM foi aprimorada de acordo com o desenvolvimento da indústria da construção, para a melhoria dos projetos relacionados, na utilidade e eficiência do modelo de projeto (diversificado ao completo da necessidade de trabalho com as informações de projeto) (Latiffi et al., 2017).

O BIM é uma abreviação para "Building Information Modeling" (Modelagem de Informação da Construção), inicialmente é a definição para modelagem das informações de projetos de construção, o qual coloca todas as informações de todo o processo de um projeto de construção específico em modelos virtuais do projeto (Xiaolei, 2018). Integrado nas fases do projeto de construção, segundo Papadopoulos (2014), que as identifica (também relativo às identificações apropriadas em argumento, da autoria deste trabalho): o projeto conceitual básico ou detalhado (projeto), construção e montagem (implantação), operação e manutenção (manutenção, manutenção ou expansão), e inclusive, demolição (Papadopoulos, 2014).

São características essenciais na abordagem do conceito BIM, com base em Andrade e Ruschel (2009) e Ruschel et al. (2013): modelagem paramétrica, modelo único (sistema de projeto centralizado), interoperabilidade, colaboração, comunicação, multidisciplinaridade de desenvolvimento e extensão/adequação de uso para todo o ciclo de vida da edificação. No entanto, desses, são os dois aspectos principais da sua proporção, a modelagem paramétrica e a interoperabilidade (Andrade & Ruschel, 2009). A modelagem paramétrica permite a elaboração e trabalho com modelos geométricos tridimensionais a ponto de detalhe em sua definição, como também, em um contexto geral de sistema, com instâncias de modelos de objetos de composição; e, a interoperabilidade possibilita o trabalho extensivo com modelos ou dados desses modelos, fazendo de integração da informação entre aplicativos computacionais, para diferentes metodologias de projeto (Andrade & Ruschel, 2009). Com base nessas características, as informações funcionais e de desempenho e propriedades geométricas dos componentes de construção podem ser descritas com precisão, e finalmente o objetivo de controlar o progresso e o processo de construção é alcançado pelo domínio dos modelos virtuais BIM (Xiaolei, 2018), além de o projeto ser útil para todas as fases de gestão das instalações físicas do projeto, útil até mesmo a integração dos recursos a outras metodologias mais modernas, como o Digital Twin.

Algumas das vantagens do uso do BIM, preferível aos métodos tradicionais, segundo (Xiaolei, 2018) e Martin et al. (2019), podem ser: minimização de erros; velocidade e mais precisão na renderização do modelo; otimização da programação de construção; integração de dados; produção de modelos digitais de alta qualidade; colaboração de design entre múltiplos sistemas; resposta flexível para mudanças de design; facilidade em precisão de orçamentos (análise de custo); supervisão de estados do projeto; resolução de problemas rapidamente; colaboração de times, entre outras coisas.

É importante que os processos de projeto digitais estejam integrados a soluções BIM, de forma a que seja possível gerenciar, analisar e utilizar as informações de projeto com eficiência e durante todo o processo de projeto digital, visando alcançar as metas de projeto, de maneira efetiva e ao longo de todo o ciclo de vida da construção (Andrade & Ruschel, 2009).

## **2.2 Definições Associadas**

Segundo (Xiaolei, 2018), até o momento, a definição de BIM não foi unificada, com ênfase do entendimento das companhias de construção e seus conhecimentos sobre o conceito. Tendo em vista que o conceito de BIM se expandiu amplamente em muitos países por mais de uma década com seu papel de melhorar as práticas atuais em projetos de construção, Latiffi et al. (2017) argumenta que o entendimento sobre o BIM pode variar entre os atores da construção (o envolvido no projeto), por isso ser relativo às diferentes capacidades desses atores em adotar e dominar o conceito. Portanto, o conceito ainda não é entendido por todos, então cada um aplica parte do potencial compreendido (Latiffi et al., 2017), logo pode ser interessante o entendimento do conceito em suas definições abrangentes.

A literatura pode dividir o entendimento do BIM em cinco categorias: design, tecnologia, processo, desempenho e produtividade (Latiffi et al., 2017). Disso, o trabalho (Latiffi et al., 2017) defende duas categorias do entendimento do conceito BIM, como processo e tecnologia. Sendo que o entendimento do BIM como um processo está associado ao aprimoramento das atividades construtivas e da sequência de trabalho no gerenciamento das informações do projeto resultantes do desenvolvimento do modelo 3D pelos atores da construção. Enquanto o BIM como tecnologia está correlacionado com os

elementos da tecnologia, que são o uso do software BIM e do modelo 3D como meio de comunicação de informações em projetos de construção (Latiffi et al., 2017). Por outro lado, visando o BIM como um processo e tecnologia, o mesmo pode melhorar as práticas atuais em projetos por meio do processo de desenvolvimento de informações do projeto em modelos 3D da construção, dessa forma é aceito como um processo que corresponde ao uso de tecnologia para melhorar a eficiência e a eficácia da entrega de um projeto, desde o início até a operação e manutenção (Latiffi et al., 2017). No entanto, de certa forma a eficiência do BIM como processo é identificada advinda do uso da tecnologia, então o BIM poderia ser processo e tecnologia (assim sendo, uma outra definição válida).

No entendimento do conceito, o trabalho Liu et al. (2011) também descreve o BIM em duas formas, modelagem e aplicação. No entanto, em complemento, Liu et al. (2011) argumenta que, apesar de o BIM ter diferentes entendimentos e definições, pelas diferentes organizações e institutos em suas pesquisas, todas as definições contêm as duas características: o BIM com definição principal na questão de engenharia e gerenciamento do projeto, e com importância enfática no projeto completamente digital.

Contudo, podem ser identificadas diversas categorias, mas ambas podem estar correlatas no âmbito do uso e aplicação. De uma conclusão geral, o BIM está nos processos de projeto, está na representação da informação de projeto, e na afirmação da própria informação, em seus aspectos (do projeto) mais paramétricos e integrados, com importante auxílio da tecnologia moderna. BIM é tecnologia no gerenciamento do projeto de construção, seja na implantação, como na manutenção, utilizando de recursos de ferramentas que impliquem no ambiente conceitualizado desejado (Latiffi et al., 2017).

### **2.3 Software BIM**

No modelo das informações da construção, o componente arquitetônico não é apenas um componente visual virtual, mas também pode simular outras propriedades além das propriedades geométricas. Com a tecnologia BIM essas informações serão atualizadas em tempo hábil como edição ou revisão do modelo de informação para manter a consistência e precisão dos dados (Q. Liu et al., 2011), isso graças a utilização de recursos de modelagem paramétrica (modelos paramétricos) (Papadopoulos, 2014). Isso reduz erros de projeto, melhora a eficiência do trabalho e garante a qualidade da engenharia (Q. Liu et al., 2011).

O BIM como tecnologia (simplificando o conceito a definição - tecnologia) (Ruschel et al., 2013), é uma representação digital das características físicas e funcionais do projeto, como também o compartilhamento dos recursos de conhecimento nas informações do projeto; o BIM providencia suporte na tomada de decisão do ciclo de vida de projeto, seja na sua implementação ou gerenciamento, baseado na tecnologia digital 3D, e integra no projeto de construção de dados de engenharia todos os modelos das informações relevantes (Xiaolei, 2018).

O trabalho Papadopoulos (2014), comenta que com a utilização de modelos paramétricos 3D em projetos, além de proporcionar capacidade de visualização avançada que se assemelha ao ambiente real, é possível integrar ferramentas computacionais que realizam verificações automáticas e acusam a existência de interferências; essas vantagens além de melhorar a qualidade do projeto, certamente poupam muitas horas de revisões e evitam a propagação de erros de projeto (Papadopoulos, 2014). Contudo, o recurso do software BIM propõe potencial de simplificação/automação de tarefas, dadas as capacidades integradas ao modelo, quando os trabalhos realizados podem induzir tarefas sobre componentes relacionados automaticamente (Q. Liu et al., 2011).

Com relação aos produtos de softwares baseados na tecnologia BIM, o trabalho Liu et al. (2011) destaca algumas estratégias num software BIM, como potenciais desejados nesse tipo de produto. Para tanto, desejar-se-á em recursos, segundo Liu et al. (2011): o que chama de super-Software, como uma ferramenta completa, que inclui todas as funções simplificadoras no funcionamento, como o disparo automatizado de tarefas reativas as manipulações de projeto, evitando assim os conflitos

causados pela leitura e gravação de dados 3D; a centralização de software como núcleo, de arquitetura BIM e possível da conexão/ligação com outros softwares envolvidos por formato de dados e os dados do software núcleo (a interoperabilidade entre diferentes aplicações, mas com uma aplicação principal do BIM); e para isso, o estabelecimento de dados de arquitetura unificada, logo quando também identifica a presença do IFC (Q. Liu et al., 2011) (um padrão de comunicação geralmente normativo para projetos BIM).

O software BIM pode tanto trabalhar com modelos 2D do desenho, como também elevar desses modelos para modelos 3D, e do modelo 3D é possível combinar diferentes modelos e otimizar o dimensionamento do projeto BIM (Xiaolei, 2018). Em Xiaolei (2018), são identificados alguns softwares potenciais da tecnologia BIM para áreas do design de arquitetura, os quais são: *Autodesk Revit*, *Graphisoft*, *ArchiCAD*, *Design Master*, *PKPM*, *SAP2000*, *Navisworks*, *Shop Drawing*, *X Steel*, entre outros.

A aplicação do BIM, mesmo que não sendo apenas um conceito completamente inserido no digital, é essencial o conceito carregado da tecnologia digital, logo é necessário haver softwares que funcionam o conceito como tecnologia. O BIM está na apresentação, na descrição da apresentação, no contexto do cenário, na análise e avaliação do projeto; sobretudo como um modelo digital de contato com o projeto (construído ou em planejamento), funcional e estabelecido sobre processos no projeto, essencialmente na condução da informação de projeto de construção (Xiaolei, 2018), sobretudo vinculado as áreas da AECO (num contexto moderno das novas metodologias de projeto, envolvendo as novas tecnologias de projeto).

#### **2.4 Modelos Paramétricos**

Um modelo 3D em BIM representa os objetos reais em geometria tridimensional, podendo atender a propriedades paramétricas com a composição de informações além da geometria, acoplando no objeto outras informações como, por exemplo: nome do fabricante, resistência ao fogo, coeficiente de transferência de calor do material, peso, condição de tensão, tabelas, estimativas de custos, etc. (Q. Liu et al., 2011; Papadopoulos, 2014). Geralmente, o modelo BIM representa relações espaciais entre os componentes de um modelo 3D (um modelo geral – cena, composição, parâmetros e regras associadas) e contém uma lógica que facilita a extração da informação do modelo (por exemplo, conjuntos de vistas ou lista de quantidade de material) (Papadopoulos, 2014). Basicamente se estende na definição virtual e paramétrica dos objetos (componentes) de projeto.

A modelagem paramétrica está associada a composição representativa ou intrínseca (como fator(es) de estados) de um modelo (objeto, estrutura ou sistema), em representação computacional. Então um modelo paramétrico de objeto poderia ter representação geométrica, assim como também ainda ter ou ser uma representação de identidade não geométrica, correlacionando parâmetros de atributo estabelecidos do modelo, estes fixos ou variáveis (de denominação estabelecida ou configurável, ou dependentes do contexto de instância). Empregar os conceitos de modelos paramétricos permite a exploração de diferentes alternativas de soluções de projeto, de forma rápida e segura. Os objetos podem ser inseridos como pré-fabricados e influenciáveis pelo cenário sobre suas instâncias (as quais podem compor fatores intrínsecos de cenário ou de outros objetos em composição de cena) (Andrade & Ruschel, 2009).

Tantos os modelos de objetos compondo o projeto quanto o próprio modelo geral de projeto, podem carregar nas relações lógicas do modelo (Papadopoulos, 2014). Logo a variedade de regras que podem estar contidas em certos modelos paramétricos determina o nível de precisão de um sistema. Esses objetos são definidos usando parâmetros que envolvem distâncias, ângulos, regras. Nesse contexto, muitas das famílias de objetos paramétricos trabalham com sistemas especialistas (Andrade & Ruschel, 2009). Esses sistemas especialistas apropriam regras ao contexto de objetos, relacionando regras de situações, determinando estados no objeto, por verificações das condições presentes. Além de permitirem a atuação sobre os parâmetros dos modelos. E essa atuação na avaliação de condições aos parâmetros e atributos envolvidos pode proporcionar na

avaliação ou classificação da configuração ideal a alguma qualidade de análise em contexto de um modelo, ou cenário de montagem envolvido (Andrade & Ruschel, 2009).

## 2.5 Interoperabilidade

O conceito de interoperabilidade é muito importante para haver maior integração entre as ferramentas de diferentes fornecedores, para isso é necessário que haja um formato aberto de comunicação que todas as ferramentas computacionais possam interpretá-lo e processá-lo. Sobretudo, é necessário que haja um ambiente onde os programas computacionais possam trocar informações automaticamente, independente dos softwares e da localização da informação (Papadopoulos, 2014). Nesse contexto, o trabalho Papadopoulos (2014) enfatiza a participação da tecnologia de rede na metodologia, como componente importante na centralização do projeto; sendo o que potencializa a interoperabilidade constante das equipes.

O BIM colaborativo utiliza uma única base de dados através de um sistema de modelos computacionais tridimensionais (3D paramétrico) que podem ser compartilhados por toda a equipe durante todo o ciclo de vida de um empreendimento (Papadopoulos, 2014). Com base nisso, a interoperabilidade define a capacidade de identificar os dados necessários para serem passados entre aplicativos (Andrade & Ruschel, 2009). Contudo, esses recursos proporcionam o trabalho interoperável e colaborativo sobre o projeto BIM.

A ideia básica é que estas, as equipes envolvidas em um projeto, trabalhem com uma espécie de modelo centralizado do projeto. Dessa forma, o modelo 3D do projeto carregará informações geométricas, e ainda das diversas classes de desenvolvimento utilizadas no projeto. A conquista é aumentar a colaboração entre as equipes envolvidas e a confiabilidade sobre a informação acessada. Trata-se de caracterizar o desenvolvimento de projeto com times e partes componentes e complementares sempre integradas, no intuito de centralizar a informação da obra, seja no desenvolvimento, seja nas consultas, ou então nas operações, ou processos de manejo do produto (o modelo geral do projeto). Para tanto, a metodologia demanda uso de tecnologias facilitadoras, como ferramentas computacionais que devem facilitar o acesso às informações de projeto e utilizar documentação inteligente. Contudo, tem o efeito de aumentar a coordenação do projeto (Papadopoulos, 2014).

Sobre a passagem de dados por arquivos em formatos de trocas de dados, o trabalho Andrade & Ruschel (2009) identificou quatro diferentes maneiras das trocas de dados entre aplicativos BIM, estas foram: ligação direta, formato de arquivo de troca proprietário, formatos de domínio público, formatos baseados em XML (Extensible Markup Language). Além de considerar o IFC (Industry Foundation Classes), sendo um dos principais modelos de dados do produto da construção civil, um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o BIM, para ser usado no planejamento do edifício, no projeto, na construção e gerenciamento, como um tipo de linguagem que foca na modelagem do produto e processos da indústria da AECO, o principal instrumento pelo qual é possível estabelecer a interoperabilidade dos aplicativos de software do setor (Andrade & Ruschel, 2009).

A interoperabilidade faz recurso importante no trabalho com o projeto, caracterizando a potencialidade na capacidade de integração das equipes envolvidas. Contudo, deve existir recurso na conexão das diferentes áreas da informação ou operação envolvidas no projeto, interligando-as aos materiais de projeto o quanto próximo ao contato dessas diferentes informações e composições envolvidas, entre as equipes envolvidas, suas sincronias de contato as informações, sobretudo elevando a produtividade, com demanda eficiente na comunicação e acesso essencial a informação atualizada e conformada (Papadopoulos, 2014).

## 2.6 Nível de BIM

A tecnologia BIM pode trabalhar n-dimensões (3D, 4D, 5D, ..., nD) da representação da informação. 3D é uma

representação de projetos de construção, que inclui informações geométricas, físicas, funcionais e de performance de projetos de construção. Com base no 3D, o 4D faz conta completa dos fatores de tempo, pode planejar a programação do projeto, a ordem de trabalho do subcontratado, e otimizar o processo de construção. 5D é baseado no controle de custos do 3D, em todo o design e processo de construção para alcançar controle em tempo real e controle preciso do andamento de projeto. A nD refere-se à aplicação do BIM em análise de performance e simulação de conforto para conhecer os requisitos da sociedade e proprietários para baixo consumo de energia e construção sustentável. Nota-se que o modelo 3D está presente nas n dimensões do BIM (Xiaolei, 2018). Nesse contexto, o trabalho Xiaolei (2018) descreve que a nD integrará o progresso, custo, qualidade, eficiência energética da construção, análise de performance, dentre outros aspectos da informação.

O trabalho Xiaolei (2018), trilha os modelos do BIM, tendendo dos modelos 2D, 3D, e a cada passo, do complemento paramétrico sobre os anteriores ao próprio conceito BIM especializado às n dimensões paramétricas da informação. Induzindo a compreensão da diversificação do uso do BIM na indústria da construção (basicamente sobre a área da AECO), explorando a integração de formatos da informação, os recursos de cada modelo e oferecendo recurso da simulação e apresentação de todo tipo de informação geométrica e física da construção (Xiaolei, 2018).

De acordo como são adequados um modelo de projeto as n dimensões, são relacionados os níveis de maturidade da aplicação do conceito BIM. Os níveis de maturidade do BIM representam o grau de maturidade do processo colaborativo entre as diversas disciplinas da construção (Martin et al., 2019), além do grau de emprego da tecnologia e maturidade de processo. O trabalho Martin et al. (2019) apresenta os tipos de nível de maturidade do BIM, dos quais são três, e permitem às companhias se posicionarem em relação ao nível de implantação do BIM, de acordo com as suas práticas e pesquisas adotadas. A descrição percorre desde o projeto tradicional (CAD, desenhos, linhas, arcos, etc.) à níveis de aplicação do BIM, quando são utilizados modelos 2D e 3D e aplicado o próprio BIM (modelos, objetos e colaboração-integração); evoluindo nível do conceito com iBIM, Life Cycle Management, e estendendo o controle de dados e processos (dados integrados e interoperáveis). Precisamente os níveis de maturidade (potencial cresce ao terceiro, respectivamente citado), segundo Martin et al. (2019), podem ser classificados: trabalho com modelos (2D e 3D) que não são compartilhados externamente, usando sistema CAD; trabalho com outras disciplinas em modelos (3D, 4D e 5D) que compartilham entre especialistas; trabalho colaborativamente sobre um único modelo centralizado (4D, 5D e 6D) contendo todos os dados do ciclo de vida da construção.

Similar a descrição anterior, em (Ruschel et al., 2013), os níveis conciliam como estágios e destacam as classificações, respectivamente, dos três estágios: modelagem paramétrica, compartilhamento multidisciplinar e criação compartilhada e colaborativa de modelo (modelo centralizado – integrado e compartilhado). O primeiro estágio é caracterizado pela modelagem baseada em objetos e está relacionado ao uso de uma ferramenta BIM específica, resultando como produtos, modelos 3D de geometria e documentação (desenhos, imagens, quantitativos de materiais e vários tipos de relatórios), extraídos a partir do modelo do projeto. O segundo estágio é caracterizado pela colaboração baseada em modelos, com melhoria na interoperabilidade entre agentes envolvidos, resultando em produtos de modelos com quarta dimensão (tempo associado ao planejamento da obra) e quinta dimensão (modelo de previsão de custos), compatibilização do modelo por meio da verificação de conflitos e, conseqüentemente, melhoria das informações extraídas do modelo do projeto. O terceiro estágio, envolvido em todas as fases do empreendimento (concepção, construção e operação, e as múltiplas disciplinas da área da AECO), é caracterizado pela integração em rede, onde as múltiplas disciplinas utilizam e modificam o mesmo modelo, por meio de um processo integrado e compartilhado, fazendo o uso de repositórios e sistemas de banco de dados (Ruschel et al., 2013).

Meio as definições dos níveis de BIM apresentadas, ainda vão existir trabalhos correlatos a esse tipo de explanação destaque, como Andrade e Ruschel (2009), onde em sua abordagem, caracteriza por gerações do BIM (BIM 1.0, 2.0 e 3.0), acordo a tendência de evolução e adoção difundida dos níveis do BIM, a utilização dos recursos potenciais ao completo do que

a metodologia terá a oferecer. Caracterizando da substituição do CAD a modelos paramétricos 3D e sistemas de documentação simplificadores, à popularização do uso de ambientes de interação, programas integrados de análise, 4D, 5D, interoperabilidade, colaboração e a centralização de controle e fluxo de informação, até a geração da prática integrada, com centralização de banco de dados, modelo único de projeto, equipes multidisciplinares e fluxo de informação contínuo.

Avaliando o contexto dos níveis BIM acordo as descrições correlatas (nível de maturidade, estágio e geração), em nota do cenário adotado nas empresas, fora observado que, o nível 2 agora está bastante difundido, e o nível 3 ainda é difícil de acessar pelas empresas pequenas e médias, apesar de que já existe sua aplicação, geralmente por empresas de grande porte (isso num contexto geral da AECO) (Martin et al., 2019).

## **2.7 Normalização e o Cenário Nacional Brasileiro na Difusão do conceito (BIM)**

A partir de 2003, o ensino de BIM começa a ser inserido internacionalmente nos cursos da AECO, porém essa prática se intensificou entre 2006 e 2009 (Ruschel et al., 2013). Desde pelo menos 2008, já existiam proprietários exigindo práticas baseadas no BIM no desenvolvimento de projetos. Isso ocorre quando houve a intensificação entre 2006 e 2009 com exigências do mercado de trabalho, por profissionais habilitados para desenvolver e gerenciar projetos utilizando do conceito BIM (Ruschel et al., 2013). Contudo, as abordagens concentradas na metodologia BIM não são atuais, mas a terminologia se torna seu uso recente, destaca Andrade e Ruschel (2009), por volta de 2009.

Esse conceito tem se difundido com maior propriedade quando em alguns países, os órgãos governamentais tiveram incentivado o uso maciço do BIM, seja por meio de investimentos em agências de pesquisa, seja por meio de regulamentações para a construção, ou por meio de fóruns de discussões sobre o uso da tecnologia BIM (Andrade & Ruschel, 2009), e isso é algo que ainda vem ocorrendo recentemente, logo a difusão do conceito ainda está em desempenho da apropriação.

O trabalho (Kim et al., 2015) identifica que para a ativação do BIM de engenharia civil faz necessidade do desenvolvimento de padrões governamentais na liderança de instalações e estabelecer bases para a adoção do BIM, incluindo os sistemas de inspeção e verificação para desenhos e documentos de projeto BIM, bem como para preparar as políticas e sistemas relevantes. De forma que a adoção completa do paradigma BIM na indústria da AECO não ocorre de forma imediata. Sendo que, há vários estágios de adoção do BIM, com a apropriação gradual da tecnologia e transformação dos processos correlacionados, levando até a adoção completa. Nesse contexto, sua completa apropriação passa por estágios de adoção que estão relacionados ao número de disciplinas envolvidas, quais fases do ciclo de vida da edificação são abordadas e os níveis de mudanças que ocorrem em termos de políticas adotadas, processos e tecnologia utilizados. Sobretudo, a implantação do BIM exige mudanças nos termos de contrato, favorecendo suas práticas (Ruschel et al., 2013).

O trabalho Duran (2020) identificado alguns problemas potenciais que podem existir em projetos de obras públicas (do setor brasileiro) que afetam no desempenho das implantações, relacionadas a deficiências no desempenho do setor público, como erros de compatibilidade de projetos ou falhas de planejamento e orçamento, assim como também problemas na integração de projeto e execução. O trabalho reforça com dados, explicando que no ano de 2019 aproximadamente 37% das obras públicas que deveriam estar em execução no país (Brasil) foram classificadas como paralisadas ou inacabadas, e um dos principais motivos foi a contratação baseada em projeto básico deficiente. Portanto, em contraponto, argumenta que o BIM tem a capacidade de auxiliar na realização de projetos mais eficientes, com potencial na geração de informação de qualidade, viabilizando eficácia na fiscalização de obras públicas (Duran, 2020). Nesse contexto, devido o reconhecimento que a difusão do conceito vem ganhando, logo o setor público brasileiro também vem apresentando iniciativas para a adoção e difusão do BIM. Sendo assim, as licitações públicas servem como um importante instrumento na estruturação do governo e no incentivo do uso do BIM pelas empresas (Duran, 2020), sobretudo nas áreas da AECO, num contexto da nacionalidade.

Diversas pesquisas realizadas no Brasil e no exterior têm discutido as oportunidades oferecidas pela adoção do BIM

na AECO (Salgado et al., 2020). Logo, iniciativas no âmbito de difusão do conceito, ao partirem de órgãos públicos, com grande capacidade de investimento, podem contribuir para a inserção de BIM de maneira mais rápida no cenário nacional e no ensino das universidades, ao passo que o ensino de BIM é estratégia fundamental para o desenvolvimento tecnológico na área da AECO (Ruschel et al., 2013). Um dos papéis governamentais na disseminação do BIM é o de iniciador e condutor, através da determinação de metas pelas organizações públicas e a exigência do BIM nas suas contratações de projetos. Portanto, vistos os objetivos, o governo nacional se beneficiará com a adoção do BIM e ainda promoverá a difusão do conceito (Duran, 2020).

O BIM, em 2009, já tem sua difusão nas discussões relacionadas no cenário nacional (Ruschel et al., 2013). Nesse contexto, o trabalho Duran (2020) destaca o percurso do governo brasileiro nos últimos anos, com iniciativas na disseminação do BIM. Entre 2014 e 2018 existiam poucas licitações que exigiam o BIM, mas a partir de 2018, a tendência ao conceito começou a ganhar mais força, logo existiriam mais licitações relacionadas ao tema, com destaque do aumento considerável das publicações (Duran, 2020). Disso, envolve alguns decretos, como o Decreto nº 9.377 (2018), que pretendia instituir a Estratégia BIM BR, essa que teria objetivos em coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM, além de estimular a capacitação em BIM; posteriormente revogado e substituída pelo Decreto 9.983, em 2019; logo em 2020 é publicado o Decreto nº 10.306, que estabelece ações de disseminação, definição de órgãos e entidades vinculadas, fases de implementação e regras gerais do instrumento convocatório e do contrato, no âmbito da Estratégia BIM BR (Duran, 2020; Salgado et al., 2020). Dessa forma, o papel das licitações públicas no processo de adoção do BIM no setor público, sendo o meio para fazer contratações, certamente contribui para a estruturação do setor público e incentiva o uso do BIM (na difusão do conceito) (Duran, 2020).

Em 2018 o interesse no tema de modernização do setor da construção civil, pelas tecnologias digitais, cresceu, devido a aprovação da estratégia BIM-BR, revisada em 2019, que tem por objetivo a disseminação do BIM (Salgado et al., 2020). O trabalho Duran (2020) argumenta que o crescimento acentuado do número de licitações relacionando objetivos BIM no ano de 2019, pode estar relacionado com o aumento das discussões e ações relacionadas ao BIM no país ao longo dos anos. Tem destaque o ano de 2018, com o Decreto nº 9.377 que acentuava sua disseminação. O crescimento das ações voltadas à adoção do BIM, as iniciativas visando à capacitação profissional para a realização de projetos e obras, e as discussões em torno da utilização integrada das tecnologias digitais são algumas oportunidades identificadas (Salgado et al., 2020).

O Decreto 10.306 (2020) define os órgãos e entidades que deverão utilizar o BIM obrigatoriamente a partir de 2021, no entanto, os demais órgãos e entidades também podem adotar ações para implementação do BIM (Duran, 2020).

Contudo, seja num contexto nacional ou internacional, existem iniciativas governamentais que reforçam a necessidade de emprego do BIM nas metodologias de projeto da AECO, intensificando a difusão do conceito e favorecendo seu estabelecimento nas práticas do futuro, portanto tornando o conceito BIM uma grande tendência.

### **3. Revisão Sistemática**

Esta seção visa situar o estado da utilização do BIM nos cenários do setor elétrico, com o registro da situação com foco necessário ao setor de energia elétrica (seja um formato breve da descrição). Com base nisso, os objetivos dessa revisão sistemática pretendem descrever, se não evidenciar, o(s) seguinte(s) assunto(s)/interesse(s) (relacionado(s) diretamente ao tema do trabalho de revisão): “Utilização do BIM no Cenário (Nacional e Internacional) da Indústria de Energia Elétrica”.

Para o desenvolvimento desse material, no âmbito da revisão, optou-se em estruturar a abordagem em aspectos da elaboração dos seguintes tópicos (enumerados e descritos):

1. Metodologia. Critérios de busca e seleção de materiais;
2. Materiais. Materiais selecionados, classificação e a descrição preliminar da análise posterior;
3. Resultados e Discussões. Análise e descoberta dos dados, por avaliações e discussões dos diferentes tópicos dos

materiais da abordagem e seus assuntos intrínsecos.

Facilitando a compreensão da elaboração desses tópicos e a leitura do material, as próximas seções, que se dividem nos temas “Metodologia da Revisão”, “Análise e Discussão dos Resultados”, devem carregar uma descrição (enumeração) propriamente em título, dos tópicos de aspectos da estrutura de abordagem elaborada (1, 2 ou 3 – Metodologia, Materiais, e, Resultados e Discussões, respectivamente), os quais indicam o contexto da abordagem realizada na seção.

As expectativas com a elaboração e finalização desse material, baseiam-se em encontrar recursos relevantes para a tomada de regras posicionadas sobre a perspectiva do tema. Que a princípio, neste trabalho, fora suposto como posição, acreditar que será possível evidenciar o cenário de uso do BIM no setor elétrico (Inter)Nacional, e também que, apesar do uso do BIM já se encontrar bastante difundido na indústria da AECO, sua aplicação em projetos do setor elétrico ainda é pouco explorada e deve ser mais difundida no cenário Internacional que no Nacional (Brasil).

A elaboração deste material de revisão sistemática teve fundamentação necessária sobre a concepção de alguns trabalhos da literatura acadêmica e com finalidades de revisão sistemática, trabalhos esse como Silva (2020), Andrade e Ruschel (2009), Duran (2020), Latiffi et al. (2017), Martin et al. (2019), Ruschel et al. (2013) e Souza et al. (2021), os quais conceberam métodos importantes na realização de material e/ou despertaram o interesse autoral sobre o formato deste trabalho. Nota-se as contribuições, se não a fundamentação, baseadas em aspectos chave, concebidas na elaboração deste trabalho, relacionadas em todos os 3 aspectos da implementação (1, 2 e 3, com base no que fora definido anteriormente – tópicos da abordagem). Embora a fundamentação contribua significativamente com a elaboração metodológica deste trabalho, a composição da perspectiva autoral (Autores, 2022) também está significantemente presente na implementação e descrição do material desta revisão. Logo, a interpretação dos formatos compreende uma elaboração concentrada, descritiva e objetiva da perspectiva de revisão sistemática realizada neste trabalho.

### **3.1 Metodologia da Revisão (1 e 2)**

O recurso dessa seção deve introduzir detalhes sobre a metodologia empregada nas etapas do processo de revisão, apresentando a forma de busca e seleção criteriosa utilizada, a avaliação e classificação dos materiais encontrados, delegando o formato e os materiais inclusos para as fases seguintes da análise e discussão dos dados da revisão.

Para tanto as etapas metodológicas têm caráter do dever a ser realizado (aspecto 1 do contexto de abordagem), enquanto as de materiais (aspecto 2) devem identificar o processo realizado, o material utilizado e a operação sobre esse material (sobre os dados envolvidos).

#### **3.1.1 Busca por Materiais (1)**

A estratégia de busca conta com a elaboração das seguintes exigências (para ser possível localizar trabalhos com interesses voltados ao tema da revisão): definição de questões norteadoras (o que os trabalhos encontrados devem tratar para serem interessantes); formulação de palavras-chave (termos importantes para a construção do texto de busca); elaboração da *String* (resumo da busca em uma elabora textual ou codificada das palavras-chave – a composição de termos de busca envolvidos numa *String* como chave final); tradução do texto de busca (tradução para o inglês dos termos de busca envolvidos na *String* definitiva); definição das bases de busca (bases de dados que oferecem motor de busca e acesso por indexação a materiais bibliográficos da literatura acadêmica). Para tanto, segue a atividade de resolução do conteúdo.

Foram definidas as seguintes questões norteadoras (sobre questão o interesse deste trabalho em abordagem ao tema):

1. Uso do BIM nos cenários do setor de energia elétrica (principal alvo) (subestações e usinas, nos aspectos da AECO);
2. Nacionalidade do estudo de aplicação do conceito BIM (relação dos trabalhos nacionais ou internacionais);

3. Grau de aplicação do conceito BIM (destaque os diferentes graus de implementação BIM utilizados).

As palavras-chave relacionadas ao tema da abordagem, e com principal ajuda das questões norteadoras, foram formuladas, as seguintes: “BIM (Modelagem da Informação da Construção)”, “AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação)”, “Setor de Energia Elétrica (Subestação, Usina)”. A busca por essas palavras-chave, em motores de busca adequados, proporcionará a capacidade de encontrar trabalhos relevantes ao interesse de busca, cujas quais interpretam. Num contexto isolado, ou até mesmo composto; a união adequada dessas chaves, proporcionaria o filtro adequado de materiais atendendo a interesses de busca compostos dos diferentes termos utilizados, sobre questões da configuração inclusiva ou exclusiva dos termos.

O texto de busca pode ser implementado relativo à configuração dos termos das palavras-chave, por meio do arranjo de composições adjuntas (palavras associadas ao termo e elaboradas sobre uma configuração *Booleana* referente ao contexto do interesse de busca) ligeiramente envolvidas na definição dos mesmos em seus diferentes campos. Vide a Tabela 1 sobre essa implementação.

**Tabela 1.** Elaboração das estruturas de busca, contextualizadas a uma regra comum das descobertas das composições adjuntas, sobre os termos-chave.

<b>Termo</b>	<b>Composição Adjunta</b>
<b>BIM (Modelagem da Informação da Construção)</b>	(Conceito   Metodologia   Tecnologia) & (BIM   Modelagem da Informação da Construção)
<b>Área da AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação)</b>	(Indústria   Setor) & (AECO   Arquitetura   Engenharia   Construção   Operação)
<b>Setor de Energia Elétrica</b>	(Indústria   Setor) & (Sistema   Subestação   Usina) & (Energia Elétrica)

Fonte: Autores (2022).

A resolução das palavras-chave permite a formulação inicial do seguinte texto de busca: “Uso do BIM no Cenário da AECO do Setor de Energia Elétrica”. Baseando-se numa resolução sobre a Tabela 1, a palavra de busca assume a seguinte configuração estratégica (textual e *Booleana*): (Conceito OR Metodologia OR Tecnologia) AND (BIM OR “Modelagem da Informação da Construção”) AND (Indústria OR Setor) AND (AECO OR Arquitetura OR Engenharia OR Construção OR Operação) AND (Sistema OR Subestação OR Usina) AND (“Energia Elétrica”). Contudo, essa *String* de busca ainda foi conformada sobre um processo de tradução (para o inglês), segue a sua formatação final: (Concept OR Methodology OR Technology) AND (BIM OR “Construction Information Modeling”) AND (Industry OR Sector) AND (AECO OR Architecture OR Engineering OR Construction OR Operation) AND (System OR Substation OR Power Plant) AND (“Electrical Power”).

Para a formalização dos recursos de busca, foram definidas as seguintes bases de dados (realização de indexação de materiais bibliográficos da literatura acadêmica) a serem utilizadas (total de 3 bases): *ACM Digital Library*, *IEEE Explore*, *Scopus*. Essas bases definidas indexam quantidades extensas de materiais e possuem motores de busca que podem ser configurados para encontrar e filtrar materiais sobre parâmetros básicos necessários da revisão.

Contudo, nessa seção, baseado nos recursos e definições apropriados, foi possível estabelecer regras metodológicas para cumprir os objetivos de busca por material bibliográfico da literatura acadêmica, o que deve ser aplicado nas próximas seções.

### 3.1.2 Seleção de Materiais (1)

A seleção dos materiais a serem utilizados nas fases de classificação e análise nessa pesquisa pretende seguir uma

estrutura específica e elaborada da filtragem do material que possa ser encontrado, e essa aplicação é realizada propriamente na etapa de seleção de materiais, com base num sistema de busca, seleção e inclusão elaborado (vide esse sistema na Figura 1). O conceito dessa metodologia também é implementado, com semelhança, em trabalhos como Souza et al. (2021).

**Figura 1.** Sistema de busca, seleção e inclusão dos materiais para os processos de pesquisa (de caráter da revisão sistemática) com base na extração dos trabalhos.



Fonte: Autores (2022).

Com base numa resolução descritiva da Figura 1, segue a discussão. As atividades de seleção de materiais, devem intermediar o processo de busca e inclusão de material nos dados da revisão, de tal forma que as duas etapas de seleção de material (“Seleção Precorrente” e “Avaliação Detalhada” – seções do trabalho) devem desempenhar esse papel. As seguintes subseções descrevem as fases do processo sistematizado na Figura 1.

### 3.1.2.1 Busca (Filtros de Busca)

A fase de busca caracteriza a necessidade do uso da *String* de busca nos motores de busca das bases de dados anteriormente definidas, além da configuração de outros parâmetros de busca (úteis na filtragem da correspondência de busca). Dessa forma, os filtros de busca definidos sobre a fase de busca, no contexto atual, apontam as seguintes restrições a serem relacionadas aos trabalhos: ter menos de 7 anos desde a publicação (de 2015 até o final 2021); corresponder a aplicação da *String* de busca anteriormente definida (sobretudo, correspondência aos termos relacionados ao interesse da abordagem).

### 3.1.2.2 Seleção Precorrente (Critérios de Eliminação)

A fase de seleção precorrente descreve a pré-seleção (manual ou evidente, por meio das atividades específicas de seleção) dos materiais encontrados na fase de busca, por meio da leitura do título, do resumo, das palavras-chave e de alguns tópicos interessantes (sendo uma avaliação superficial), sobre os trabalhos encontrados. Dessa forma, os materiais a serem selecionados deverão passar por filtros avaliativos, que poderão acarretar a eliminação ou pré-seleção dos mesmos. Os critérios de eliminação definidos sobre essa fase de seleção foram os seguintes: trabalho publicado a mais de 7 anos (ano atual, 2021); trabalho não usa BIM; e, trabalho não tem aplicação (que seja conceitual ou prática) ao setor de energia elétrica. A descrever que a atenção sobre a correspondência do material aos termos envolvidos na *String* de busca utilizada na busca, ainda devem ser avaliados e coerentes ao tema. Com esse processo, será possível poupar tempo de leitura detalhada na fase de avaliação seguinte.

### 3.1.2.3 Avaliação Detalhada (Critérios de Inclusão)

A fase de avaliação detalhada, descreve a leitura completa e avaliação dos materiais pré-selecionados. Dever-se-á de considerar a capacidade de avaliação das questões norteadoras (já definidas) sobre os materiais, de modo a identificar sua contribuição nos dados das propostas destes trabalhos. Essa fase de seleção também deve eliminar materiais da seleção definitiva (inclusão – trabalhos nas fases de classificação e análise a ser realizada). Portanto, descreve a fase de elegibilidade/avaliação (um filtro completo dos materiais selecionados).

### 3.1.2.4 Inclusão (Fichamento dos Dados)

A fase de inclusão no sistema, da Figura 1, corresponde ao conjunto dos dados sobre os fichamentos realizados dos trabalhos avaliados, nas fases de seleção, cujos passaram inclusive pela seleção detalhada, destinados às atividades de classificação e análise dos dados, nas seguintes seções deste trabalho. Para isso, foi elaborado um formulário de extração de dados para a anotação das características importantes ao tema (vide uma relação na seção “Tópicos de Classe” – os trabalhos são descritos por atributos de dados), envolvendo descrever cada trabalho relevante da fase de avaliação detalhada no contexto de realização da própria fase.

### 3.1.3 Resolução e Materiais (2)

Essa seção parte de um ponto onde a aplicação dos métodos definidos sobre busca e seleção convergem a uma perspectiva da realização. A realização deve gerar dados, esses dados são básicos e evidentes. A questão é definir o que fora conquistado com a aplicação das metodologias da revisão. Logo isso se estende numa aproximação do leitor aos dados. Primeiro a apresentação definitiva sobre o fichamento dos dados, quais os atributos e classes os trabalhos compõem ou trazem. Depois apresenta-se esses dados. Logo segue a análise e discussão dos mesmos.

A resolução da metodologia realizada na busca e seleção dos materiais da revisão deve resultar na inclusão de materiais interessantes para a pesquisa. Os materiais inclusos serão classificados e poderão ser extraídos dados como resultado que poderão ser analisados e discutidos nos tópicos a demais desta pesquisa.

Para tanto, em sua execução, a busca e seleção dos materiais. Realizando a busca nas bases de dados conhecidas listadas anteriormente, utilizando a formatação mestre da *String* de busca formulada (adaptando aos requisitos de formatação, quando específicos, de cada base), e configurando os filtros de busca (como o período de publicação aceito) no motor de busca da base (de cada base), foi possível encontrar materiais relevantes e realizar as atividades da primeira etapa da estrutura de busca e seleção elaborada, a seleção precorrente de material, o que envolve busca, avaliação superficial e objetiva, e a pré-seleção.

Logo, realizando a próxima fase do sistema de busca elaborado, a avaliação detalhada, foi possível filtrar criteriosamente (apesar que por interpretações e leituras subjetivas, realizadas num formato técnico) os trabalhos relevantes para a fase de inclusão (quando esses deverão compor o plano de classificação e análise para discussões posteriores sobre o tema), e formar dados relevantes para a pesquisa (o que também é utilizado na inclusão), pela extração de dados para o formulário dos dados, sobre cada trabalho. Assim sendo, vide na Tabela 2 a relação dos dados encontrados e a filtragem destes na execução da metodologia elaborada. Observe que a inclusão compõe um total de 29 trabalhos, que seja relevante para esta revisão, de um total de mais que 93 trabalhos encontrados das etapas de busca realizadas.

**Tabela 2.** Relação de trabalhos encontrados e selecionados até a inclusão definitiva (resultado da última fase da seleção – 2ª Fase). \*Foram mais que o evidente, mas foram avaliados apenas trabalhos entre os 50 primeiros, da ordem de relevância aplicada pelo próprio filtro do motor de busca da base utilizada, em vista desses, muitos não enquadraram a relevância importante para a revisão (como, não atender a necessidade da presença de algum termo importante na *String* de busca).

Base de busca	Busca (num. trabalhos)	1ª fase (num. trabalhos)	2ª fase (num. trabalhos)
<i>Scopus</i>	33	19	16
<i>IEEE Xplore</i>	50*	12	11
<i>ACM Digital Library</i>	10	4	2

Fonte: Autores (2022).

Contudo, obteve-se, com a aplicação técnica das atividades de busca e seleção, o enquadramento de inclusão dos trabalhos fichados. Os dados desses trabalhos favorecem o contexto das elaborações seguintes num processo metodológico técnico sobre os materiais da revisão.

### 3.1.4 Tópicos de Classe (2)

O material nesta seção visa identificar e trabalhar sobre as estruturas de atributos formadas no fichamento dos dados dos materiais inclusos da revisão. São diferentes contextos relacionados ao fichamento dos dados, cujos quais descrevem, os seguintes itens, por categoria qualitativa, o atributo sobre o interesse de estudo (essas categorias envolvem um contexto maior da composição de diversos atributos): identificação da proposta; aspectos BIM; nível de suporte BIM; e, aplicação da proposta. Seguem os subtópicos na descrição dos atributos e das atividades realizadas no contexto da abordagem.

#### 3.1.4.1 Contexto da Identificação

Alguns atributos do formulário servem simplesmente para identificar os trabalhos, entre tantos. Esse, os quais, podem ser identificados na Tabela 3.

Esses atributos (da Tabela 3) foram importantes para a distinção dos trabalhos, ou ainda para trabalhar mais um nível da relação dos dados nesta revisão (como o ano, por exemplo). O atributo *Id* identifica o trabalho de forma única e por chave reduzida (simples e pequena, como índices) no conjunto dos dados da revisão. O atributo *Base* permite identificar a base de dados de onde o material fora selecionado. O atributo *Autor*, permite identificar resumidamente a autoria do trabalho. O atributo *Ano* identifica o ano de publicação dos trabalhos, além de que permite situar uma relação cronológica aos dados.

**Tabela 3.** Identificação e descrição dos atributos sobre a categoria qualitativa do contexto de estudos (identificação do trabalho).

Identificação do trabalho	Descrição do Atributo
<i>Id</i>	Identificação única artificial (chave única)
<i>Base</i>	Base de indexação bibliográfica referente
<i>Autor</i>	Identificação resumida da(s) autoria(s) do trabalho
<i>Ano</i>	Ano de publicação do trabalho

Fonte: Autores (2022).

#### 3.1.4.2 Contexto da Proposta

Alguns atributos foram implementados para vincular informações relacionadas ao raciocínio das propostas dos trabalhos selecionados. Esses visam fichar informações das nacionalidades, cenários e fases de aplicação onde foram propostas a adoção do BIM para o projeto da engenharia de energia. Vide a listagem destes atributos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Identificação e descrição dos atributos sobre a categoria qualitativa do contexto de estudos (aplicação da proposta).

Aplicação da Proposta	Descrição do Atributo
<i>Nacionalidade da Autoria</i>	Nacionalidade do(s) autor(es)
<i>Nacionalidade da Proposta</i>	Nacionalidade da Proposta (quando evidente)
<i>Ferramenta</i>	Recursos utilizados no material da proposta
<i>Aplicação</i>	Finalidade funcional da proposta
<i>Fase</i>	Fase(s) do projeto envolvidas na utilidade proposta
<i>Cenário</i>	Cenário do setor elétrico, relativo a finalidades

Fonte: Autores (2022).

Perceba que as nacionalidades, tanto da proposta (*Nacionalidade da Proposta*) (se tem aplicação prática e essa é evidente, mesmo que fictícia), como da autoria (*Nacionalidade da Autoria*) foram consideradas; a percepção dos dados desses atributos permite relacionar informações importantes no contexto desta pesquisa. O contexto do atributo *Ferramenta* pode descrever os recursos utilizados no trabalho; sobre o atributo *Aplicação*, é possível notar o recurso desenvolvido em sua finalidade de uso (como um *Software* ou um *Schema*); enquanto o atributo *Fase* permite identificar as fases do projeto onde a proposta se aplica (por determinação evidente do trabalho ou destaque da avaliação). O cenário (atributo *Cenário*) de aplicação da proposta associa o contexto das instalações do setor elétrico cuja proposta identifica necessidade do estudo implementado.

### 3.1.4.3 Contexto do BIM (Aspectos e Dimensionalidade)

Visando subjetivamente avaliar o nível de BIM empregado e proposto pelos trabalhos selecionados, foram utilizados conjuntos de alguns atributos que vão ajudar na classificação do BIM e do nível de maturidade vinculado às propostas dos trabalhos. Esses atributos envolvem a descrição do emprego do conceito BIM em dois diferentes grandes campos da implementação elaborados, estes: aspectos BIM (vide a Tabela 5) e nível de suporte BIM (vide a Tabela 6). Os aspectos BIM ajudam a entender a maturidade do projeto (modelo inteligente, colaborativo e/ou integrado), enquanto o nível de suporte BIM ajuda a entender os recursos envolvidos e fornecidos que indicam principalmente a dimensionalidade do projeto (2D, 3D, 4D, 5D, nD), sobre outras coisas, as ferramentas e composição do recurso de projeto.

**Tabela 5.** Identificação e descrição dos atributos sobre a categoria qualitativa do contexto de estudos (aspectos BIM).

Aspectos BIM	Descrição dos Atributos
<i>Objetos Paramétricos</i>	Modelos 3D envolvem atributos de controle
<i>Biblioteca de Objetos</i>	Base de dados de modelos de objetos 3D
<i>Biblioteca Compartilhada</i>	Biblioteca 3D compartilhados entre técnicos do projeto
<i>Modelo Compartilhado</i>	Modelo do projeto compartilhado entre atuantes do projeto
<i>Projeto Centralizado</i>	Modelo do projeto centralizado ao acesso e modificação

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 6.** Identificação e descrição dos atributos sobre a categoria qualitativa do contexto de estudos (nível de suporte BIM).

Nível de Suporte BIM	Descrição dos Atributos
<i>2D (CAD)</i>	Modelos 2D vinculado ao projeto (formato 2D)
<i>3D (RV)</i>	Modelos 3D vinculado ao projeto (formato 3D)
<i>Anexos</i>	Documentos vinculados ao projeto (formatos diversos)
<i>Link</i>	Componentes do projeto tem relação entre si (externa ou não)
<i>Análise de Tempo</i>	Recursos de <i>Software</i> , análise de tempo do projeto
<i>Simulação de Custos</i>	Recursos de <i>Software</i> , simulação de custos do projeto
<i>Análise de Conflitos</i>	Recursos de <i>Software</i> , análise de conflito na modelagem
<i>Simulação</i>	Recursos de <i>Software</i> , simulação de processo e operação (3D)
<i>Dinâmico Simultâneo</i>	Sincronismo de acesso e modificação ao projeto
<i>nD</i>	Dimensionalidade do projeto (suporte da tecnologia)

Fonte: Autores (2022).

Inerente a avaliação das propostas dos trabalhos, sob recursos dos dados dos atributos, vinculados ao contexto de avaliação atual, pretende-se identificar a classificação desses trabalhos, logo essa atividade ao ser realizada sobre os dados deverá evidenciar mais um atributo no contexto dos dados, fora o que apresentado, o atributo de classificação (*Classificação* - que dá o nível de maturidade da proposta do trabalho); além de definir o valor da dimensionalidade (atributo *nD*), que também ainda não fora definido sobre os dados. Essa atividade será explorada adiante.

#### 3.1.4.4 Implementação de Classes

O fichamento dos dados envolve um atributo de classificação que não fora definido na avaliação. A definição desse atributo sobre os dados de cada trabalho incluído na revisão, permitirá identificar o nível de maturidade relacionado a cada proposta fichada. Nesse contexto, também será necessário identificar as dimensionalidades envolvidas nessas propostas (essas que também não foram definidas no processo de seleção e fichamento do material incluso da revisão).

Foram adotadas categorias do nível BIM para a classificação dos trabalhos selecionados. As categorias determinam os trabalhos BIM maduro, nível 1, 2 e 3. Um estudo da resolução dos atributos na determinação da classe tornou-se adiante (conforme o entendimento do autor sobre o tema) (vide a Tabela 7). É importante salientar que a identificação da dimensionalidade dos trabalhos tem como argumento a análise dos atributos do grande campo dos atributos, e determina o nível de suporte BIM, e foi um atributo relevante na atividade de determinar a classificação no estudo dos atributos (inerentes ao Contexto do BIM). Para um melhor entendimento do leitor sobre as definições de classe, é importante considerar as seguintes interpretações empregadas (com realização da autoria deste trabalho) neste processo de classificação, cujas quais descrevem a significância de algumas relações dos atributos (inerentes ao Contexto do BIM) na interpretação dos dados:

- *Modelo Compartilhado* – O modelo do projeto é colaborativo (não necessariamente centralizado). Existe um padrão de comunicação entre as estruturas do projeto (isso inclui as equipes envolvidas e suas comunicações sobre o projeto). Pode haver uma relação de biblioteca compartilhada (dados úteis, modelos 3D – paramétricos inteligentes – 2D, Anexos e Links).
- *Projeto Centralizado* – O modelo do projeto tem presença centralizada, sendo unificado (não necessariamente compartilhado). Existe um padrão de comunicação entre as estruturas do projeto. Pode haver uma relação de biblioteca compartilhada (dados úteis, modelos 3D – paramétricos inteligentes – 2D, Anexos e Links). As equipes estão envolvidas na integração de um projeto comumente relacionado (central).
- *Modelo compartilhado e Projeto Centralizado* – existe a base BIM para a integração do projeto. O projeto é centralizado e está em rede, existe padrão de comunicação e integração focada na composição do modelo principal da construção.
- *Dinâmico\Simultâneo* – permite o acesso de diversos participantes ao projeto, sincronizadamente. Dependendo, em questões da visualização, como também edição do projeto, atualizados os usuários sobre a interação mais atual fornecida do modelo do projeto.
- *Simulação* – Simulação de processos, operações, seja principalmente, simulações 3D sobre o modelo.

**Tabela 7.** Atividade realizada na definição de um modelo de classificação dos trabalhos da revisão. Determinações de conformação de classes – confere o aspecto do atributo (sua necessidade ou valor referente) ao nível de maturidade BIM. \*Condição preferível e característica, mas que pode ser considerada opcional (acordo o processo de avaliação).

Contexto	Atributo	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
<i>Aspectos BIM</i>	<i>Objetos Paramétricos</i>	NÃO	SIM	SIM	SIM
	<i>Biblioteca de Objetos</i>	NÃO	SIM*	SIM	SIM
	<i>Biblioteca Compartilhada</i>	NÃO	NÃO*	SIM	SIM
	<i>Modelo Compartilhado</i>	NÃO	NÃO*	SIM	SIM
	<i>Projeto Centralizado</i>	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
<i>Nível de Suporte BIM</i>	<i>2D (CAD)</i>	SIM	SIM	SIM	SIM
	<i>3D (RV)</i>	NÃO	SIM	SIM	SIM
	<i>Anexos</i>	SIM	SIM	SIM	SIM
	<i>Link</i>	NÃO	SIM*	SIM	SIM
	<i>Análise de Tempo</i>	NÃO	NÃO	SIM	SIM
	<i>Simulação de Custos</i>	NÃO	NÃO	SIM	SIM
	<i>Análise de Conflitos</i>	NÃO	SIM*	SIM*	SIM*
	<i>Simulação</i>	NÃO	NÃO	NÃO	SIM*
	<i>Dinâmico Simultâneo</i>	NÃO	NÃO	NÃO	SIM*
	<i>nD</i>	3D*	3D	4D 5D*	5D, nD*

Fonte: Autores (2022).

Nem todos os atributos precisam ser preenchidos da conformidade avaliada para um determinado nível de correspondência. A avaliação e determinação é subjetiva, e com isso existem algumas condições circunstanciais que devem ser avaliadas conforme o modelo da proposta. Dessa forma, um trabalho pode, em aspectos BIM, ser aderente ao nível de maturidade 3, mas também, em nível de suporte BIM, ser aderente ao nível 1 maduro. A resolução básica adotada visa associar o trabalho ao nível de correspondência que implica tanto “Aspectos BIM” como “Nível de Suporte BIM”. Disso é coerente validar, com maior força o nível por aspecto BIM se o nível de suporte BIM, em especial sua dimensionalidade, atende a um adequado emprego do recurso de ferramenta da tecnologia. Como, por exemplo, um trabalho como o suposto anteriormente poderia ser classificado em nível 2, se não fosse com nível de ferramenta 4D ou 5D, assim como, caso contrário, poderia ser classificado como nível 3 maduro, definitivamente, caso quando tivesse nível de suporte BIM tendente ao nível 2 da maturidade da proposta.

Dessa forma, foi elaborado um critério de justiça (com base na resolução correspondentes, discutida no parágrafo acima), e este deverá ser aplicado na avaliação dos dados dos trabalhos para a realização das atividades de classificação definitiva sobre os mesmos.

### 3.1.4.5 Campos Vazios

Há a presença de dados vazios (não preenchidos ou com valor nulo) no formulário. Esse fato caracteriza casos de atributos não evidentes da avaliação de alguns dos trabalhos selecionados; envolvendo atributos dos tópicos de: *Aspectos BIM*, *Nível de Suporte BIM* e *Proposta*. Veja a relação dos dados em contexto da Tabela 8.

**Tabela 8.** Distribuição de campos vazios no conjunto de dados utilizados na proposta.

Contexto dos Atributos	Qtd. Campos Vazios	Percentual Vazio
<i>Aspectos BIM</i>	40 (de 145)	27,58%
<i>Nível de Suporte BIM</i>	65 (de 261)	24.90%
<i>Proposta</i>	49 (de 319)	15.36%
<b>Total</b>	154 (de 725)	21,24%

Fonte: Autores (2022).

Dos trabalhos fichados com campos vazios, são 7 que não tem dados suficientes para serem classificados, geralmente trabalhos que não trouxeram propriamente uma proposta de estudo sobre o contexto da aplicação prática de recurso BIM em projeto.

Contudo, de um total de 29 instâncias, serão criadas relações sobre seus dados e formulados modelos de análise e discussão. No entanto, apenas 22 instâncias poderão ser situadas em modelos que relacionarem o contexto da classificação.

### 3.1.5 Formato da Análise (2)

Após o estudo dos atributos e as relações evidentes implementadas (como o critério de justiça e a interpretação de relações dos atributos) sobre alguns dos atributos para a classificação dos trabalhos selecionados e avaliados, os trabalhos foram classificados. Logo a relação implementada na Tabela 9 identifica resumidamente os dados desses trabalhos, conforme as atividades de classificação realizadas, situando os trabalhos à sua classificação, compreendendo ainda a relação com algumas informações importantes para o contexto desta revisão e evidência dos dados utilizados.

**Tabela 9.** Resumo dos dados dos trabalhos incluídos para o processo de revisão (análise dos dados) sobre as 29 instâncias. Encontre a referência externa do material (conjunto de dados implementado e utilizado na revisão) em Ferreira (2022) (material implementado pelos autores).

Base	Trabalho	Classificação	Dimensionalidade	Nacionalidade do Autor	Nacionalidade da Proposta
<i>ACM Digital Library</i>	Parfouru et al. (2016)	2	3D	Alemanha e França	-
	Love et al. (2016)	-	-	Austrália e Reino Unido	Filipinas
<i>IEEE Xplore</i>	Kokorus et al. (2016)	3	5D+	Alemanha e Canadá	-
	do Santos Peres et al. (2017)	2	3D	Brasil	Brasil
	Atudori & Vall (2018)	1	3D	Holanda Romênia	-
	Kokorus et al. (2018)	2	3D	Alemanha	-
	Wang et al. (2018)	-	-	China	-
	Lan et al. (2019)	-	-	China	-
	Hu et al. (2019)	1	3D	China	-
	Moncada & Henao (2019)	2	5D	Colômbia	-
	Yang et al. (2020)	3	5D+	China	China
	Shao et al. (2021)	3	5D+	China	China
	Zhou et al. (2021)	1	3D	China	China
	<i>Scopus</i>	Cardoso et al. (2017)	2	3D	Brasil
Aureliano Junior et al. (2018)		2	3D	Brasil	-
Tang et al. (2018)		2	5D	China	China
Qi et al. (2020)		-	-	China	China
Ren et al. (2019)		3	5D	China	China
Du et al. (2020)		2	3D	China	China
Gan et al. (2020)		3	5D+	China	China
Guan et al. (2020)		-	-	China	-
R. Liu & Liu (2020)		3	5D	China	-
Luo et al. (2021)		3	5D	China	China
Pan et al. (2020)		-	-	China	China
Shi et al. (2021)		1	3D	China	-
Azevedo et al. (2021)		2	3D	Brasil	Brasil
Oti et al. (2021)		3	4D	Reino Unido	-
Sun et al. (2021)		2	3D	China	China
Zhang et al. (2021)	-	-	China	-	

Fonte: Autores (2022).

Note que a classificação e a dimensionalidade puderam ser identificadas e definidas sobre os trabalhos. A classificação determina as seguintes categorias (nível de maturidade BIM): 1, 2 e 3. E, a relação da dimensionalidade, dado pelos atributos sobre *Nível de Suporte BIM*, identifica as seguintes categorias (dimensionalidade da informação): 3D, 4D e 5D. No entanto, para as dimensionalidades possivelmente ainda maior que 5D, fora identificada como 5D+;

Outros modelos dos dados foram implementados sobre formulações relacionais dos atributos. Esses modelos compreendem o contexto de análise dos dados, e vão incluir, inclusive, dados dos atributos ainda não apresentados como na tabela anterior. Dessa forma, as modelagens feitas sobre os dados devem compreender seus detalhes nas seções de análise e discussão dos resultados.

Os seguintes tópicos descrevem o interesse aplicado sobre as modelagens que serão estudadas no processo de análise desta revisão:

- Frequência de trabalhos publicados por ano (Ano X Quantidade). Isso pode evidenciar ainda a nacionalidade dos trabalhos, as fases de projeto e os cenários de aplicação, classificação e a dimensionalidade da informação.

Basicamente, com isso, é possível encerrar a discussão da abordagem da proposta, pois são todas relações cronológicas. Sendo necessário fragmentar essa operação em mais outros tópicos. Os que seguem:

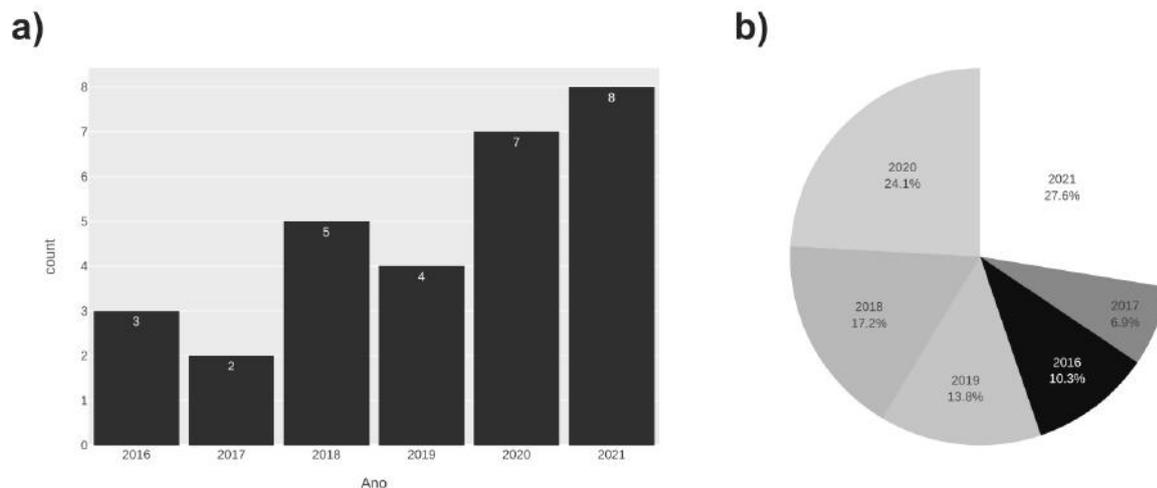
- Tendência da Nacionalidade;
- Tendência da Fase;
- Tendência do Cenário;
- Tendência da Classificação;
- Tendência da Dimensionalidade.

Contudo, as próximas implementações compreendem a atividade de evidenciar informações sobre os dados do processo de revisão, por meio da análise desses sobre os trabalhos fichados. Figuras e relações gráficas também foram implementadas para contribuir tanto no raciocínio da análise, quanto na visualização das situações abordadas.

### 3.2. Análise dos Dados e Discussão dos Resultados (3)

Por meio da primeira modelagem dos dados, com objetivos de relacionar a quantidade de trabalhos voltados ao tema, num contexto cronológico (por ano), foi possível reunir todas as instâncias do conjunto de dados (sendo assim, 29 instâncias). Vide as relações gráficas da Figura 2, sobre a modelagem, das quais se fundamenta a seguinte análise (nos próximos parágrafos da abordagem desta seção).

**Figura 2.** a) Contagem das ocorrências – Trabalho por Ano (29 instâncias); b) Porcentagem das ocorrências – Trabalho por Ano (29 instâncias).



Fonte: Autores (2022).

Em 2015 não foram encontrados trabalhos voltados ao tema, ao passo que em 2016 e 2017 começam a surgir trabalhos sobre o tema. Em 2018 e 2019, foi possível identificar uma quantidade ainda maior de trabalhos. Logo que o interesse é maior em 2020, e se mantém tendenciosamente relevante em 2021.

Relativo ao ano de 2015 não foram encontrados nenhum trabalho, mas isso não elimina a possibilidade da existência de trabalhos nesse ano, como poderia haver influência da metodologia de busca adotada nesta pesquisa. No entanto, isso evidencia um momento menos tendencioso no período estudado.

O quadro percentual pode indicar os conjuntos dos momentos no que houve um aumento na tendência de trabalhos

voltados ao tema da abordagem. Identificando esses momentos, são os seguintes conjuntos dos anos marcando essa tendência (na sequência da menor para a maior – com base na contagem das ocorrências – coincidindo a ordem cronológica adotada): 2016 e 2017 (caracteriza o primeiro momento nos dados), o interesse vem surgindo, mas ainda é pouco tendencioso (representando uma parcela de aproximadamente 17,2% dos dados); 2018 e 2019 (um segundo momento), o tema parece ganhar maior ‘repercussão’, relativamente tendencioso (31,0% dos dados); e, 2020 e 2021 (sendo o último momento observado), a abordagem é mais ‘difundida’, encontrando a maior tendência notada (sendo 51,7% dos dados). Apesar de o segundo momento observado identificar uma queda no número de trabalhos de 2018 para 2019, isso não conclui uma perda na tendência; até porque esse número ainda é maior que dos anos anteriores observados; e, ainda pode ser considerado a observação do primeiro momento identificado, quando de 2016 para 2017 também tem uma diminuição no número de trabalhos, mas isso não induz uma diminuição nos próximos anos observados, pelo contrário, o aumento de interesse sobre o tema realmente ocorre; e isso fica claro quando, no último momento identificado a relação é superior (relativo aos momentos anteriores) e crescente com o passar dos anos (de 2020 a 2021), acordo o período avaliado e os momentos identificados.

Contudo, a apresentação é tendenciosa, possivelmente indicando um aumento no número de interessados sobre o tema da abordagem, logo nesse período de ao menos esses últimos 7 anos (2015 – 2021).

Os próximos tópicos devem evidenciar mais informações por meio da análise, interpretação e discussão dos resultados, sobre modelagens que acompanham a implementação desta revisão. Observe que as linhas cronológicas abordadas devem ignorar o ano de 2015 do período avaliado, considerando que nesse ano não foram encontrados trabalhos pela metodologia de busca utilizada neste trabalho.

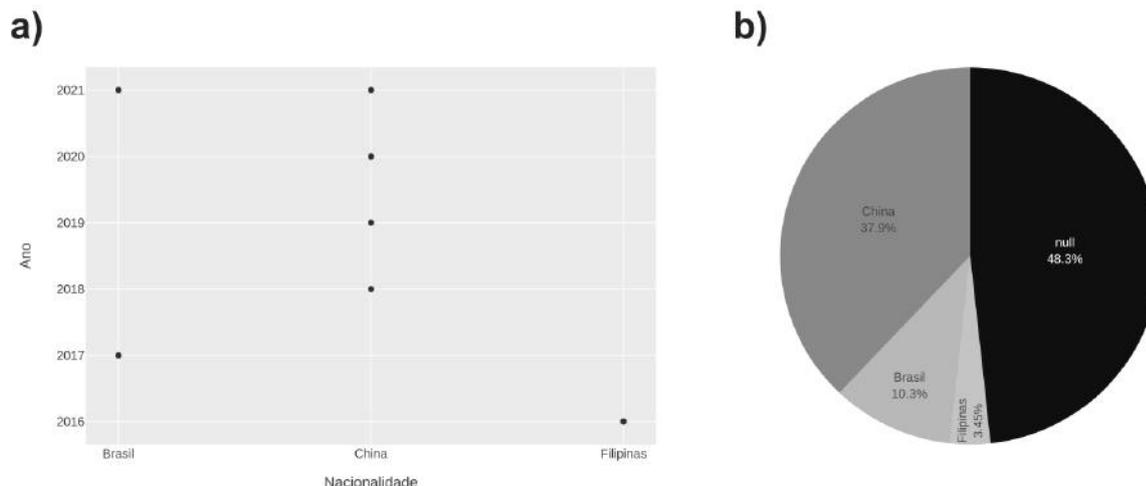
### **3.2.1 Tendência da Nacionalidade**

A próxima modelagem dos dados, cuja qual reúne uma quantidade de 29 instâncias dos dados, nos permite analisar o contexto da nacionalidade envolvida nas proporções do conjunto de dados utilizado. Segue a análise e discussão sobre o contexto da abordagem (associe as resoluções gráficas da Figura 3).

Trabalhos que tem propostas de nacionalidade prática evidente foram notados. É possível observar que em 2016 houve uma presença isolada de proposta(s), essa(s) das Filipinas, quando em 2017 também houvera, mas agora sendo a participação do Brasil. Nos anos seguintes, de 2018 até 2021, ocorreu uma ascensão da presença da China, marcando trabalhos em todos esses anos. Logo a nacionalidade do Brasil ainda consegue demonstrar presença na cronologia, com trabalhos recentes, estando também, pelo menos, em 2021. Como fora notado anteriormente, não haverá nenhuma presença em 2015 nos dados.

Fora os dados vazios ao que converge o contexto, é relevante destacar a presença da China nesse período (2016 – 2021), compreendendo ao menos 37,9% dos objetivos dos trabalhos. O Brasil também marcou presença relevante na abordagem, conquistando ao menos 10,3% de presença nos dados. A nacionalidade das Filipinas teve relativamente pouca presença, com apenas uma ocorrência nos dados.

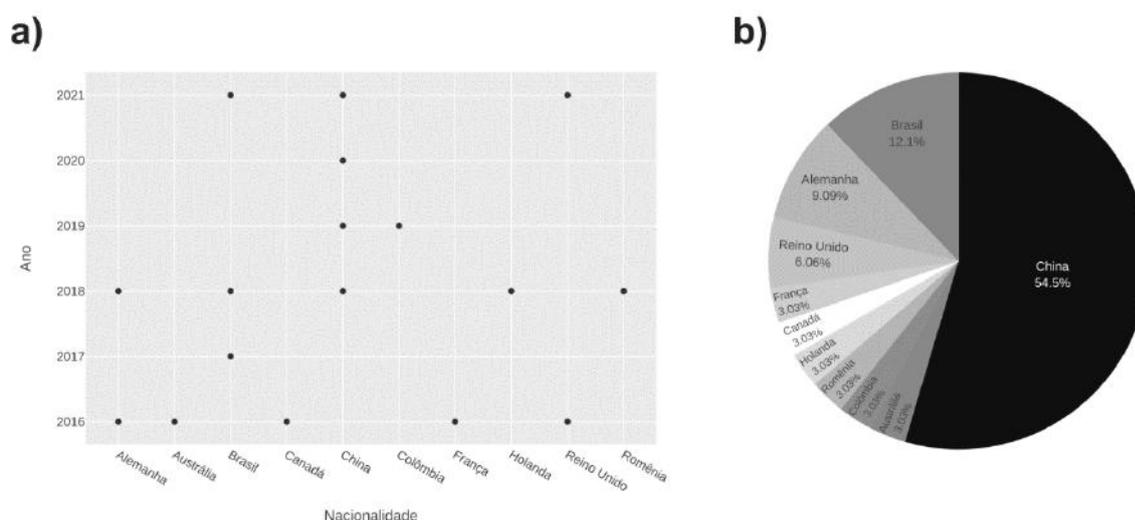
**Figura 3. a)** Marcação das ocorrências – *Nacionalidade (da Proposta)* por *Ano* (29 instâncias e 15 valores); **b)** Porcentagem das ocorrências – *Nacionalidade (da Proposta)* (29 instâncias).



Fonte: Autores (2022).

O contexto dessa abordagem trouxe referência a apenas pouco mais que a metade dos trabalhos nos dados (observe os valores *null* no gráfico (Figura 3b) – nacionalidade não evidentes, ou não se aplica). Esse pequeno arranjo dos dados compreende apenas as nacionalidades vinculadas às propostas (contando apenas 15 valores identificados). Logo não é possível garantir que os dados marcaram o cenário de maneira definitiva e completa, algumas nacionalidades não identificadas também podem estar envolvidas. Não desmerecendo esses dados, foi proposto analisar, isoladamente, também a nacionalidade relativa às autorias dos trabalhos. Para isso, segue as próximas resoluções gráficas com análise e discussão dos dados (vide os gráficos da Figura 4).

**Figura 4. a)** Marcação das ocorrências – *Nacionalidade (da Autoria)* por *Ano* (29 instâncias e 33 valores); **b)** Porcentagem das ocorrências – *Nacionalidade (da Autoria)* (29 instâncias e 33 valores).



Fonte: Autores (2022).

Observando que a ocorrência da nacionalidade das autorias pode ser multivalorada, quando um trabalho não compreende autores de apenas uma nacionalidade. Dessa forma, das 29 instâncias, agora existem 33 valores envolvidos no

estudo dos dados (referente a Figura 4).

Com base na relação gráfica foi possível identificar mais nacionalidades. Disso, a Alemanha teve presença frequente nos primeiros anos apenas (2016 e 2018). As nacionalidades da Austrália, Canadá e França, tiveram presença apenas no ano de 2016, compondo o contexto das nacionalidades com menor presença nos dados. As nacionalidades da Colômbia, Holanda e Romênia também tiveram a menor participação, mas compreendem objetivos num período mais recente, entre 2018 e 2019. O Reino Unido teve presença esparsa no período avaliado, em 2016 e 2021. Sobre a China, é possível identificar sua presença nos mesmos anos que anteriormente, não tendo trabalhos nos primeiros anos (2016 e 2017), mas ainda marcando maior presença que as outras nacionalidades (nos anos mais recentes do período avaliado). Também é possível identificar, entre os quais, mais um ano com a presença do Brasil (em 2018), aumentando o destaque do interesse recente e existente sobre o tema pela nacionalidade (mesmo num contexto maior dos dados).

Observe que não foram encontrados trabalhos com nacionalidade da autoria das Filipinas, mas isso não tem uma dependência explícita. Apesar de que, entre as relações observadas, é possível indicar que geralmente, ao menos, as autorias da China estão relacionadas às propostas da China e as autorias do Brasil estão relacionadas às propostas do Brasil.

Com base na relevância das nacionalidades, presentes no período avaliado, com objetivos no tema da abordagem, faz-se uma interpretação dos dados. A nacionalidade da China ainda manteve um devido destaque, agora estando presente em uma maior parcela dos dados, compreendendo cerca de mais de 50% dos trabalhos avaliados que tiveram objetivos no tema da abordagem. As nacionalidades da Alemanha, Brasil e do Reino Unido também tiveram participação relevante nos dados (respectivamente, 9,09%, 12,1% e 6,06%). As demais nacionalidades estavam vinculadas a apenas um trabalho (distinto ou não) dos dados (correspondendo a cerca 3%). Observando por essa última relação, é possível destacar a relevância que vem alcançando o interesse do Brasil (os trabalhos da nacionalidade), meio ao período avaliado, no entanto, ainda tendo poucos trabalhos, se comparando a China, que assume definitivamente uma liderança nos estudos sobre o tema, seja num contexto da nacionalidade das autorias ou da proposta.

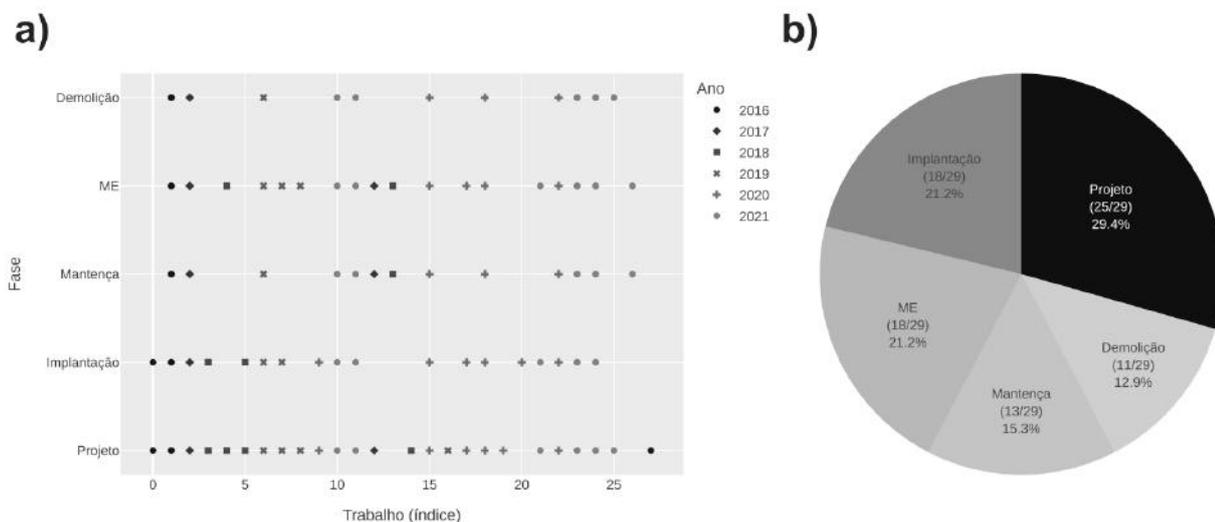
### 3.2.2 Tendência da Fase

A próxima modelagem permite analisar as fases de aplicação do BIM nas propostas, com base na interpretação dos dados de um modelo com 29 instâncias do conjunto dos dados utilizados. Esses dados têm caráter multivalorado, para tanto as tuplas são replicadas a notar diferentes fases empregadas em correspondência do mesmo ano e índice de trabalho. O índice tem objetivo apenas de notar trabalhos distintos, não os identificar formalmente. Segue a visualização, análise e discussão dos dados (vide os gráficos da Figura 5).

A fase de projeto geralmente foi predominante em todos os períodos. As fases de implantação e, manutenção e expansão (ME) tiveram tendência similar. No entanto, as fases de manutenção e demolição tendenciaram as suas aplicações ao longo dos anos, logo que em 2021 tem frequência similar às outras fases do projeto. Logo que, nesse mesmo momento todas as fases tiveram presença similar nas propostas dos trabalhos.

No período avaliado, de pelo menos 2016 até 2021, baseando-se nas propostas dos trabalhos sobre o tema, é possível notar que houve a participação de todas as fases aos anos (quando ao menos um trabalho atendeu a uma ou mais fases do projeto), exceto, por exceção da fase de demolição, cuja qual não fora encontrada em propostas do ano de 2018. Sendo que a fase de demolição teve presença relativamente inferior às outras fases, pode ser importante destacar, que dos trabalhos, apenas um teve a prioridade maior e evidente na fase de demolição, quanto houvera a necessidades de descomissionamento no projeto da construção de engenharia de energia (para Usinas Geotérmicas antigas).

**Figura 5. a)** Marcação das ocorrências – *Fase* (do projeto) por *Ano* (28 instâncias); **b)** Porcentagem das ocorrências – *Fase* (do projeto) (29 instâncias).



Fonte: Autores (2022).

Seguindo a análise, é possível tomar sobre os dados as seguintes interpretações. As fases do projeto que foram mais adotadas, evidentemente foram as de projeto, implantação e, manutenção e expansão. Embora, pode ser que as fases de manutenção e demolição futuramente teriam mais presença nos dados, ao menos a fase de manutenção, explorando mais ainda o recurso de gerenciamento de projetos do BIM.

A grande tendência parece indicar a adoção do BIM como sistema em todas as fases do projeto da construção do setor elétrico. Logo que, em 2021, a maioria dos trabalhos teve pretensão no desenvolvimento do recurso BIM para todas as fases do projeto (considerando ao menos 4 dos 7 trabalhos incluídos no modelo – relativamente 57,1% destes). Considerando ainda que, essa porcentagem atinge os anos do período avaliado de forma relativamente menos tendenciosa, quando a análise da aplicação em todas as fases para os outros períodos forma as seguintes notas (trabalhos que tiveram foco a adoção do BIM em todas as fases do projeto do setor elétrico, com tendência relativa ao ano): em 2020, 42,9% de 7 trabalhos; em 2019, 25,0% de 4 trabalhos; em 2018, 0% de 5 trabalhos; em 2017, 50% de 2 trabalhos; e, em 2016, 33,3% de 3 trabalhos.

### 3.2.3 Tendência do Cenário

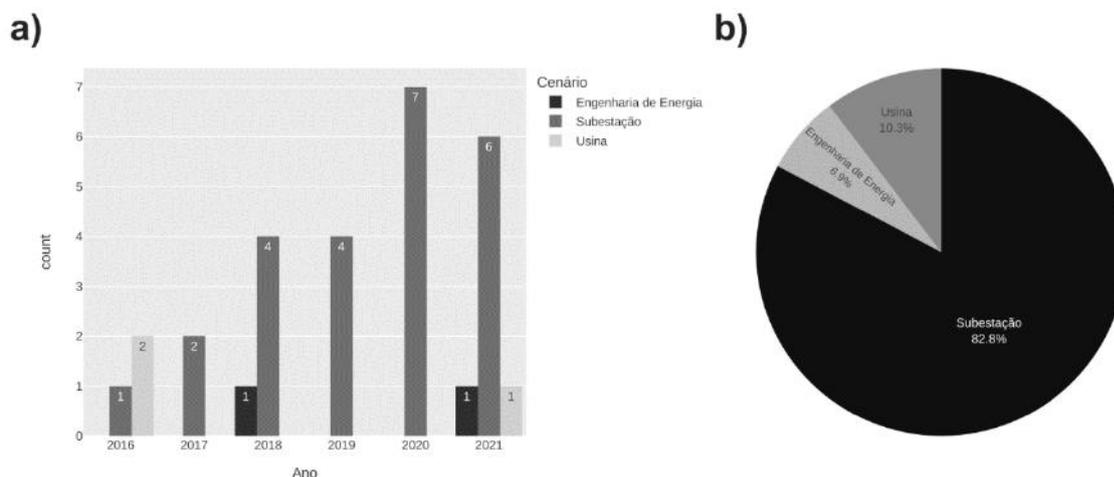
A próxima modelagem reúne todas as instâncias (29 instâncias) do conjunto de dados avaliado. A interpretação do modelo em questão, permite evidenciar os cenários de aplicação do recurso BIM nas propostas dos trabalhos avaliados. Vide os gráficos (Figura 6), a descrição da análise e discussão pertinentes.

Destacam-se os seguintes valores identificados nos trabalhos, sobre o atributo correspondente ao cenário de aplicação: “Engenharia de Energia”, “Subestação” e “Usina” (do que fora encontrado nas instâncias, nuclear ou geotérmica). O cenário que corresponde ao termo relativo à engenharia de energia apenas descreve um contexto mais genérico do cenário de aplicação na proposta no setor elétrico, geralmente quando o alvo é menos evidente ou ambicioso (de amplitude/abarcado sobre o tema).

O cenário de subestação esteve presente em todos os anos do período avaliado. Ao passo em que, a contagem cronológica nos permite identificar um aumento das propostas voltadas às instalações de subestação do setor elétrico, entre os de 2016 até 2020; e uma diminuição em 2021, embora não tão tendenciosa, em vista que no ano em questão também houveram

propostas voltadas aos outros cenários avaliados. Dessa forma, em 2021 a implementação dos cenários é mais diversificada, sendo que todas as fases estiveram presentes num mesmo ano.

**Figura 6. a)** Contagem das ocorrências – *Cenário* por *Ano* (29 instâncias); **b)** Porcentagem das ocorrências – *Cenário* (29 instâncias).



Fonte: Autores (2022).

Em 2016, houveram mais trabalhos voltados ao cenário de instalações de usina do que de subestações. Logo em 2021, ainda existem propostas voltadas ao cenário de usinas, mas com menor participação nos dados, assim como também foi para o contexto mais genérico do cenário de engenharia de energia (num contexto recente do período avaliado, mas com menor participação nos dados).

Contudo, a análise desses dados parece evidente que a grande tendência no período avaliado, tem base na preocupação da otimização e inovação nos cenários das instalações de subestação do setor de energia elétrica, compreendendo uma presença em 82,8% dos dados dos trabalhos avaliados. No entanto, que isso não caracteriza essa apenas centralização, outros contextos de instalações e serviços do setor elétrico também tem foco de interesse nos estudos recentes do BIM sobre o tema da abordagem, mesmo que menos evidente nos dados e com menor participação; destacam-se as usinas, as engenharias de energia, e até menos as linhas de transmissão (que aqui não foram relacionadas evidentemente nos dados – quando até mesmo um trabalho em específico teve essa apropriação da metodologia, mas também concernente a objetivos sobre as subestações, não evidente por questões de resumo e interpretação dos dados da revisão).

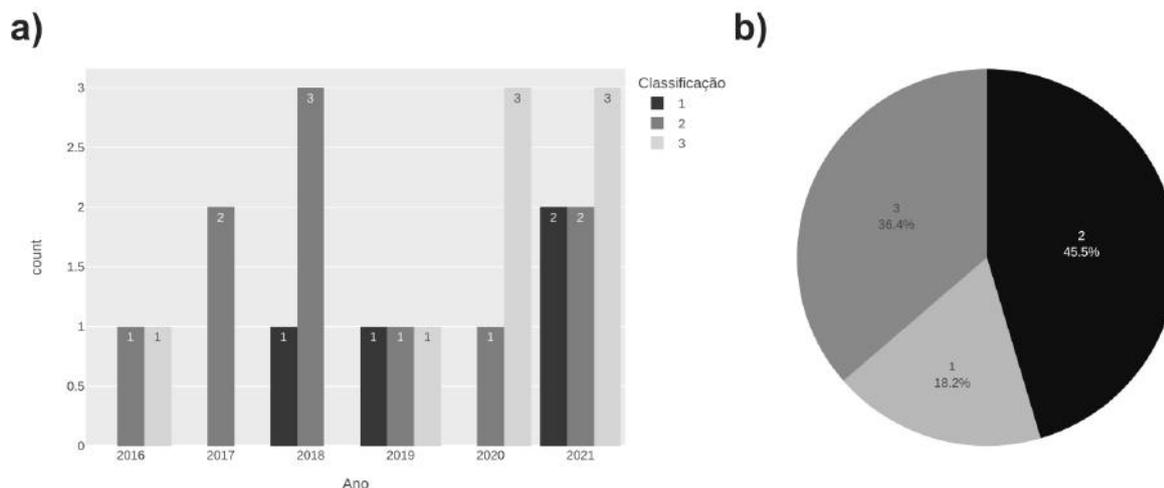
### 3.2.4 Tendência da Classificação

A próxima modelagem permite situar uma relação cronológica da classificação dos trabalhos, seus níveis “BIM maduro”, conforme a avaliação realizada sobre as suas propostas. Obtido um modelo que contém apenas 22 instâncias do conjunto dos dados, os trabalhos para os quais foi possível atribuir uma classificação. Segue as resoluções gráficas, a análise e discussão dos dados (acompanhe os gráficos – *a* e *b* – da Figura 7).

No período avaliado (ao menos de 2016 até 2021) ainda existem trabalhos de nível 1 maduro, sendo que foram encontrados trabalhos situados a essa classificação ainda nos anos mais recentes (de 2018 até 2021). Os trabalhos de nível 2 estão relacionados à maioria dos trabalhos situados ao tema, sendo encontrados em todos os anos do período avaliado (de 2016

até 2021). Trabalhos de nível 3 maturo, apesar de mais complexa a sua adoção (BIM 3 maturo), possivelmente já houvera nos primeiros anos (em 2016), mais isso parece ser apenas um caso isolado, sendo que estes trabalhos maturos normalmente costumam a aparecer com maior frequência a partir de 2019.

**Figura 7. a)** Contagem das ocorrências – *Classificação por Ano* (22 instâncias); **b)** Porcentagem das ocorrências – *Classificação* (22 instâncias).



Fonte: Autores (2022).

A contagem das ocorrências, tendo base a classificação, nos permite avaliar a quantidade de trabalhos maturos por ano. Seguindo a interpretação dos dados, sobre o modelo gráfico, até por volta de 2018, geralmente predominava a existências de trabalhos com propostas do nível 2 maturo ao uso do BIM. No entanto, de 2018 em diante (no período avaliado) a quantidade de trabalhos do nível 3 maturo parece se aproximar ou até superar a quantidade de trabalhos 2 maturo, sendo destaque o ano de 2020, com o maior número de trabalhos 3 maturos, relativo à quantidade de trabalhos do nível 1 e 2 maturo. No entanto, ao passo em que isso se acirra em 2019 e 2021, ainda existe uma influência relevante do BIM 2 maturo nos trabalhos.

A situação de trabalhos de nível 1 maturo apenas nos últimos anos do período avaliado não caracteriza uma realidade da inovação (que esteja sendo empregado apenas recentemente). Na verdade, os trabalhos classificados ao nível 1 maturo parecem ser uma minoria no contexto do período avaliado, quando a real normalidade poderia ser trabalhos de nível 2 maturo, e a grande tendência, trabalhos de nível 3 maturo. Apesar da consideração, a presença de trabalhos de nível 1 maturo nos anos recentes do período avaliado, também poderia estar evidenciando a existência de algumas dificuldades na escalação das propostas voltadas ao tema da abordagem em relação ao nível de maturidade no emprego do BIM.

Contudo, a relação da ocorrência dos níveis para as propostas dos trabalhos avaliados, induziu à seguinte interpretação (neste parágrafo). O BIM ainda vem sendo empregado em uma diversidade dos níveis para o setor elétrico, sejam trabalhos maturo ao nível 1, 2 ou 3, esses níveis ainda são encontrados recentemente nas suas propostas; o destaque é que o nível de maturidade do emprego do BIM nesses projetos já está bem estabelecido no nível 2 maturo do conceito (cerca de 45% dos dados), mas o emprego do nível 3 também vem ganhando destaque, em razão da probabilidade relevante que obteve nos trabalhos recentemente encontrados (contando um total de 36% nos dados). A tendência é que a maturidade desses projetos aumente, então, ao passo em que existem mais trabalhos do nível 2 maturo (estabelecido), o número de trabalhos do nível 1 maturo tende a diminuir (relativo à participação em todo o período avaliado) enquanto o de trabalhos do nível 3 maturo tende a aumentar.

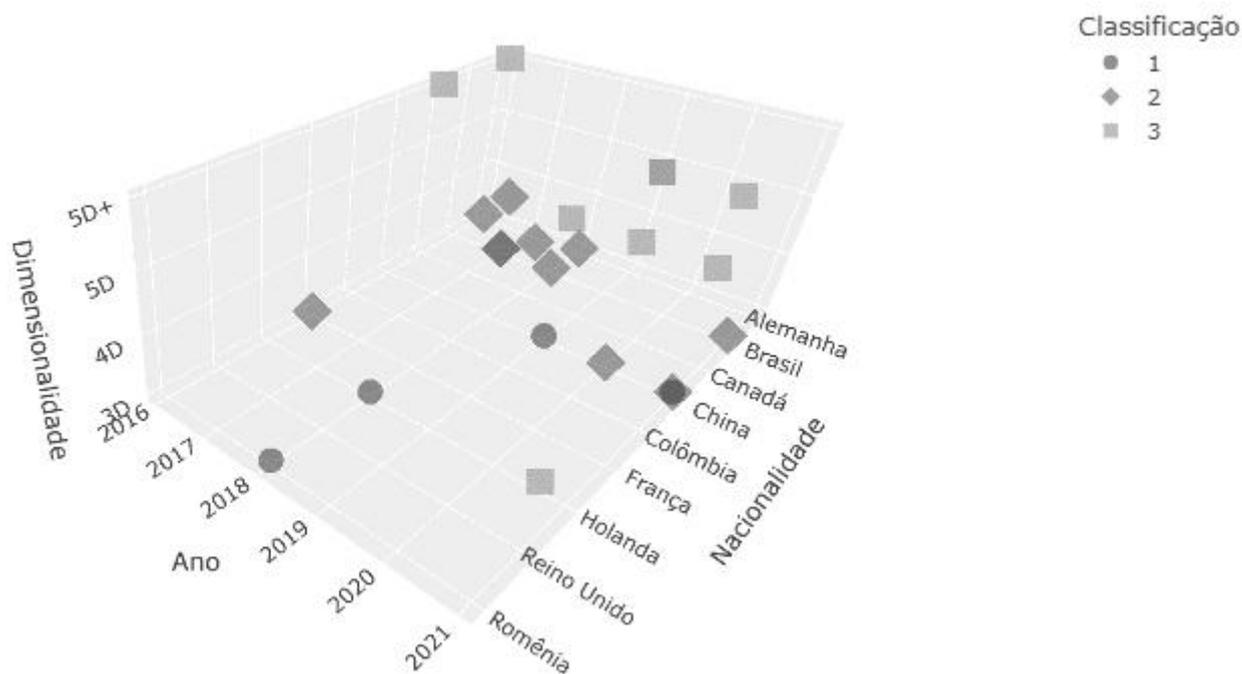
### 3.2.5 Generalização da Classificação (Situação do Nível BIM Maduro)

A última modelagem realizada, pertinente ao contexto dos estudos desta revisão fora feita, visando envolver a classificação e outros atributos do modelo dos dados, como a nacionalidade (da proposta e/ou autoria) a dimensionalidade, e ainda a relação cronológica dos dados (o ano). Essa modelagem é composta também das 22 instâncias classificadas utilizadas anteriormente. Acompanhe as relações gráficas elaboradas e, as análises e discussões realizadas nesta seção).

O atributo relativo à nacionalidade pode ser multivalorado (para uma mesma instância – um trabalho – poderá estar vinculada mais de uma nacionalidade; sendo que foi observado geralmente haver até duas nacionalidades vinculadas a um mesmo trabalho), para tanto, a quantidade de valores pode ser maior que o número de instâncias; esse mesmo atributo foi formado apenas das nacionalidades das autorias, em razão que das instâncias do modelo as nacionalidades das propostas sempre correspondiam. Observe que a nacionalidade das Filipinas não obteve classificação nos dados, logo não foi incluída na modelagem atual; e, o mesmo ocorre para as outras instâncias não classificadas).

A primeira resolução gráfica (Figura 8) nos permite situar a classificação num envolvimento com a nacionalidade das propostas, a dimensionalidade da informação (seja como o suporte da tecnologia), e por ano.

**Figura 8.** Marcação das ocorrências – *Classificação por Dimensionalidade, Nacionalidade e Ano* (22 instâncias e 25 valores).



Fonte: Autores (2022).

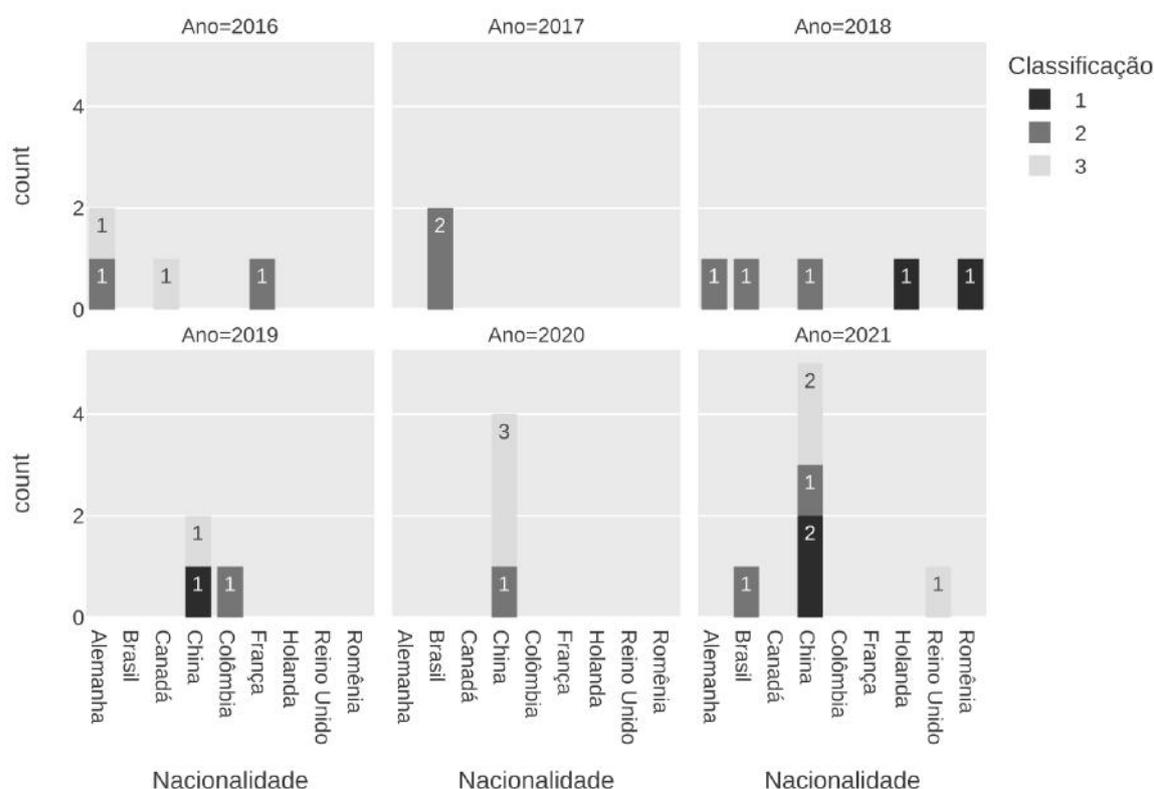
Foi possível situar boas classificações (nível 3 maduro) aos níveis de suporte da tecnologia 5D e/ou 5D+, geralmente predominante em trabalhos da China, logo nos anos mais recentes (de 2019 a 2021). Como também das nacionalidades da Alemanha e Canadá, com presença isolada em momentos mais iniciais do período avaliado (em 2016), obtiveram destaque com sua(s) proposta(s), relevantes em dimensionalidades maiores que o 5D, caracterizando algo bastante maduro a seu tempo, quando a China traria isso apenas a partir de 2020. Embora a nacionalidade do Reino Unido, tivera uma proposta de nível maduro (classificação 3) e a dimensionalidade 4D, mas isso em 2021, surgindo, meio a fraca presença (da nacionalidade) nesse período esparsa, com uma proposta potencialmente madura no emprego do BIM sobre o tema da abordagem.

Além das nacionalidades envolvidas, a Colômbia também conseguiu marcar presença com uma proposta

relativamente madura, apesar do nível 2 (segundo o critério de justiça da atividade de classificação), empregando a dimensionalidade 5D. O Brasil também teve forte presença, embora apenas com trabalhos da dimensionalidade 3D, limitando-se a classificações de nível 2 maduro, e isso foi geralmente relativo às dimensionalidades envolvidas. As nacionalidades da Holanda e Romênia também marcaram presença sobre o período avaliado, mas apenas com proposta(s) de nível pouco maduro e dimensionalidades 3D.

Abrindo mão da dimensionalidade, os gráficos da Figura 9 permitem visualizar por um ângulo mais claro os dados anteriormente abordados.

**Figura 9.** Contagem das ocorrências – *Classificação por Nacionalidade e Ano* (22 instâncias e 25 valores).



Fonte: Autores (2022).

Em 2016 houve uma maior participação da Alemanha nos dados, trazendo propostas já bem classificadas em nível de maturidade, nível 2 e 3 maduro. Logo o Canadá também teve relação com proposta(s) bem classificada(s) nesse mesmo ano (nível 3 maduro). Quanto ao envolvimento da França, ainda que pequeno, a nacionalidade conseguiu alcançar um nível 2 maduro. Parece ser um momento ideal para trabalhos internacionais – geralmente ingleses.

Em 2017 tem destaque a presença isolada do Brasil, já trazendo trabalho(s) com proposta(s) relativamente bem classificada(s) a seu tempo, sendo nível 2 maduro.

Em 2018, o emprego do BIM, nas propostas dos trabalhos da revisão, parece bem mais difundido entre as nacionalidades. Nesse momento os trabalhos se limitaram a propor no máximo o nível 2 maduro, tendo ainda a presença de trabalhos do nível 1 maduro (embora, minoria). Isso parece seguir como o Brasil, um ano antes, que houvera o nível 2 maduro. As nacionalidades da Holanda e da Romênia assumem trabalho(s) de nível 1 maduro, enquanto a Alemanha, o Brasil e a China

assumem trabalho(s) de nível 2 maturo.

Em 2019, ocorreram trabalhos de todas as classificações do nível de maturidade. A China trouxe uma proposta do nível 1 maturo, mas também uma proposta do nível 3 maturo; e, a Colômbia, veio com uma proposta de nível 2 maturo. Parece um cenário confuso, quanto ao nível normal da adoção do BIM. Para alguns, um momento inicial, assim como também, para outros, um momento de apropriação já bem evoluído.

Em 2020, a grande vantagem foi de propostas da China, tendo presenças isoladas nesse ano. Com minoria em trabalhos do nível 1 e/ou 2 maturo, e maioria em trabalhos do nível 3 maturo.

Em 2021, o Reino Unido apareceu com um trabalho relativamente bem classificado, nível 3 maturo, sendo uma participação relevante. A China ainda teve trabalhos de nível 1, 2 e 3 maturo, assim como também tiveram participação relevante entre as outras nacionalidades nesse mesmo ano. O Brasil também obteve participação nesse ano, mas ainda manteve o nível 2 maturo.

Contudo, é possível tomar algumas considerações na discussão desta seção. Ao passar dos anos, os estudos no desenvolvimento e propostas no emprego do conceito BIM nos cenários do setor elétrico, principalmente como tecnologia de projeto vem ganhando destaque. As nacionalidades internacionais (como o Reino Unido e China) já demonstram desenvolvimento maturo (nível 3) do BIM, e emprego superior na dimensionalidade da informação, com forte presença de estudos da China. Enquanto isso, no cenário nacional, a presença de trabalhos da abordagem não é tão acelerada, embora existam pessoas interessadas no desenvolvimento e aplicação do conceito para o setor elétrico, quando evidente a presença de ao menos um trabalho nacional em 2021 e em momentos menos recentes do período avaliado. Os trabalhos nacionais apesar de apropriarem o nível 2 maturo, ainda não evoluíram quanto ao nível de suporte da tecnologia, limitando-se ainda ao nível 3D da dimensionalidade da informação. A Alemanha, esteve em 2016 com trabalhos de mesma e até maior maturidade que os trabalhos nacionais identificados, no entanto, que perdera relevância no destaque dos estudos e não estivera presente em novos trabalhos recentes do tema da abordagem (mas, isso não evidencia a perda de interesse ou avanço de trabalhos, tendo em vista o contexto amostral e metodológico desta revisão, como uma revisão de literatura específica).

Segue na próxima seção as considerações (conclusões do trabalho) referidas ao contexto das abordagens envolvidas nesta pesquisa, com critério de revisão sistemática da literatura bibliográfica acadêmica, sobre as análises do tema discutidas.

#### **4. Considerações Finais**

Introduzindo o interesse de evidenciar o que seria o uso do BIM nos projetos das Indústrias do Setor elétrico, nos diferentes cenários e fases de projeto das instalações destinadas, às propostas, relacionando circunstâncias da nacionalidade e cronologia temporal do ano, com base num período adotado da realização (considerado recente, num momento desenvolvido e moderno da sociedade, da indústria e da tecnologia), foi possível tomar alguns posicionamentos sobre as condições do estado em que se enquadra a busca e realização, logo a tendência, dos estudos e a aplicação do BIM no Setor elétrico. Segue a discussão referente ao contexto da abordagem.

Os processos de análise desempenhados sobre os dados parecem indicar o que seria uma grande tendência no período avaliado, sobre o emprego das maiores dimensionalidades e implementações mais maduras do BIM (do nível 2 para o nível 3), com trabalhos da China e do Reino Unido influenciando situações mais evoluídas das propostas (o cenário Internacional influencia melhores práticas até o momento – um contexto mais maturo de estudo e aplicação). De certa forma servindo para a difusão do conceito BIM nos projetos do setor elétrico, em circunstâncias do crescimento no número de trabalhos voltados ao tema e um maior estabelecimento do nível de maturidade alta (nível 3).

Meio a esse cenário, tomando perspectiva dos trabalhos nacionais, é interessante posicionar questões sobre a quantidade de trabalhos brasileiros nos últimos anos, se comparado às outras nacionalidades, cuja seria relativamente relevante

em referência às abordagens nacionais presentes nessa frente revolucionária das soluções BIM no setor elétrico. Embora seja possível identificar um momento em que carece de trabalhos nacionais recentes do tema, logo nos últimos três anos do período avaliado. Além de que os trabalhos nacionais parecem ter dificuldades em escalar propostas mais maduras, limitando-se ainda a dimensionalidades 3D da informação e o nível 2 maturo em BIM (segundo critérios e justiça de avaliação adotadas na pesquisa). No entanto, potencialmente, num futuro próximo, se considerando a grande tendência na evolução da adoção do conceito nas propostas mais recentes do estudo, e observando que a nacionalidade vive esse momento, é possível esperar que as propostas nacionais se enquadrem em níveis mais maduros (nível 3) do emprego do BIM no setor elétrico.

As fases de aplicação do BIM são diversas e costumam variar na intenção dos trabalhos, embora conforme a tendência na evolução do nível de maturidade relacionado ao emprego do conceito, a capacidade de gerenciar mais fases do projeto torna-se oportuna e interessante para os pesquisadores, dessa forma um melhor aspecto das circunstâncias poderia ser a adoção do BIM em todas as fases do projeto no gerenciamento das instalações e estruturas do setor elétrico, logo é o que parece estar se conformando sobre os dados da revisão. Nesse contexto, como uma área extremamente importante nos serviços do setor elétrico, as subestações de energia elétrica parecem ganhar devida atenção nas propostas dos trabalhos recentes, envolvidas as questões de projeto, além dos requisitos válidos de segurança e eficiência operacional, indicando recursos eficientes na aplicação do conceito BIM sobre o projeto das instalações (em todos os conceitos da AECO).

Contudo, é evidente um período de evolução da aplicação do conceito BIM nos projetos do setor elétrico, quando a quantidade de trabalhos voltadas à abordagem tende a aumentar ou se posicionar num período recente da avaliação, enquanto a maturidade das propostas se estabelece e tende a evoluir nos trabalhos mais recentes e possivelmente nos trabalhos futuros. Dessa forma, é possível relatar a maior presença dos trabalhos internacionais (com grande participação da China), ainda que esperado o crescimento da relevância dos trabalhos nacionais (Brasil); situando-se nessa frente revolucionária, os cenários (Inter)Nacional, com propostas do ambiente acadêmico, voltados à difusão do conceito BIM sobre os projetos do setor elétrico.

Numa perspectiva futura de trabalhos de revisão sistemática concernindo a fundamentação ou evolução dos estudos realizados aqui neste trabalho de revisão da literatura, podem ser discutidas algumas questões a serem engajadas em propostas voltadas ao tema (sobre “o BIM no setor elétrico”). Para isso idealizasse ao menos um tópico da discussão, o que seria: expandir o conjunto dos dados (incluir dados de trabalhos fixados por outras bases, e/ou relacionar novos períodos da avaliação – preferivelmente dos anos mais atuais e futuros, partindo de 2022 – sendo estes aspectos básicos da finalidade). Tudo contribui para que o material possa ainda ser apropriado na fundamentação de uma série de atores, seja na perspectiva de profissionais do setor, como também a de pesquisadores com interesse no tema, tendo em vista que a finalidade do material possa atrair o interesse de mais atores da pesquisa, inovação e do setor produtivo (comercial e industrial).

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi desenvolvido com base na realização de um projeto de pesquisa, financiado pelo programa de Iniciação Científica (PIBIC) – concebido o recebimento de uma bolsa de pesquisa ao autor principal, pela instituição IF Goiano (campus Morrinhos), ainda em desenvolvimento. Devido, são os agradecimentos a instituição (IF Goiano – campus Morrinhos) e ao programa de iniciação científica (PIBIC). Também, aos companheiros do grupo de pesquisa NuPPGIN (vinculado ao CNPQ), cujo os autores fazem parte, e desenvolvem, inclusive, trabalhos voltados ao tema de interesse desta revisão. Agradecimentos as orientações de projeto de pesquisa que compõem a base fundamental do desenvolvimento científico acadêmico, apropriado pelos autores do trabalho (incluindo os orientadores).

## Referências

- ABDI.COM.BR. (n.d.). *ABDI - Modernização da Construção Civil*. <https://www.abdi.com.br/projetos/bim>
- Andrade, M. L. V. X. de, & Ruschel, R. C. (2009). BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências. *Proceedings - Simpósio Brasileiro de Qualidade Do Projeto No Ambiente Construído, SBQP 2009*, 602–613. <https://doi.org/10.4237/sbqp.09.166>
- Atudori, M., & Vall, P. van de. (2018). Modern Techniques in The Modelling of High Voltage Power Systems. *2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE)*, 0444–0449. <https://doi.org/10.1109/ICEPE.2018.8559736>
- Aureliano Junior, M. J., Peixoto, I. A., Cyrino, G. F., Santos Peres, I. C. dos, Cardoso, A., Lamounier Junior, E. A., & Lima, G. F. de. (2018). Mobile Application to Support Interventions in Electric Power Substations with Augmented Reality Techniques and BIM. *2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, 243–247. <https://doi.org/10.1109/SVR.2018.00007>
- Azevedo, D. M., Marotti, A., Cardoso, A., Lamounier, E., de Lima, G. F. M., de Araújo, A. L., Guttler, C., de Oliveira Rocha, R., & Bartholomeu, C. (2021). Development of Bim (Building Information Modeling) Concept Applied to Projects of Substations Integrated With the Geographic Intelligence System (GIS). *WSEAS Transactions on Power Systems*, 16, 1–7. <https://doi.org/10.37394/232016.2021.16.1>
- Brasil. (2020). *DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020*. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm)
- Cardoso, A., do Santos Peres, I. C., Lamounier, E., Lima, G., Miranda, M., & Moraes, I. (2017). Associating Holography Techniques with BIM Practices for Electrical Substation Design. In P. Fechtelkötter & M. Legatt (Eds.), *Advances in Human Factors in Energy: Oil, Gas, Nuclear and Electric Power Industries* (Vol. 599, pp. 37–47). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60204-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60204-2_5)
- do Santos Peres, I. C., Cardoso, A., Lamounier, E., Lima, G., Miranda, M., & Moraes, I. (2017). BIM practices to operation and maintenances for electrical substations. *2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/CLEI.2017.8226462>
- Du, C., Bing, B., Mao, X., Liu, W., Liu, Y., & Xu, Q. (2020). Research on Automatic Monitoring and Early Warning System Based on BIM Smart Infrastructure Risk. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 455(1), 012197. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/455/1/012197>
- Duran, R. (2020). Avaliação Dos Objetivos BIM Nas Licitações Públicas Brasileiras. *Proceedings - XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ANTAC 2020*, 8.
- Ferreira, A. R. (2022). Uso do BIM no Setor Elétrico - contexto (Iter)Nacional. Github.com. [https://github.com/LordKrampus/BIMSetorEletrico\\_DataBase](https://github.com/LordKrampus/BIMSetorEletrico_DataBase)
- Frontin, S. O. (2013). Equipamentos de Alta Tensão – Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas. In *Brasília: Teixeira (2013)* (1st ed.).
- Gan, Y., Yin, H., & Chen, X. (2020). Application of BIM and RFID Technologies in Power Construction Industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 558(5), 052069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/558/5/052069>
- Guan, L., Wang, W., Hu, J., Li, Z., Wang, H., & Yang, X. (2020). Fineness Standard and Implementation Method of 3D Model of Electrical Equipment in Substation (Converter Station). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 428(1), 012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/428/1/012074>
- Hu, J., Wu, B., Song, Y., & Guan, L. (2019). Automatic Checking of Substation Design Model with Visual Script of Design Codes. *2019 3rd International Conference on Data Science and Business Analytics (ICDSBA)*, 363–368. <https://doi.org/10.1109/ICDSBA48748.2019.00081>
- Kim, J.-U., Kim, Y.-J., Ok, H., & Yang, S.-H. (2015). A study on the status of infrastructure BIM and BIM library development. *Proceedings - 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCSI 2015*, 857–858. <https://doi.org/10.1109/CSCSI.2015.52>
- Kokorus, M., Eyrich, W., & Zacharias, R. (2016). Innovative approach to the substation design using Building Information Modeling (BIM) technology. *2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TDC.2016.7519983>
- Kokorus, M., Pizarro, F., Eyrich, W., & Heuser, S. (2018). From Optical Symbol Recognition (OSR) of Point Clouds to the Substation Information Model. *2018 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/TDC.2018.8440555>
- Lan, G., Junhui, H., Jianqin, L., Hui, W., Jianzheng, D., & Jumou, Z. (2019). Research on Substation Gantry Modeling Based on IFC Standard. *2019 3rd International Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE)*, 759–762. <https://doi.org/10.1109/EITCE47263.2019.9094851>
- Latiffi, A. A., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2017). Building information modelling (BIM) after ten years: Malaysian construction players' perception of BIM. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 81(1), 7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/81/1/012147>
- Liu, Q., Gao, T., & Wang, J. (2011). Research on application of BIM technology in construction project. *2011 International Conference on Computer Science and Service System, CSSS 2011 - Proceedings*, 2463–2467. <https://doi.org/10.1109/CSSS.2011.5974366>
- Liu, R., & Liu, F. (2020). Research on BIM and Mobile Equipment in Substation Construction Schedule Management. In D. Harris & W.-C. Li (Eds.), *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Cognition and Design* (Vol. 12187, pp. 52–67). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-49183-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49183-3_5)
- Love, P. E. D., Zhou, J., Matthews, J., & Edwards, D. (2016). Moving beyond CAD to an object-oriented approach for electrical control and instrumentation systems. *Advances in Engineering Software*, 99, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.04.007>
- Luo, W., Zhang, J., Wang, M., & Wang, K. (2021). Research on Transmission and Transformation Engineering Cost System Based on BIM 3D Modelling Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 632(4), 042029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/632/4/042029>

- Martin, P., Beladjine, D., & Beddiar, K. (2019). Evolution within the maturity concept of bim. *WIT Transactions on the Built Environment*, 192, 131–142. <https://doi.org/10.2495/BIM190121>
- Moncada, A., & Henao, E. (2019). Implementation of BIM approach for the design of high and extra high voltage electrical substations. *2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference - Living the Energy Transition (FISE/CIGRE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FISECIGRE48012.2019.8984961>
- Oti, A. H., Farrell, P., Abanda, F. H., McMahon, P., Mahamadu, A.-M., Mzyece, D., Akintola, A. A., & Prinja, N. (2021). A BIM-driven framework for integrating rules and regulations in the decommissioning of nuclear power plants. *Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-11-2020-0186>
- Pan, Z., Shi, J., & Jiang, L. (2020). A Novel HDF-Based Data Compression and Integration Approach to Support BIM-GIS Practical Applications. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 1–22. <https://doi.org/10.1155/2020/8865107>
- Papadopoulos, N. A. (2014). *AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA BIM ATRAVÉS DA MODELAGEM PARAMÉTRICA 3D DE UM PROJETO CONVENCIONAL*. <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.23675>
- Parfouru, S., Mouton, C., Limper, M., & Behr, J. (2016). A Plant Engineering “Digital Rosetta Stone”: Towards Data-Centric Multidimensional CAD Web Portal. *Proceedings of the 21st International Conference on Web3D Technology*, 181–182. <https://doi.org/10.1145/2945292.2945321>
- Qi, X., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, S., Zhu, W., & Tang, J. (2020). Research on BIM Model Identification System for Substation Project Management. *Journal of Physics: Conference Series*, 1486(4), 042026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1486/4/042026>
- Ren, C., Guo, N., & Chen, B. (2019). Application of 3D Design Technology Based on BIM in Substation Design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 332(4), 042017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/332/4/042017>
- Ruschel, R. C., Andrade, M. L. V. X. de, & Morais, M. de. (2013). O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? *Ambiente Construído*, 13(2), 151–165. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212013000200012>
- Salgado, M. S., Magalhães, C. R., Santos, E. R., & Canuto, C. L. (2020). A GESTÃO DE PROJETOS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS: estratégia BIM-BR e tendências pós-pandemia. *Proceedings - XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ANTAC 2020*, 8.
- Shao, Z., Qiu, Y., Xie, L., Li, M., Xi, B., & Shuai, J. (2021). Platform building and application of substation digital control based on BIM. *2021 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)*, 259–262. <https://doi.org/10.1109/CICED50259.2021.9556841>
- Shi, Z., Wu, D., Wang, Y., Ge, A., & Yu, G. (2021). Research on the Construction of Substation Equipment Model Library Based on BIM Three-Dimensional Modeling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 692(2), 022066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/692/2/022066>
- Silva, A. C. (2020). Uma solução para integração de sistemas de realidade virtual e tradicionais de operação de subestações de energia elétrica [Universidade Federal de Uberlândia]. <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.16>
- Souza, J. T. de, Naves, E. L. M., & Sá, A. A. R. de. (2021). Computer vision devices for tracking gross upper limb movements in post-stroke rehabilitation. *Research, Society and Development*, 10(6), e57910616143. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.16143>
- Sun, C., Wang, S., & Li, L. (2021). BIM-RFID Technology for Facility Management in Power Systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 781(4), 042017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/781/4/042017>
- Tang, Q., Liu, Z., Chen, W., Zhang, J., & Dong, X. (2018). The Application of BIM in Small and Medium-sized Smart Substation – A Case Study of Prefabricated Building Design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 186(5), 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/186/5/012054>
- Wang, L., He, Y., & Han, Y. (2018). Research on Power Engineering Construction Management Based on BIM Technology. *2018 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*, 107–109. <https://doi.org/10.1109/ICRIS.2018.00035>
- Xiaolei, W. (2018). Research on the application of bim concept and bim software in architectural design. *Proceedings - 2018 International Conference on Engineering Simulation and Intelligent Control, ESAIC 2018*, 218–220. <https://doi.org/10.1109/ESAIC.2018.00058>
- Yang, Z., Li, X., Yuan, C., Rao, W., Li, K., & Zhang, S. (2020). Digital Management Platform of Power Grid Infrastructure Based on Intelligent Construction Site. *2020 International Conference on Artificial Intelligence and Electromechanical Automation (AIEA)*, 268–271. <https://doi.org/10.1109/AIEA51086.2020.00064>
- Zhang, D., Wang, Z., & Yin, C. (2021). Research on Evaluation Method of Application Maturity of BIM Technology in Transmission and Distribution Engineering Based on Fuzzy Theory. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 680(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/680/1/012039>
- Zhou, L., An, C., Shi, J., Lv, Z., & Liang, H. (2021). Design and Construction Integration Technology Based on Digital Twin. *2021 Power System and Green Energy Conference (PSGEC)*, 7–11. <https://doi.org/10.1109/PSGEC51302.2021.9541682>