

XX ENANCIB

21 a 25 Outubro/2019 – Florianópolis

A Ciência da Informação e a era da Ciência de Dados

ISSN 2177-3688

GT-8 – Informação e Tecnologia

RECUPERAÇÃO DE IMAGENS NA MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO: UMA REVISÃO

RECOVERY OF IMAGES IN CONSTRUCTION INFORMATION MODELING: A REVIEW

Cristiano Geraldo Teixeira Silva - Universidade FUMEC

Marcello Peixoto Bax - Universidade Federal de Ouro Preto

Renata Maria Abrantes Baracho - Universidade Federal de Ouro Preto

Modalidade: Trabalho Completo

Resumo: Este trabalho analisa a produção científica que aborda a aplicação de Recuperação de Imagens no contexto da tecnologia *Building Information Modeling (BIM)*. A partir da explanação conceitual dessas técnicas, buscou-se compreender quais seriam as correlações entre as duas temáticas, i.e., quais são os usos de imagens digitais na modelagem BIM. Para isso, realizou-se uma revisão da literatura baseada em artigos publicados nas bases de dados Scopus, Web of Science e Google Scholar. A pesquisa realizada em maio de 2019 corresponde a uma revisão sistemática de literatura a partir das palavras-chaves "BIM" e "*Image Retrieval*" e seus sinônimos. Trata-se de um estudo de caráter exploratório que proporciona maior familiaridade com os dois temas e seu relacionamento, bem como indica oportunidades para novas pesquisas. Os artigos analisados denotam a existência da correlação entre os temas. Além disso, verificou-se a existência de pesquisas sobre o uso de imagens na modelagem BIM. O artigo detalha algumas destas pesquisas.

Palavras-Chave: Recuperação de informação, Modelagem de Informação da Construção, BIM.

Abstract: This work analyzes the scientific production that addresses the use of Image Retrieval techniques in the context of Building Information Modeling (BIM) technology. From the conceptual explanation of these techniques, we sought to understand what would be the correlation between these two themes, ie, what are the uses of digital images in BIM modeling. For this, a literature review was performed based on articles published in the Scopus, Web of Science and Google Scholar databases. The research conducted in May 2019 corresponds to a systematic literature review using the keywords "BIM" and "*Image Retrieval*" and their synonyms. This is an exploratory study that provides greater familiarity with both themes and their relationship, as well as indicates opportunities for further research. The articles analyzed denote the existence of correlation between the themes. In addition, there was research on the use of images in BIM modeling. The article details some of this research.

Keywords: Information retrieval, Building Information Modelling, BIM.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso de imagens no meio digital aumentou significativamente devido aos avanços tecnológicos de *hardware* e *software*, conciliado à crescente utilização da Internet (DEMIAN & BALATSOUKAS, 2012). A Recuperação de Imagens (RI) é um tema de relevância acadêmica e soluções de RI são aplicadas em várias áreas como medicina, *marketing*, prevenção de crimes, arquitetura, engenharia, entre outros.

Composto por linhas, números, símbolos e indicações escritas e normalizadas, o desenho técnico é definido como uma linguagem gráfica universal da engenharia e arquitetura (PORTO, 2007). As ferramentas CAD (*Computer Aided Design*) são comumente usadas para a criação de desenhos técnicos de uma construção civil. O desenho técnico é uma imagem composta de representações geométricas que representam partes ou todo o projeto construtivo. O conjunto de "vistas" nos desenhos técnicos fornece representações para a execução do projeto. Todo o processo de desenvolvimento e criação de projetos de engenharia está ligado à expressão gráfica.

Os projetos de construção utilizam sistemas de organização e recuperação de documentos e armazenagem de desenhos técnicos na forma de imagens. A recuperação de informações nesses projetos requer o uso de índices e atributos textuais em banco de dados. Os projetos construtivos envolvem ramos variados de conhecimentos científicos e técnicos. Cada ramo produz um conjunto de informações englobando o projeto arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, de prevenção e combate a incêndio, entre outros (GOLPARVAR-FARD *et al.*, 2011).

A informação é recurso estratégico nas organizações e o seu gerenciamento eficiente e eficaz favorece o melhor desempenho e produtividade. Trata-se de um conjunto estruturado de atividades que incluem o modo como a empresa obtém, distribui e utiliza a informação e o conhecimento (DAVENPORT, 2002). A quantidade de informações sobre projeto, construção e manutenção de edificações tem aumentado e a utilização da modelagem de informações da construção, conhecida como BIM - *Building Information Modelling*, oferece a integração de informações entre os profissionais envolvidos no projeto construtivo. Tais informações vão além dos desenhos técnicos, pois, os elementos construtivos são munidos de informações sobre os materiais e suas propriedades. Demian

e Balatsoukas (2012) consideram importante a compreensão de um conteúdo recuperado em uma modelagem BIM antes de utilizá-lo ou aplicá-lo e que a exploração do contexto é essencial para este entendimento. A natureza do conteúdo de engenharia e as necessidades de informações dos engenheiros mostra que é importante trabalhar com técnicas de RI aplicáveis à engenharia civil (DEMIAN & BALATSOUKAS, 2012).

Diante disso, esta pesquisa explora a correlação entre os usos e a recuperação de imagens no contexto da modelagem BIM por meio de uma revisão da literatura recente. Os conceitos e as discussões apresentados organizam o conhecimento na área, embora não se tenha a pretensão de esgotar o assunto. Espera-se realizar uma contribuição para pesquisadores interessados no uso de imagens digitais e técnicas de RI no contexto da modelagem BIM, motivando o surgimento de outras pesquisas na área que dependem de maior familiaridade com os temas acima e suas relações. Assim, será apresentada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conforme metodologia de Kitchenham *et al.* (2010), em artigos pesquisados nas bases de dados científicas, realizada em maio de 2019.

O restante do artigo está organizado conforme segue: a Seção 2 apresenta a descrição conceitual dos temas abordados; a Seção 3 trata da metodologia utilizada, o quantitativo dos artigos obtidos e os critérios de exclusão. A Seção 4 apresenta os resultados da análise dos artigos selecionados. A última seção conclui tecendo as principais considerações finais.

2 BIM e Recuperação de Imagens (RI)

A pesquisa de objetos em uma modelagem BIM requer a identificação de materiais e da geometria dos objetos. A recuperação de espaços, fachadas e demais elementos construtivos pode ser realizada através de pesquisas por texto ou por imagem. Com a utilização do BIM, outros elementos de pesquisa, como os materiais e suas características, são incluídos e os métodos empregados podem variar de acordo com a necessidade do usuário. A RI para auxiliar a análise do andamento da construção, o levantamento de materiais e a digitalização de uma construção já pronta, é abordada nos artigos discutidos na Seção 4. Nesta seção, busca-se introduzir o relacionamento da aplicação da RI com a modelagem BIM.

2.1 BIM - *Building Information Modeling*

O estado da arte no gerenciamento de conteúdo digital em projetos de construção está sendo transformado com o uso do BIM. Enquanto os modelos CAD tentaram classicamente modelar a geometria dos edifícios ou construir componentes em duas ou três dimensões, os modelos BIM permitem também modelar o conteúdo não-geométrico. Este conteúdo inclui os atributos não-geométricos dos componentes de construção física (como o custo de um componente), bem como entidades não-geométricas. Por exemplo, o BIM pode incluir entidades para modelar os processos de projeto e construção, e os recursos (equipes e indivíduos) que executam esses processos. Além disso, a modelagem BIM não se limita às fases de projeto e construção, mas pode ser estendida para cobrir todo o ciclo de vida das instalações construídas (DEMIAN *et al.*, 2015).

A modelagem BIM favorece a integração de informações em projetos arquitetônicos e complementares, necessários para a construção de uma edificação. O BIM permite que os arquitetos criem um modelo digital durante a fase de planejamento e orçamento. A utilização do BIM oferece vários benefícios para a concepção de construção sustentável, tais como melhoria na análise, facilidade de acesso à informação, melhoria para a tomada de decisões e simplificação para certificações.

A tecnologia BIM é promissora na arquitetura, na engenharia e na indústria da construção (EASTMAN *et al.*, 2008). Trata-se de uma nova filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores, que passam a poder trabalhar de forma colaborativa, alterando e dinamizando a gestão da informação. Portanto, a tecnologia BIM apresenta-se como uma evolução no processo de projeto, pois permite novas possibilidades de visualização e processamento, representação, uso e recuperação da informação (PEREIRA JUNIOR & BARACHO, 2015).

2.2 Recuperação de Imagens (RI)

Conforme Baeza-Yates e Ribeiro Neto (2013), os modelos de sistemas de recuperação da informação podem ser divididos em três diferentes categorias: baseados em texto, baseados em links e baseados em objetos multimídia. Um sistema de recuperação da informação deve interpretar o conteúdo dos itens de informação, isto é, dos arquivos de uma coleção e classificá-los de acordo com o grau de relevância à consulta do usuário. Essa

interpretação do conteúdo requer a extração de informações sintáticas e semânticas e sua utilização para satisfazer a necessidade de informações do usuário. O objetivo principal de um sistema de recuperação de informação é obter todos os arquivos relevantes à necessidade de informação do usuário e, ao mesmo tempo, recuperar o menor número possível de arquivos irrelevantes (BAEZA-YATES & RIBEIRO-NETO, 2013).

Um Sistema Recuperação de Imagens (SRI) tem o objetivo de recuperar arquivos visuais relevantes para uma consulta textual ou visual de forma eficiente em uma grande base de dados. Embora a busca por imagens tenha sido amplamente explorada desde o início dos anos noventa, ainda são realizados estudos para a criação de novas técnicas para recuperação de informações a partir do grande volume de imagens e dados multimídia. Mecanismos de RI tradicionais geralmente indexam dados visuais com base nas informações de metadados em torno de imagens na Internet, como títulos e palavras-chaves. Porém, novos mecanismos estão sendo associados a outras tecnologias para realizar a recuperação de imagens a partir da análise de uma imagem como índice de busca (ZHOU *et al.*, 2017).

Um SRI deve se concentrar em recursos como personalização, flexibilidade de navegação e metodologia de exibição. Os dados de imagem pesquisáveis têm conteúdo visual e semântico extremamente diversificado e criam inúmeras possibilidades. Nos sistemas computacionais para RI existem dois conceitos principais: baseado em texto e em conteúdo (DATTA *et al.*, 2008).

Os SRIs baseados em conteúdo (CBIR - *Content-Based Image Retrieval*) têm sido estudados e propostos para tentar superar as desvantagens de sistemas de recuperação de imagens baseados em texto (LIU *et al.*, 2007; DATTA *et al.*, 2008; SNOEK & SMEULDERS, 2010). Nesses sistemas, as imagens são indexadas pelo seu conteúdo visual como cor, textura e forma, tornando desnecessária a anotação manual. Os métodos de extração de característica de imagens utilizam descritores, que representam o conjunto de pixels de uma imagem através de um vetor de característica, que expressa componentes da imagem relacionados pela cor, ou forma, ou textura, entre outros. O processo de busca consiste basicamente em, dado um padrão de consulta, calcular a sua similaridade em relação às imagens armazenadas em um conjunto de imagens e exibir as outras similares. Esta similaridade é obtida comparando os descritores da imagem de consulta com os descritores

associados às imagens da base de interesse. De resultados da área de neurociência, sabe-se que a chave para o reconhecimento de objetos é o sistema ser capaz de discriminar objetos sendo tolerante a transformações de rotação, escala, translação, iluminação, mudança de ponto de vista e organização. Por isso, os descritores que buscam traduzir as propriedades visuais utilizadas para descrição das imagens devem ser invariantes a essas transformações (SILVA, 2011).

Vale destacar também que a busca por imagens na Web tem avançado com a possibilidade de inserção de uma foto em um aplicativo ou site para pesquisa de imagens similares e sites relacionados. O armazenamento da imagem pesquisada é utilizado para aprendizagem e aprimoramento do método de pesquisa, como é o caso da pesquisa reversa por imagem no Google. Este avanço demonstra a intenção constante em proporcionar que a máquina se aproxime da subjetividade na identificação de imagens pelo ser humano.

A utilização do BIM permite a vinculação de informações associadas a um elemento construtivo, representado tridimensionalmente no modelo geométrico da construção. A recuperação destas informações em um modelo BIM é aplicada em pesquisas para o gerenciamento de uma construção. A informação pode ser obtida através de buscas textuais e, até mesmo, a partir de imagens para associar um ambiente construído à sua representação em uma modelo BIM. Assim, é possível afirmar que existem oportunidades para o emprego da prática de RI em sistemas BIM (DEMIAN *et al.*, 2015).

3 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi realizada conforme as etapas de planejamento, execução e relatório de análise (KITCHENHAM *et al.*, 2010). Utilizou-se o Portal CAPES, considerando as bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*, para pesquisar artigos abordando a relação entre a Recuperação de Imagens aplicada em projetos BIM.

Foi planejada a consulta: (*Image Retrieval* e BIM) ou (*Image Retrieval* e *Building Information Modeling*) ou (Recuperação de Imagem e BIM) ou (Recuperação de Imagem e Modelagem de Informação da Construção). Os demais critérios para seleção foram considerar as publicações nos últimos 5 anos, em qualquer idioma.

Conforme Kitchenham *et al.* (2010), é preciso realizar inicialmente uma pesquisa para identificar a existência de alguma RSL desenvolvida na área de interesse desta

XX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO – ENANCIB 2019
21 a 25 de outubro de 2019 – Florianópolis – SC

pesquisa. A partir do uso da *string* de busca, considerando os termos acima associados e combinados com o termo “*Systematic Review*” ou “*Revisão Sistemática*”, foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 1. Conforme a quantidade baixa de resultados, os artigos foram analisados integralmente.

Quadro 1: Resultado da Busca para Análise de Necessidade

String de Busca	Resultados	Selecionados	Critério para Exclusão
“Image Retrieval” AND “BIM” AND “Systematic Review”	2	0	Os trabalhos apresentam estudos sobre tratamento de imagens em BIM, mas, sem a adoção da RSL como metodologia proposta nesta pesquisa.
“Image Retrieval” AND “Building Information Modeling” AND “Systematic Review”	2	0	Retornou os mesmos trabalhos da <i>string</i> de busca acima.
“Recuperação de Imagem” AND “BIM” AND “Revisão Sistemática”	0	0	
“Recuperação de Imagem” AND “Modelagem de Informação da Construção” AND “Revisão Sistemática”	0	0	

Fonte: Elaborado pelos autores

Considerando os resultados encontrados na busca por trabalhos de RSL relacionados com a questão de pesquisa proposta, destaca-se como relevante o uso de uma RSL para avaliar a relação entre RI e modelagem BIM.

Uma vez estabelecida a relevância da pesquisa, foram analisados os títulos e resumos para a identificação da presença concomitante dos dois termos. A partir da recuperação das publicações por este critério de busca, foi realizada uma avaliação considerando o conteúdo dos textos na íntegra e o uso declarado de ambos os tópicos, simultaneamente. O Quadro 2 apresenta os resultados da busca.

Quadro 2: Resultado da Busca

String de Busca	Resultados	Selecionados	Critério para Exclusão
“Image Retrieval” AND “BIM”	23	11	Artigos descartados por discutir o uso de Multimídia e Imagem fora do contexto BIM.
“Image Retrieval” AND “Building Information Modeling”	3	1	Artigos descartados por apresentar apenas o uso de multimídia em projetos tridimensionais.
“Recuperação de Imagem” AND “BIM”	0	0	
“Recuperação de Imagem” AND “Modelagem de Informação da Construção”	0	0	

Fonte: Elaborado pelos autores

XX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO – ENANCIB 2019
21 a 25 de outubro de 2019 – Florianópolis – SC

A amostra de publicações avaliadas foi de 26 trabalhos, sendo que 12 atenderam ao critério de relação entre os tópicos. Os artigos selecionados foram publicados em revistas sobre automação, engenharia e computação. Além disso, é possível notar uma escassez de publicações na língua portuguesa sobre os dois temas relacionados, o que sugere a oportunidade para melhor desenvolver estes tópicos em pesquisas no Brasil.

Diante do baixo número de publicações obtido na consulta com os termos *Image Retrieval*, BIM e *Building Information Modeling*, optou-se ainda por realizar a mesma consulta retirando a restrição do ano da publicação (Quadro 3).

Quadro 3: Resultado da Segunda Busca

String de Busca	Resultados	Selecionados	Motivo da Exclusão
"Image Retrieval" AND "BIM"	35	14	Artigos descartados por discutir o uso de Multimídia e Imagem fora do contexto BIM.
"Image Retrieval" AND "Building Information Modeling"	7	2	Artigos descartados por apresentar apenas o uso de multimídia em projetos tridimensionais.

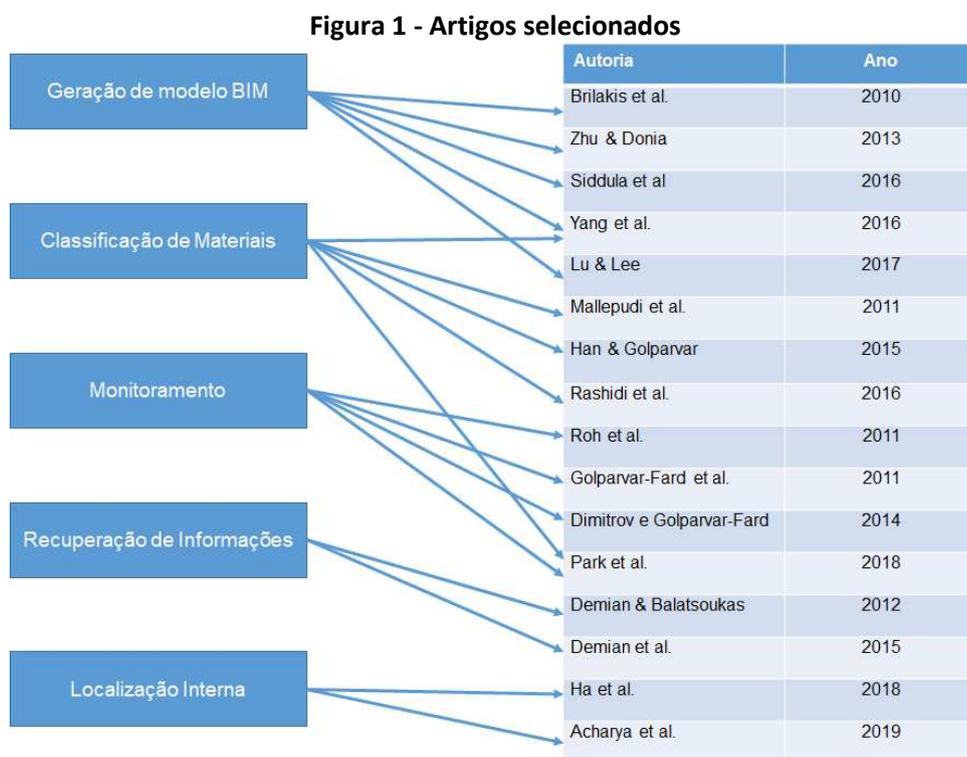
Fonte: Elaborado pelos autores

Desta vez, a pesquisa obteve 39 trabalhos, sendo que 16 atenderam aos critérios de análise e 3 artigos repetiram na listagem de resultados. O critério de exclusão adotado descartou artigos que não tratavam da relação da RI em projetos BIM.

4 RESULTADOS DA ANÁLISE DA LITERATURA CONSULTADA

Conforme objetivo deste trabalho, os artigos revisados tratam do uso das imagens de construções para recuperação de informações integrada ao BIM. O BIM é destacado por todos os artigos como uma necessidade para a comunidade de arquitetura, engenharia, construção e gerenciamento de instalações. Os autores citam os potenciais benefícios do BIM como documentação patrimonial construída, manutenção da garantia e informações de serviço, controle de qualidade, avaliação e monitoramento, gerenciamento de energia e espaço, gerenciamento de emergência ou planejamento de reforma, e até mesmo descontaminação ou desconstrução. A utilização de imagens das construções traz benefícios à modelagem BIM pelo uso de sistemas para recuperar informações dos elementos construtivos, bem como as fases de uma obra. Os artigos selecionados podem ser agrupados conforme os assuntos abordados, envolvendo o monitoramento da construção, a geração de modelos BIM, a localização interna e a classificação dos materiais.

Este último assunto é abordado em conjunto com o monitoramento e a geração de modelos em dois artigos. A Figura 1 apresenta os artigos selecionados com autores, ano de publicação e o relacionamento por assunto abordado.



Fonte: Elaborado pelos autores

A RI na construção promove um conjunto de ações para melhorar o gerenciamento. Segundo Golparvar-Fard *et al.* (2011), imagens de construções são usadas para visualização das operações, monitoramento e rastreamento do progresso, da equipe e dos equipamentos, medições de produtividade, investigação de acidentes, resolução de conflitos e controle de qualidade.

As imagens, utilizadas para visualização das operações de construção, servem como ferramentas de coordenação e comunicação entre os participantes do projeto e podem ser aplicadas à educação de segurança e treinamento e ao *marketing*. Com a aplicação da RI é possível mensurar o desempenho dos insumos, permitindo a revisão de processos para melhorar a produtividade. Os dados visuais também podem fornecer evidências importantes para as partes envolvidas em um acidente, bem como a resolução de disputas entre contratada e contratante. Além disso, a partir da RI, a qualidade das superfícies acabadas pode ser rastreada, analisada e controlada remotamente (GOLPARVAR-FARD *et al.*, 2011).

4.1 Relação de RI e BIM em Construções Existentes

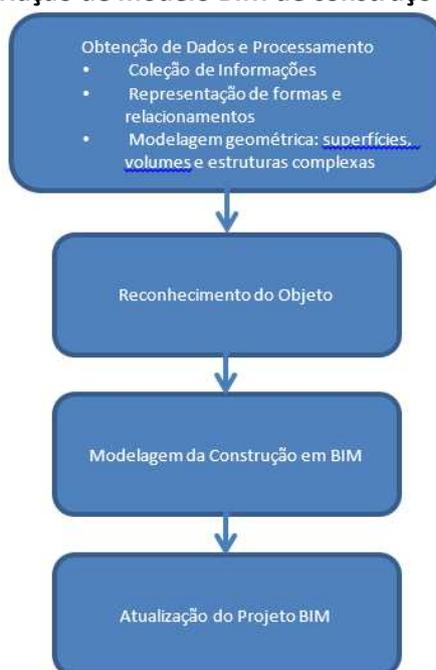
Alguns estudos argumentam sobre a importância de trabalhar com as construções existentes em BIM e apresentam a modelagem da geometria baseada em imagens, obtidas através de escaneamento a laser e métodos para reconhecimento de objetos (BRILAKIS *et al.*, 2010; DEMIAN & BALATSOUKAS, 2012; DEMIAN *et al.*, 2015; HAN & GOLPARVAR-FARD, 2015; LU & LEE, 2017; YANG *et al.*, 2016). Apesar de muitos métodos realizarem o escaneamento a laser, os métodos baseados em imagens têm uma vantagem econômica significativa. As câmeras digitais possuem qualidade satisfatória e são fáceis de utilizar, comparado à utilização de scanners a laser, que são caros, exigem um conhecimento específico e necessitam de maior cuidado no uso. A fotogrametria é uma técnica que usa os dados visuais como fotografia, imagens e câmeras de vídeo para gerar objetos 2D e 3D. Essa técnica exige maior intervenção do usuário para gerar a superfície, comparado com o escaneamento a laser, mas, compensa com o seu menor custo (BRILAKIS *et al.*, 2010; LU & LEE, 2017).

A utilização do BIM em construções existentes é um problema multidisciplinar, que requer conhecimentos especializados em escaneamento, tratamento de imagens e vídeos, aprendizagem de máquina, modelagem geométrica dos objetos e registro dos parâmetros referentes às características físicas de cada elemento construtivo. Ao analisar a superfície geométrica e as informações de textura de superfície simultaneamente com uma taxonomia estabelecida de amostras e formas de materiais de construção e suas interrelações, é possível gerar representações que podem ser usadas para classificar objetos de construção comuns em categorias de objetos correspondentes (BRILAKIS *et al.*, 2010).

Lu & Lee (2017) estabelecem uma estrutura de processo para a construção de BIM baseada em imagens realizando uma análise comparativa detalhada por uma taxonomia. Os autores analisaram mais de cinquenta trabalhos publicados sobre a automação para construção de BIM baseada em imagens com o objetivo de obter um processo conveniente, eficiente e econômico. Conforme o processo exibido na Figura 2, são aplicados métodos e um conjunto de tecnologias em cada etapa de criação de um modelo BIM para construções existentes. A primeira etapa requer a entrada de dados e obtenção de informações, na qual a nuvem de pontos pode ser considerada como a principal fonte de dados. A nuvem de

pontos é obtida através do escaneamento a laser que fornece as coordenadas X, Y e Z de cada ponto. Ao final deste processo, essa nuvem de pontos permite reproduzir a forma do material, bem como identificar diferentes materiais. Assim, na segunda etapa são aplicados métodos para reconhecimento utilizando as nuvens de pontos das imagens coletadas para gerar a modelagem da construção, com as informações semânticas, e atualizar o modelo BIM.

Figura 2 - Criação de modelo BIM de construções existentes



Fonte: Extraído de LU & LEE, 2017

A análise de primitivas geométricas é o primeiro passo na identificação de objetos em imagens. São aplicados algoritmos que usam características das linhas, arestas e manchas (LU & LEE, 2017). No estudo de Yang *et al.* (2016), as nuvens de pontos geradas a partir de múltiplas imagens são segmentadas em componentes planares pelo algoritmo RANSAC (*RANdom SAmple Consensus*). Este algoritmo, também citado por Lu & Lee (2017), reconhece os componentes estruturais através de um conhecimento prévio junto a uma interpretação das relações geométricas entre os componentes.

O segundo passo, corresponde ao reconhecimento de objetos que visa categorizar componentes de geometria de construção, conforme os tipos de componentes da construção. As relações e relacionamentos semânticos com outros componentes são identificados e adicionados aos elementos da geometria de construção. Essa etapa abrange a classificação, identificação e correspondência de objetos (LU & LEE, 2017).

O reconhecimento dos componentes estruturais baseia-se nas características semânticas e em um conhecimento prévio. São características de área do plano, localização do plano e sua relação de conexão com outros componentes, e formas que auxiliam na identificação de janelas. Os estudos abordam a adoção de um algoritmo com base no conhecimento genérico, onde as superfícies planas segmentadas são classificadas em várias características semânticas ("Isso é uma parede") e é gerado um modelo de poliedro que contém a geometria detalhada e o significado semântico, estabelecendo relação entre os componentes ("Parede conectada no telhado neste local"). Para a detecção de materiais podem ser utilizados as cores, intensidade e representações de texturas (YANG *et al.*, 2016).

Outra solução para modelar uma construção existente no BIM é a fusão de dados visuais e espaciais para capturar, recuperar e construir automaticamente a geometria e os recursos construídos. A partir de múltiplos escaneamentos de um mesmo ponto, os pares de nuvens de pontos 3D são progressivamente registrados através do mapeamento RGB-D (Vermelho, Verde, Azul e Profundo) e os elementos de construção são reconhecidos conforme seus padrões visuais (ZHU & DONIA, 2013).

Han & Golparvar-Fard (2015) apresentam um estudo de classificação de materiais baseada em imagens. O método proposto aplica uma técnica de estrutura de movimento que utiliza as nuvens de pontos obtidas pelas fotos para construção de um BIM. O processo inicia-se com a atribuição manual das relações entre o modelo de nuvem de pontos e o BIM, com a projeção de cada elemento BIM identificado em todas as imagens. A partir dessas projeções, os materiais são classificados conforme o tipo derivado do BIM. São concatenados filtros de textura e cor para comparação com vários modelos de classificação de materiais, sendo quantificados por vetores e analisados via histograma para inferência do tipo de maior relevância. Este método é parecido com o processo de identificação de janelas descrito por Yang *et al.* (2015), que também aplica as nuvens de pontos considerando a intensidade de pontos conciliada à cor e textura e quantifica os resultados em um histograma para classificar o tipo de material.

O reconhecimento de materiais e o enriquecimento automático de imagens através do treinamento da máquina, com a identificação pela cor e textura, é uma solução comum em vários estudos. Uma imagem pode ser dividida em várias partes para aplicar diferentes metodologias de aprendizado de máquina na classificação dos materiais. A eficiência do

reconhecimento está na quantidade de dados utilizada para realizar o treinamento da máquina (MALLEPUDI *et al.*, 2011).

Os objetos identificados com informações relevantes se tornam um BIM. Esta etapa ainda depende de aplicações comerciais e modeladores qualificados para construir um modelo BIM de construções existentes. Podem ser utilizados vários formatos de entrada como fotografia, mapas 2D, *scanners* a laser, arquivos CAD 2D, arquivos IFC e outros modelos de arquivos 3D. O método que integra fotografia e escaneamento a laser pode ser uma ótima opção para reduzir a redundância e favorecer no aumento da precisão e na eficiência do processo de modelagem (LU & LEE, 2017).

4.2 Relação de RI e BIM no Monitoramento e Controle de Construções

Além da utilização de imagens para criação de modelos BIM, existem pesquisas sobre o monitoramento e controle de construções (PARK *et al.*, 2018; DIMITROV & GOLPARVAR-FARD, 2014; ROH *et al.*, 2011). Assim como na geração de modelos de construção, no monitoramento automático da construção existe a necessidade de informações semânticas de materiais de construção e interconectividade entre os elementos de construção. O uso de imagens e a aplicação de técnicas de visualização permite relatar o progresso da construção usando abordagens interativas e visuais.

Roh *et al.* (2011) apresenta uma plataforma para monitoramento do progresso do interior de uma construção com base em um processo composto de três etapas: coleta, análise e integração. Em primeiro lugar, as construções são armazenadas em um banco de dados para permitir monitoramento e controle do projeto. Os componentes dos modelos 2D e 3D possuem informações específicas do domínio sobre entidades que são definidas no BIM. A partir destes registros, as fotografias do interior da construção são associadas ao modelo BIM para construir automaticamente os relacionamentos entre a foto coletada e o componente modelado. Esta associação fornece informações sobre o progresso. Em segundo lugar, a avaliação através de imagens pode interagir com o BIM e, a partir de um conjunto de imagens, recuperar a informação histórica de componentes concluídos. Finalmente, na fase de integração, a informação é agrupada e usada para gerar relatórios de progresso sob demanda, podendo ser representados através da codificação de cores e padrões mapeados em um modelo tridimensional.

Park *et al.* (2018) propõem um método de registro automatizado de fotos diárias para análise do tempo de execução e identificação de objetos em BIM. Os autores desenvolveram uma abordagem de RI baseada em conteúdo para encontrar o local fotográfico mais próximo comparando as fotos com o modelo BIM e, em seguida, um conceito de grade bidimensional é usado para extrair objetos do modelo associado às fotos.

Destaca-se ainda o trabalho apresentado por Dimitrov e Golparvar-Fard (2014) que aborda mais tecnicamente o processo de monitoramento através da análise de cor e textura dos elementos de construção. É proposto um algoritmo que modela a aparência do material conforme uma distribuição de probabilidade conjunta de respostas de um banco de filtros e valores de cor e saturação. Para a classificação dos materiais utiliza-se uma técnica de treinamento e aprendizado de máquina que analisa as imagens e reconhecem padrões. Para melhor entendimento, será apresentada na próxima seção este recurso e suas aplicações com o BIM.

4.3 Relação de RI e BIM no Aprendizado de máquina (*Machine Learning*)

A recuperação de informações aplica técnicas de aprendizado de máquina capazes de auxiliar na elaboração de projetos em BIM. Existem estudos de uso de *machine learning* em várias pesquisas sobre BIM (BRILAKIS *et al.*, 2010; DIMITROV & GOLPARVAR-FARD, 2014; ERICKSON *et al.*, 2014; HAN & GOLPARVAR-FARD, 2015; MALLEPUDI *et al.*, 2011; WILDE *et al.*, 2013; YANG *et al.*, 2016; HA *et al.*, 2018; ACHARYA *et al.*, 2019).

A aprendizagem de máquina utiliza algoritmos para promover o aprendizado com variados propósitos como previsão e classificação. A máquina aprende a executar uma tarefa a partir do treinamento com um conjunto de dados. Esse aprendizado pode ser supervisionado, quando existe a utilização de um conjunto de dados, ou não supervisionado, quando não existe um conjunto prévio e os padrões são identificados pela própria máquina (LOURIDAS & EBERT, 2016).

Um experimento que pode ilustrar a aplicação desta técnica é o estudo conduzido por Ciftcioglu e Bittermann (2015) que aplicou a cognição computacional para a criação de um protótipo no reconhecimento de espaços panorâmicos em projetos arquitetônicos. Os autores realizaram experimentos utilizando o aprendizado supervisionado para que a

máquina consiga identificar a posição em um espaço tridimensional para obter a melhor vista panorâmica, enquanto experimenta o espaço com a densidade perceptual máxima.

A realização do treinamento para promover o aprendizado de máquina corresponde à aplicação de técnicas como redes neurais, lógica *fuzzy* e algoritmos de maximização de entropia (BRILAKIS *et al.*, 2010). Em alguns dos artigos selecionados nesta pesquisa existe a utilização do *Multi-Layer Perception*, *Support Vector Machine* e *Radial Bases Function* que são métodos de aprendizado supervisionado que analisam os dados e reconhecem padrões para a classificação de elementos e materiais de construção (DIMITROV & GOLPARVARD, 2014; MALLEPUDI *et al.*, 2011; SIDDULA *et al.*, 2016; RASHIDI *et al.*, 2016).

As técnicas *Multi-Layer Perception* (MLP), *Support Vector Machine* (SVM) e *Radial Bases Function* (RBF) são amplamente utilizadas para aprendizagem de máquinas na área de reconhecimento de padrões. O MLP é capaz de resolver problemas lineares básicos englobando redes neurais organizados em camadas para fins de treinamento na detecção de materiais. A rede neural RBF pode usar várias formas de funções radiais em uma camada, aplicando técnicas e heurísticas, para otimizar os parâmetros das funções de base e determinar o número de neurônios necessários para obter a classificação ideal. Já o SVM corresponde a um modelo de aprendizagem supervisionada com algoritmos capazes de analisar dados e reconhecer padrões (RASHIDI *et al.* 2016).

Uma utilização prática de redes neurais pode ser na identificação de ambientes e localização interna através de uma fotografia. Um conjunto de dados é construído com as imagens renderizadas de um modelo BIM em cada ponto semelhante ao campo de visão do usuário. Uma imagem mais semelhante à fotografia de consulta interna é recuperada do conjunto de dados e a posição interna estimada com base na localização e orientação em que a imagem BIM foi renderizada. As características das imagens extraídas de uma rede neural são utilizadas para avaliar a similaridade entre imagens de domínio cruzado. Assim, os recursos extraídos de uma rede neural se tornam uma excelente alternativa para localização em ambientes fechados (HA *et al.*, 2018; ACHARYA *et al.*, 2019).

A aplicação de algoritmos, que requerem um treinamento para associar RI na identificação da geometria e materiais, indica uma tendência do uso do aprendizado de máquina para otimizar a criação de BIM para construções existentes e a atualização no monitoramento do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a produção científica que associa RI e tecnologia BIM. Com um caráter exploratório, visando aumentar a familiaridade com esses dois temas e suas relações, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Os artigos pesquisados nas bases do portal CAPES denotam a existência da correlação entre esses temas. Verificou-se que existem pesquisas sendo realizadas com o uso de imagens para recuperação de informações em um modelo BIM.

Diante do avanço tecnológico no processamento de imagens, a utilização em projetos de engenharia favorece a execução de tarefas como criação, otimização, monitoramento, controle e, conseqüentemente, o apoio à tomada de decisão. Os artigos selecionados demonstram esta possibilidade do uso de imagens para recuperação de informações sobre as obras através da identificação de materiais, localização e construção em BIM de edificações existentes. Alguns trabalhos aplicam aprendizado de máquina para otimizar a recuperação e criação dos modelos em BIM.

Estudos relacionando tecnologia BIM e RI são recentes e ainda reduzidos no âmbito da Ciência da Informação, conforme constatado nesta pesquisa. Destaca-se também que o procedimento de modelagem em BIM ainda é trabalhoso e pouco utilizado, principalmente no Brasil. Os resultados obtidos neste estudo sugerem que existe uma oportunidade para explorar as aplicações de RI em projetos BIM de construções já existentes e também àquelas que não têm seu projeto concebido em BIM. A expectativa por uma maior exploração da RI em projetos BIM é reduzir tempo e recursos necessários para modelar a estrutura com soluções acessíveis inclusive para pequenos projetos construtivos. Isso pode acelerar a adoção da modelagem BIM na indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Gerenciamento de Instalações (AEC), tanto para o projeto quanto para a construção.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, Debaditya; KHOSHELHAM, Kourosh; WINTER, Stephan. BIM-PoseNet: Indoor camera localisation using a 3D indoor model and deep learning from synthetic images. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [S.l.], v. 150, pp. 245–258, 2019.

BAEZA-YATES, Ricardo; RIBEIRO-NETO, Berthier. **Recuperação da Informação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

XX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO – ENANCIB 2019
21 a 25 de outubro de 2019 – Florianópolis – SC

BRILAKIS, Ioannis *et al.* Toward automated generation of parametric BIMs based on hybrid video and laser scanning data. **Advanced Engineering Informatics**, [S.l.], v. 24, pp. 456-465, 2010.

CIFTCIOGLU, Ozer; BITTERMANN, Michael S. Architectural Design by Cognitive Computing. Japão: **IEEE Congress on Evolutionary Computation**, maio, 2015.

DAVENPORT, Thomas H. **Missão crítica**: obtendo vantagem competitiva com os sistemas de gestão empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DEMIAN, Peter; BALATSOUKAS, Panos. Information retrieval from civil engineering repositories: the importance of context and granularity. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [S.l.], v. 26, n. 6, p. 727-740, 2012.

DEMIAN, Peter; RUIKAR, Kirti; MORRIS, Anne. 3DIR: three-dimensional information retrieval from 3D building information modelling environments. **WIT Transactions on The Built**, [S.l.], v. 149, p. 291-301, 2015.

DIMITROV, Andrey; GOLPARVAR-FARD, Mani. Vision-based material recognition for automated monitoring of construction progress and generating building information modeling from unordered site image collections. **Advanced Engineering Informatics**, [S.l.], v. 28, p. 37-49, 2014.

EASTMAN, Chuck *et al.* **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 490 p.

ERICKSON, Varick L; CARREIRA-PERPINAN, Miguel A.; CERPA, Alberto E. Occupancy Modeling and Prediction for Building Energy Management. **ACM Transactions on Sensor Networks**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 1-28 2014.

HA, Inhae *et al.* Image retrieval using BIM and features from pretrained VGG network for indoor localization. **Building and Environment**, [S.l.], v. 140, p. 23–31, 2018.

HAN, Kevin K.; GOLPARVAR-FARD, Mani. Appearance-based material classification for monitoring of operation-level construction progress using 4D BIM and site photologs. **Automation in Construction**, [S.l.], v. 53, p. 44-57, 2015.

KITCHENHAM, B. et al. Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 52, n. 8, p. 792–805, 2010.

LIU, Ying *et al.* A survey of content-based image retrieval with high-level semantics. **Pattern Recognition**, v. 40, pp. 262-282, 2007.

LOURIDAS, Panos; EBERT, Christof. Machine Learning. **IEE Software**. p. 110-115, set./out. 2016.

LU, Qiunchen; LEE, Sanghoon. Image-Based Technologies for Constructing As-Is Building Information Models for Existing Buildings. **Journal of Computing in Civil Engineer**, [S.l.], v. 31, n. 4, p. 01-14, 2017.

XX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO – ENANCIB 2019
21 a 25 de outubro de 2019 – Florianópolis – SC

MALLEPUDI, Sri Abhishikth; CALIX, Ricardo A.; KNAPP, Gerald M. Material Classification and Automatic Content Enrichment of Images Using Supervised Learning and Knowledge Bases. **SPIE-IS&T**, [S.l.], v. 7881, p. 1-13, 2011.

PEREIRA JUNIOR, Mário Lúcio; BARACHO, Renata Maria Abrantes. Relações entre a gestão da informação e do conhecimento e uso de sistema BIM por arquitetos e engenheiros. *In*: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO. 4., 2015, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2015.

PARK, J.; CAI, H.; PERISSIN, D. Bringing Information to the Field: Automated Photo Registration and 4D BIM. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [S.l.], v. 32, n.2, 2018.

PORTO, Renata Maria Abrantes. **Sistema de Recuperação de Informação Visual em Desenhos Técnicos de Engenharia e Arquitetura**: modelo conceitual, esquema de classificação e protótipo. 2007. 273 p. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

RASHIDI, Abbas *et al.* An Analogy between Various Machine-learning Techniques for Detecting Construction Materials in Digital Images. **Journal of Civil Engineering**, [S.l.], v. 20, n. 4, p. 1178-1188, 2016.

ROH, S.; AZIZ, Z.; PEÑA-MORA, F. An object-based 3D walk-through model for interior construction progress monitoring. **Automation in Construction** [S.l.], v. 20, p. 66-75, 2011.

SIDDULA, Madhuri *et al.* Classifying construction site photos for roof detection: A machine-learning method towards automated measurement of safety performance on roof sites. **Construction Innovation**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 368-389, 2016.

SILVA, André T. **Recuperação de Imagens por conteúdo baseada em realimentação de relevância e classificador por floresta de caminhos ótimos**. 2011. 103 p. Tese (Doutorado Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Unicamp, 2011.

SNOEK, C. G. M.; SMEULDERS, A. W. M. Visual-concept search solved. **IEEE Computer**, [S.l.], v. 43, n. 6, p.76-78, 2010.

WILDE, Pieter *et al.* Advanced Engineering Informatics Building simulation approaches for the training of automated data analysis tools in building energy management. **Advanced Engineering Informatics**, [S.l.], v. 27, n. 4, p. 457-465, 2013.

YANG, Jun; SHI, Zhong-Ke; WU, Zi-Yan. Towards automatic generation of as-built BIM: 3D building facade modeling and material recognition from images. **International Journal of Automation and Computing**, [S.l.], v. 13, n. 4, p. 338-349, 2016.

ZHOU, Wengang; LI, Houqiang; TIAN, Qi. Recent advance in content-based image retrieval: A literature survey. **arXiv preprint arXiv:1706.06064**, 2017.

ZHU, Zhenhua; DONIA, Sara. Spatial and visual data fusion for capturing, retrieval, and modeling of as-built building geometry and features. **Visualization in Engineering**, [S.l.], v. 1, n.10, p. 1-10, 2013.