

## DIRETRIZES PARA UTILIZAÇÃO DE LASER SCANNER EM OBRAS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO MODELADAS EM BIM COMO FERRAMENTA DE APOIO À AUDITORIA INTERNA

### **William Claudio Alves Julian<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Eletricista pela Universidade São Judas Tadeu (USJT), Pós-Graduado em Gestão de Negócios pelo INSPER-SP, Mestre em Habitação – Planejamento e Tecnologia pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT-SP), Gerente de Auditoria de Engenharia e Ambiental na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – (SABESP)

### **Luciano Zanella<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Engenheiro Pesquisador no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Costa Carvalho, 300 – Pinheiros – São Paulo – São Paulo – CEP 05429-900 – Brasil – Tel.: +55 (11) 97155-8366 – e-mail: [wjulian@sabesp.com.br](mailto:wjulian@sabesp.com.br)

### **RESUMO**

A execução de obras públicas traz consigo riscos para as empresas contratantes, como a possibilidade de fraudes. Por isso, é importante que existam controles no processo para minimizar essas situações assim como atividade de auditoria pode ser essencial para avaliar tanto os controles quanto os processos.

Em obras de saneamento básico, a avaliação de controles pode ser realizada de diferentes formas, em momentos distintos e com diversas ferramentas e mecanismos. Este trabalho, realizado por meio de estudo de caso, busca propor necessidades mínimas que devem ser previstas para a utilização de ferramentas de varredura a laser (*laser scanner* ou LiDAR) como instrumento de apoio à atividade de auditoria em obras de saneamento básico de estações de tratamento de esgoto que tenham sido modeladas em BIM (*Building Information Modeling*).

**PALAVRAS-CHAVE:** Auditoria, obras, saneamento

### **INTRODUÇÃO**

A auditoria interna é uma atividade que ajuda as empresas a melhorar suas operações e minimizar riscos de fraude. Especificamente em obras civis, os auditores, normalmente engenheiros, verificam se as informações relacionadas à obra (medição, cronograma, prazos, etc.) estão corretas, precisas e se os materiais e equipamentos usados são qualidade adequada.

Tecnologias de elaboração de projetos de construção como, por exemplo, *Building Information Modeling* (BIM), que ajudam a centralizar informações e minimizar erros têm sido amplamente utilizadas no Brasil na construção de edifícios, entretanto, para a construção de sistemas de saneamento básico o uso dessas ferramentas ainda não é muito comum.

A tecnologia utilizada para medir as dimensões de uma obra evoluiu significativamente com a utilização de equipamentos de varredura a *Laser* que permitem a obtenção de imagens muito detalhadas e possibilita capturar informações precisas sobre a obra em si.

O uso conjunto da ferramenta BIM para o projeto da obra e as tecnologias de varredura a *Laser* para a realização das medições podem auxiliar à redução de ocorrência de erros nas obras além de possibilitar a execução de testes mais precisos, ágeis e efetivos em obras de saneamento básico.

O emprego dessas tecnologias em auditorias de obras de saneamento exige a previsão de sua utilização ainda no estágio de elaboração de memorial de contratação com a especificação das características e exigências

mínimas necessárias para que seu uso seja possível e útil, além de resultados que devem ser alcançados a partir de sua utilização.

## **OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é definir conceitos técnicos sobre o uso de BIM, LiDAR e auditoria interna em obras de saneamento básico e, propor diretrizes e condições mínimas que devem constar das especificações técnicas para a execução de auditoria interna baseada na utilização dessas ferramentas digitais em estações de tratamento de esgoto (ETEs).

## **METODOLOGIA**

Foram selecionados como estudos de caso obras públicas de saneamento básico, especificamente estações de tratamento de esgoto, cujos editais orientassem a elaboração do projeto utilizando BIM. Para os editais selecionados as informações registradas em projetos e especificações técnicas foram avaliadas quanto à pertinência e suficiência quanto à utilidade para confronto das informações exigidas com dados de obtenção possível a partir do uso de ferramentas de *laser scanner*. A partir da avaliação dessas informações na documentação e posterior comparação com as necessidades de dados para a aplicação da técnica proposta, são sugeridas diretrizes e condições mínimas que devem constar das especificações técnicas, assegurando a aplicabilidade do método em contratações futuras.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

A Norma NBR 31000 (ABNT, 2018) define risco como o efeito da incerteza nos objetivos de uma organização e pode ser expresso em termos de fontes de riscos, eventos potenciais, consequências e probabilidades. Por outro lado, como pontua O Instituto dos Auditores Internos do Brasil – IIA Brasil (2019), as fraudes geralmente são a materialização de um risco que pode ter consequências financeiras, reputacionais, psicológicas e sociais negativas para as empresas. Para prevenir essas fraudes e gerenciar os riscos associados à gestão de obras, é necessário que as empresas adotem um robusto programa contra fraudes e que avaliem os riscos inerentes às suas atividades.

A definição de auditoria de obras e serviços de engenharia, dada no Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas (2000) é um conjunto de procedimentos voltados à análise da conformidade técnica e legal desses empreendimentos, incluindo estudos, projetos, qualidade, técnicas construtivas e impactos ambientais. O auditor interno avalia o cumprimento de normas internas e realiza análises financeiras e operacionais, conforme o Dicionário Michaelis (2015). O Conselho Federal de Contabilidade (CFC 2003) definiu que os testes substantivos são aplicados para obter evidências sobre a suficiência, exatidão e validade dos dados produzidos pelos sistemas de informação da empresa. Destaca-se a importância das evidências em auditorias internas, que devem ser suficientes, fidedignas, relevantes e úteis.

Existem diferentes métodos de auditoria, que podem ser combinados para melhorar a eficiência e eficácia do trabalho. Há uma exigência legal para fiscalização de obras, especificamente contida na Lei 8666/93 e, no caso de auditorias de obras de saneamento o uso de tecnologias como BIM e *laser scanner* pode ser útil nesse processo, identificando irregularidades e permitindo a adoção tempestiva de providências para solucionar problemas e evitar desperdício de recursos.

O BIM é uma plataforma que permite a integração das informações necessárias para apoiar as atividades de construção, fabricação e gestão de edifícios, ela é mais eficiente que a plataforma CAD, pois concentra todas as informações de dimensões físicas, estimativas de prazos e custos da obra em um único modelo, de acordo com Eastman et al. (2011) e Nunes e Leão (2018). A título de exemplo, o Quadro 1 apresenta breve comparação entre BIM e CAD.

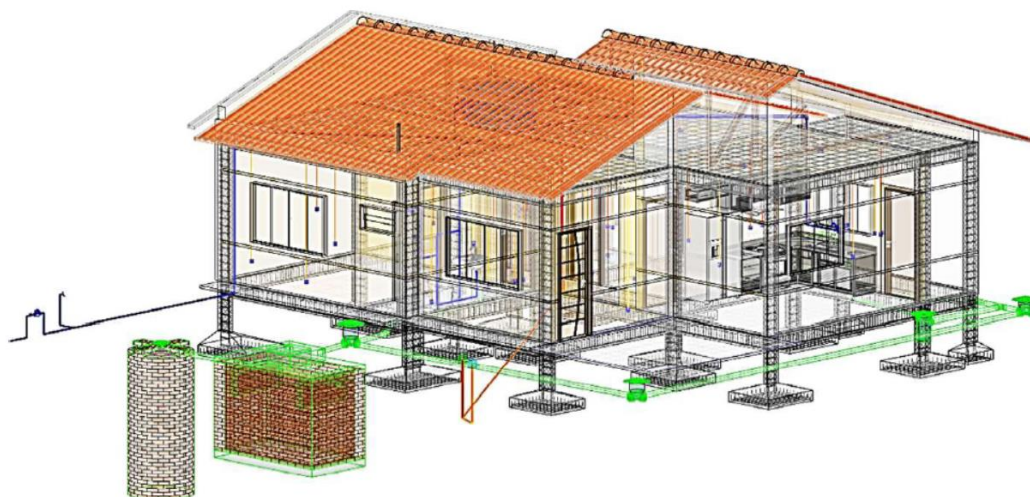
**Quadro 1 – Comparativo entre BIM e CAD**

Informação	BIM	CAD
Integração de informações da obra em modelo único	Sim	Não
Avaliação automática de interferências entre disciplinas	Sim	Não
Alterações efetuadas no modelo tem reflexo em todas disciplinas em tempo real	Sim	Não
Detalhamento do planejamento (custos, tempos, materiais)	Sim	Não
Participação no mercado de projetos	Crescente	Estável
Custo para implantação	Maior	Menor
Disponibilidade de profissionais no mercado que conhecem a ferramenta	Menor	Maior
Requisitos necessários para implantação (treinamento)	Maior	Menor

Fonte: O autor, com base em dados de Costa, Figueiredo e Ribeiro (2015)

Outro ponto a se destacar sobre o BIM é que é uma ferramenta que contribui para que as decisões tomadas sejam mais acertadas, uma vez que todos os colaboradores têm acesso às mesmas informações em tempo real e podem analisar mais facilmente os impactos de suas decisões (RIBEIRO; RODRIGUES, 2019). A utilização de BIM proporciona uma maior precisão nos quantitativos, minimiza incompatibilidades de projetos e uma melhor visualização do empreendimento futuro como um todo (MARZOUK; OTHMAN, 2017). Além disso, a transmissão e compartilhamento de informações durante todo o ciclo de vida do empreendimento maximiza a cooperação de todos participantes, viabilizando a melhoria da eficiência de produção, redução de custos e prazo no período de construção, conforme Eastman *et al.* (2011). A Figura 1 apresenta um exemplo de modelo BIM com diversas especialidades concentradas.

**Figura 1 - Modelo virtual de uma edificação**



Fonte: Nunes e Leão (2018)

O nível de detalhe (*Level of Detail – LOD*) de um modelo BIM, segundo Eastman *et al.*, (2011), ajuda a definir o nível de informação necessário para cada fase do projeto e permite que os membros da equipe trabalhem de maneira mais eficiente e eficaz. Além disso, o LOD pode ajudar a evitar erros e retrabalho, garantindo que todos os detalhes importantes sejam incluídos no modelo. É importante lembrar que o LOD pode variar de acordo com o tipo de projeto e as necessidades específicas de cada equipe envolvida.

Segundo Bedrick (2008), LODs são etapas pelas quais um elemento de modelo BIM pode avançar ou retroceder, iniciando-se em um nível baixo (conceito) até o mais elevado, denominado precisão

representacional. São determinados, basicamente, cinco níveis de LOD, desde o conceito até o as-built. O Quadro 2 apresenta uma demonstração das diferenças entre os diversos LODs existentes, tomando por exemplo uma parede e um duto de ventilação.

**Quadro 2 – Diferenças entre os LODs existente**

Nível de detalhe (LOD)	Parede interna	Duto de ventilação
100	Não modelado. Custo e outras informações podem ser inseridos em função da área do piso.	Não modelado. Custo e outras informações podem ser inseridos em função da área do piso.
200	Parede interna genérica, modelada como espessura nominal assumida. Propriedades como custo, classificação acústica ou capacidade térmica podem ser incluídas como um intervalo.	Duto tridimensional com dimensões.
300	Parede de tipo específico, modelada com a espessura real da montagem. Propriedades como custo, classificação acústica ou capacidade térmica podem ser especificadas	Duto tridimensional com dimensões de engenharia precisas
400	Detalhes de fabricação modelados onde necessário.	Duto tridimensional com dimensões de engenharia precisas e detalhes de fabricação
500	Parede real instalada é modelada	Representação tridimensional do conduto instalado

Fonte: Adaptado de Bedrick (2008)

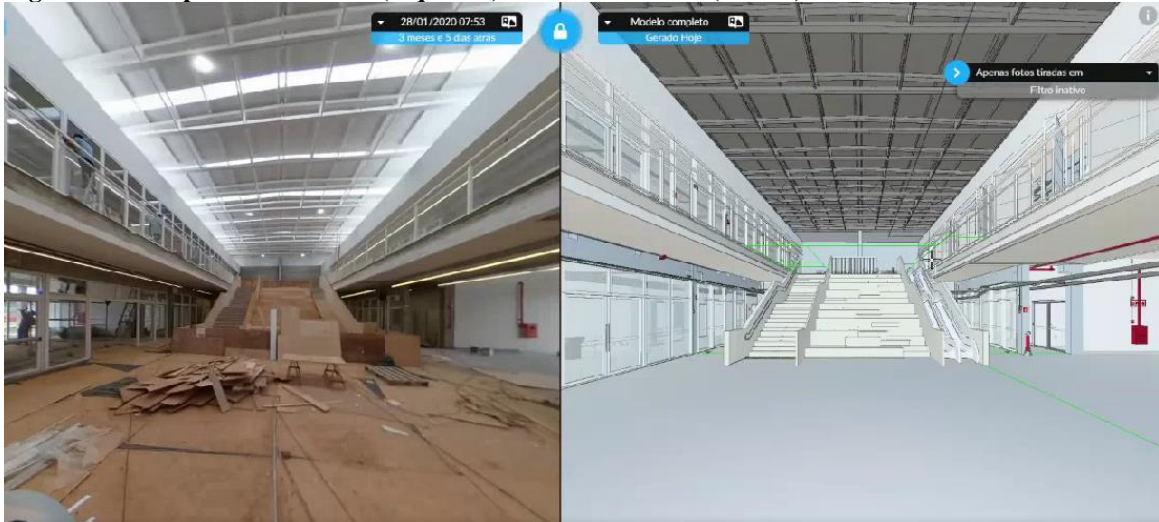
De acordo com Ribeiro e Rodrigues (2019), modelos produzidos em BIM se diferenciam, basicamente, em razão de diferenças em suas dimensões, variando entre 3D e 6D, conforme:

- BIM 3D: informações espaciais e físicas dos elementos projetados;
- BIM 4D: agrega informações de tempo, ordem e produtividade da construção às informações físicas;
- BIM 5D: acrescenta, além das informações de modelos 4D, custos de mão de obra, máquinas, equipamentos e demais despesas na construção;
- BIM 6D: adiciona, às informações do modelo 5D, dados sobre uso, durabilidade de materiais, eficiência energética e manutenção;

Há ainda, de acordo com Pestana (2019), uma sétima dimensão BIM (7D), relacionada com a gestão de operações das construções, visando possibilitar a gestão eficaz das atividades e planos de manutenção durante o ciclo de vida do empreendimento

O uso de tecnologia BIM na construção civil tem proporcionado diversas melhorias, como a possibilidade de coleta de dados em tempo real por meio de drones e scanners, permitindo uma gestão mais eficiente de projetos a centenas de quilômetros de distância, de acordo com Wang *et al.* (2014). Além disso, como mostrado na Figura 2, a combinação de imagens obtidas nas obras com modelos em BIM permite aos gestores de contratos e fiscais de obras públicas maior transparência e segurança técnica na execução dos serviços. A modelagem em BIM, conforme Marzouk e Othman (2017) também contribui para a melhoria na qualidade dos projetos, detecção de interferências antecipadamente, produção automatizada e precisa de quantitativos, cronogramas adequados à realidade, dentre outras vantagens.

**Figura 2 – Comparativo de obra (esquerda) com modelo BIM (direita)**

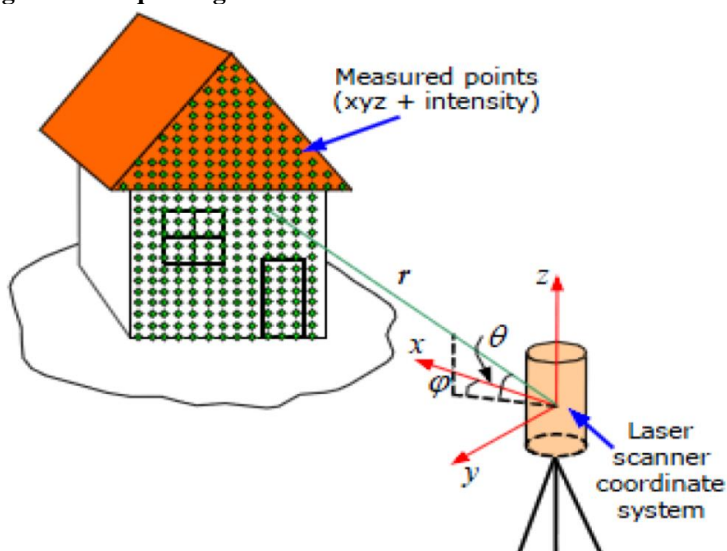


Fonte: Construct...(2022)

A técnica de varredura tridimensional a *laser* terrestre (TLS) é uma tecnologia de aquisição de dados que tem sido amplamente utilizada na indústria da construção civil para mapear precisamente o status tridimensional dos edifícios em construção, conforme Schulz (2008). Essa técnica é capaz de coletar as três dimensões (x, y, z) do ponto refletido por um objeto físico e, incluem também, um valor de intensidade de reflexão para gerar uma nuvem de pontos que pode ser manipulada por *softwares* específicos para criar modelos realistas de superfícies (FEKETE, DIEDERICHS e LATO, 2010). A Figura 3 apresenta, de forma genérica, o princípio de coleta de nuvens de pontos.

O emprego de equipamentos de varredura *laser scanner* proporciona a aquisição e geração das informações com rapidez, precisão e redução significativa do tempo de resposta de levantamentos e estudos em áreas como a topografia, por exemplo. O escaneamento tridimensional a *laser* é uma técnica, que emite pulsos e coleta reflexos provenientes de objetos físicos, inclusive em aplicações aerotransportadas e de sensoriamento remoto (WUTKE, 2006).

**Figura 3 – Esquema genérico de funcionamento de LiDAR**



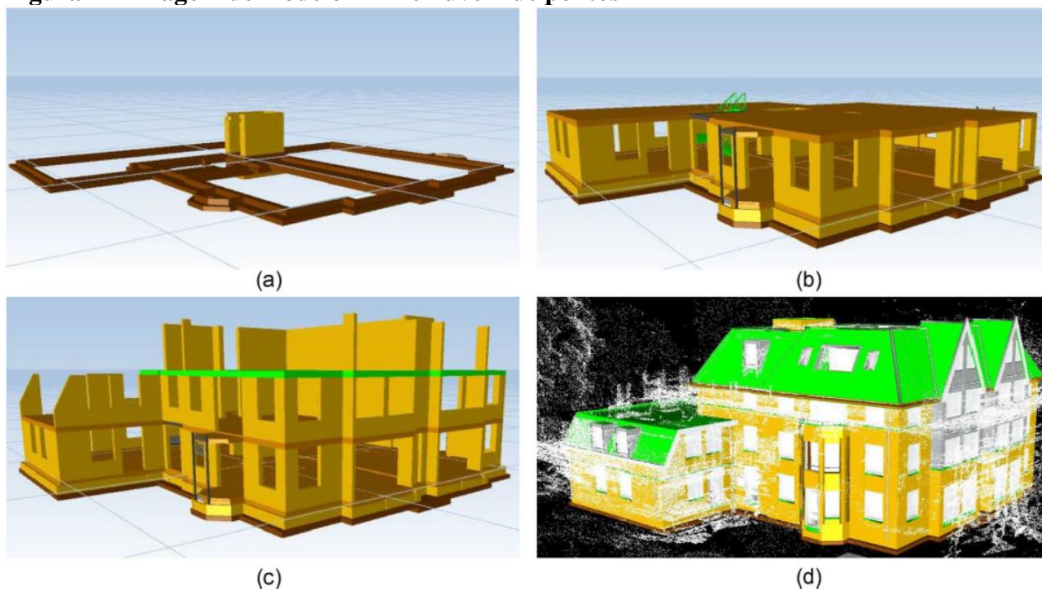
Fonte: NGUYEN et al. (2012)

O emprego de equipamentos *laser scanner* tem ampla gama de aplicações, que podem ir desde levantamentos de monumentos a, até mesmo investigação em cenas de crimes e sua tecnologia tem sido intensificada pelo desenvolvimento do LiDAR (*Light Detecting And Ranging*), que surgiu por volta dos anos de 1970 com larga utilização em aplicações aerotransportadas e de sensoriamento remoto, de acordo com Schulz (2008).

A Principal vantagem de um sistema de varredura a *Laser* é a rapidez no processo de reconstrução sem a necessidade de contato com o objeto, no qual há uma fase de aquisição de dados em que as nuvens de pontos são obtidas (REISS, 2007). O pré-processamento, segundo Groetelaars (2015), tem como objetivo preparar os dados coletados para sua importação e posterior utilização em modelagem BIM, enquanto a fase de modelagem transforma a nuvem de pontos em um modelo BIM. A Figura 4 apresenta modelos elaborados em BIM em várias etapas (a), (b) e (c) e a combinação do modelo com informações provenientes de nuvem de pontos (d).

Bosché (2010) posicionou laser scanners nas obras e obteve um controle dimensional por meio da elaboração de *as built* em documentos CAD e, a partir da nuvem de pontos obtida, calculou a diferença entre projeto original e obra executada.

**Figura 4 – Imagem de modelo BIM e nuvem de pontos**



Fonte: Pan e Zhang (2021)

Segundo o Tribunal de Contas da União – TCU (2002), os investimentos em obras públicas são particularmente suscetíveis a fraudes e corrupção, dado o alto volume de recursos financeiros envolvidos e a crônica deficiência de controles. O uso de algoritmos sofisticados em análise preditiva de dados e tecnologia de *Big Data* pode proporcionar sistemas eficazes de detecção de anomalias em tempo real, contribuindo para a prevenção de fraudes e mapeamento de riscos, de acordo com Rosini Filho, Rosini e Palmisano (2020).

A avaliação da administração contratual em obras, realizada por um auditor que deve realizar diversos testes para verificar se o processo em questão está adequado ou necessita de melhorias é relevante. Os testes podem ter objetivos diversos, como o controle financeiro e de qualidade de materiais e equipamentos. Porém, há uma dificuldade na verificação completa da obra pelo auditor devido ao grande volume de informações e quantidade de medições acumuladas. Por isso, são selecionadas amostras desses itens para testes e é importante ressaltar que as ocorrências identificadas pelo auditor devem ser discutidas com a administração da obra para obter esclarecimentos e justificativas e que os requisitos mínimos das ferramentas necessárias para a execução dos testes devem ser previstos no Termo de Referência para possibilitar a existência de informações em nível adequado à avaliação.

O estudo de caso analisou se as condições estabelecidas no Termo de Referência permitiriam a realização de testes de auditoria com o uso de *laser scanner*. A avaliação se baseou em análises documentais e não incluiu testes de campo com a ferramenta sugerida no estudo. Em vez disso, foram elaboradas diretrizes teóricas as quais, para trabalhos futuros, sugere-se a realização de um estudo complementar para validar e ajustar a aplicação dessas diretrizes na prática.

Para este trabalho, foi avaliada a documentação pública disponível (Termo de Referência) de duas obras, contratadas na modalidade semi-integrada, por empresa de prestação de serviços de saneamento que atua no estado de São Paulo, a serem executadas em municípios da Região Metropolitana de São Paulo:

- Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Mairiporã;
- Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Riacho Grande.

Esses projetos foram escolhidos porque envolvem a instalação de estações de tratamento de esgoto, e os editais exigem que a modelagem dessas obras, projetos executivos e produção de documentação "*as-builts*" sejam feitos com o uso de ferramentas BIM. Quando as obras são executadas a partir desses modelos BIM, é possível extrair informações da ferramenta para monitorar e fiscalizar o progresso da obra. Dependendo do nível de detalhe (LOD) e das dimensões do modelo desenvolvido (3D a 5D), é possível comparar elementos como dimensões das construções, materiais utilizados, custos e prazos com o andamento atual da obra.

Em linhas gerais, as duas obras possuem aspectos de construção de estruturas civis (tanques, decantadores, condutos), fornecimento de materiais e equipamentos diversos, apontam unidades de medida e precisões esperadas para cada uma das disciplinas e exigem nível de detalhe (LOD) 300 para a elaboração de projetos executivos e 500, para a produção de *as-builts*.

É adequado destacar que as obras possuem contratos e termos de referência específicos, entretanto guardam particularidades entre si, como por exemplo, a forma de medição de serviços executados, que será por meio de itens globais relacionados às edificações sem a ocorrência de serviços quantificados de forma unitária para controle na obra.

Os documentos do projeto, com acesso públicos, apresentam as seguintes características:

- Plantas digitais em formato DWG e PDF, com a informação que os modelos BIM, para produção de projetos executivos, seriam compartilhados futuramente somente com a empresa vencedora da licitação;
- Não há, no contrato, previsão de utilização de *laser scanner* ou qualquer outra forma de captura de dados por meio de nuvem de pontos em nenhuma das etapas da obra, o que pode requerer contratação adicional para o serviço ou complementação ao documento original;
- Ao término de cada etapa a contratada deve apresentar à contratante os cadastros completos em todas disciplinas elaborados em BIM, assim como manuais de operação e manutenção.

Por fim, o documento estabelece que os elementos provenientes do modelo projetado possuam todas informações necessárias para a composição de listas de materiais e extração de desenhos.

## DISCUSSÃO

Em relação à disponibilidade de informações, o Termo de Referência da obra deve determinar que os modelos devam ser projetados em LOD 300, o que permite a realização de análises de auditoria convencionais em que podem ser verificados, por exemplo, quantidades previstas em projeto versus executadas fisicamente e validação de coordenadas geográficas previstas versus realizadas. Além disso, a elaboração de *as builts* em BIM traz a vantagem da consolidação de várias informações em uma única fonte, que podem ser extraídas e gerar outros documentos, assim como a possibilidade do modelo em BIM carregar as informações do ativo construído para, futuramente, ter a finalidade de auxiliar em sua gestão e manutenção.

No que se refere às informações necessárias, a documentação de obras não deve delimitar a utilização de determinadas dimensões nos modelos BIM, como os modelos BIM 4D, 5D e 6D, que podem enriquecer ainda mais o produto, ou seja, incluir essas dimensões no Termo de Referência pode auxiliar na gestão do planejamento construtivo em fases, análises dos custos da obra e controle eficaz dos ativos.

A utilização de *laser scanner* em obras de saneamento modeladas em BIM pode trazer benefícios significativos, como a documentação robusta do projeto e o uso eficaz de tempo e recursos materiais. No entanto, é importante levar em conta algumas restrições, como a visibilidade das peças, a segregação entre os ambientes interiores e exteriores e a existência de elementos de sombra que possam afetar os resultados da captura. Uma das potenciais utilizações do *laser scanner* seria para aferir a precisão dimensional dos itens executados e validar o andamento do cronograma de algumas das etapas do empreendimento.

Outra utilização possível seria para o registro periódico do andamento dos trabalhos e para a documentação complementar ao *as built*, nesse sentido, a utilização de smartphones com dispositivos LiDAR integrados (como no caso de iPhones de última geração) pode ser uma solução para produzir nuvens de pontos a qualquer momento e sem a necessidade de emprego de equipamentos sofisticados e, portanto, custosos.

O projeto também deverá estabelecer quais partes da obra não serão foco de varredura, como paisagismo e automações, levando em conta a combinação de fatores como inexpressiva representatividade financeira, baixo risco em caso de divergências, bem como facilidade de atestação por outros meios, como fotografias, croquis, entre outros semelhantes.

Assim, algumas condições devem ser observadas para possibilitar o uso de LiDAR em obras modeladas em BIM:

1. O memorial descritivo deve especificar o mais alto nível no que diz respeito às dimensões BIM, ou seja, os modelos devem ser munidos do maior nível de informação possível, com vistas às futuras verificações;
2. Devem ser determinadas condições mínimas de compatibilização entre modelos BIM e futuros documentos extraídos/produzidos por *laser scanner*, ou seja, ambos documentos devem ser comparáveis entre si;
3. O memorial descritivo deve determinar quais itens serão objeto de varredura por *laser scanner* e em qual etapa/momento da obra prevendo, inclusive, qual é o padrão esperado para aquela fase;
4. Contrariamente ao item anterior, devem ser especificados itens que não serão considerados em varredura, com o objetivo de otimizar o uso do *laser scanner*;
5. Previsão de datas marco para varredura por *laser scanner* e datas marco alternativas, em caso de impedimentos;
6. As varreduras devem ter um padrão estabelecido em função do objetivo buscado, de modo a se assegurar a uniformidade do processo de captura de nuvens de pontos a qualquer momento. Uma opção é o emprego de coordenadas geográficas para registrar o ponto de captura;
7. O memorial descritivo deve estabelecer os padrões mínimos de nuvens de pontos aceitáveis para cada varredura a ser realizada assim como os padrões de arquivos eletrônicos produzidos e compatibilizados;

Além desses itens, há oportunidades de melhorias adicionais que podem ser proveitosas como, por exemplo, a utilização de drones para a geração de nuvens de pontos em estruturas com internas com melhor visualização aérea, como é o caso de chicanas em estações de tratamento de esgotos ou, ainda, a utilização de ferramentas de realidade aumentada com o objetivo de visualizar, *in loco*, itens ocultos pelas estruturas.

Isto posto, há diversos testes de auditoria que podem ser realizados por meio da utilização de LiDAR como ferramenta de captura de dados em campo para confronto com o modelo BIM, conforme resumido a seguir:

- Movimentação de terra – exame factível que pode, a partir de posições georreferenciadas produzir modelos em séries temporais evidenciando os volumes removidos (ou acrescidos) ao local da obra
- Fundações – pode proporcionar informação precisa sobre localização (georreferenciada) e, eventualmente, dimensões visíveis desses itens construídos;



- Estruturas de concreto (tanques, decantadores, etc.) – viável para verificação de informações dimensionais e de georreferenciamento espacial, quando comparado com o modelo;

## CONCLUSÃO

Previamente a realização de auditorias por meio do par combinado BIM e *laser scanner*, é adequado que a área de engenharia da empresa efetue, antes das contratações, adequações em memorial descritivo com o objetivo de registrar de forma minuciosa, o planejamento a ser executado. A finalidade desta etapa é registrar as informações mínimas que deverão ser consideradas em modelos BIM, assim como simulações de custos, cronogramas, movimentações em canteiro, predominância de ventos, energia solar, etc.

De forma análoga, para o emprego de testes por LiDAR o memorial descritivo deve ser detalhado, com indicações de quando, onde, como e porque a ferramenta deverá ser utilizada, apontando, inclusive datas marco, pontos de coleta de imagens, requisitos da etapa de processamento de imagens e extração de informações.

Assim, quando da execução da modelagem em BIM e varredura LiDAR, periodicamente serão gerados documentos para subsidiar a fiscalização, registrando a cada momento justificativas para desvios que, posteriormente, poderão ser utilizadas pela auditoria.

Considerando a estratégia de prevenção à fraude, o monitoramento periódico por meio de nuvem de pontos pode ser visto como uma potencial ferramenta que pode diminuir as possibilidades de:

- Inclusão de serviços ainda não executados para pagamento (antecipação);
- Inclusão de serviços que não foram executados (inexistência);
- Duplicidade de registro de serviços, remunerados em meses distintos;
- Inclusão de quantidades (dimensões) a maior

Ao se considerar a aderência à parâmetros mínimos exigidos das modelagens em BIM e requisitos para captura de nuvens de pontos, estima-se que a execução de auditorias em obras de saneamento possa alcançar resultados mais precisos, ágeis, proporcionando ainda, uma maior diversidade de análises e minimizando a ocorrência de fraudes em obras públicas.

## REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 31000: Gestão de Riscos - Diretrizes. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 23 p.
2. BEDRICK, Jim. *Organizing the Development of a Building Information Model*. 2008. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2008/MPSforBIM.html>. Acesso em: 18 set. 2008.
3. BOSCHÉ, Frédéric. *Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction*. *Advanced Engineering Informatics*, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 107-118, jan. 2010. Elsevier BV
4. BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, em 21 de junho de 1993; 172º da Independência e 105º da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm). Acesso em 27 set. 2022.
5. CAMPELO, Valmir; CAVALCANTE, Rafael Jardim. *Obras Públicas: comentários à jurisprudência do TCU*. 4. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2018. 888 p.
6. Conselho Federal de Contabilidade. NBC TI 01: RESOLUÇÃO CFC Nº 986/03. Brasília: [SI], 2003.
7. CONSTRUCT IN: A EVOLUÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DE OBRAS. A EVOLUÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DE OBRAS. 2022. Disponível em: <https://constructin.com.br/>. Acesso em: 09 ago. 2022.

8. COSTA, G.C.L.R.; FIGUEIREDO, S.H.; RIBEIRO, S.e.C.. Estudo Comparativo da Tecnologia CAD com a Tecnologia BIM. *Revista de Ensino de Engenharia*, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 11-18, 3 dez. 2015. *Revista de Ensino de Engenharia*.
9. EASTMAN, Chuck et al. *BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 650 p.
10. FEKETE, Stephanie; DIEDERICHS, Mark; LATO, Matthew. *Geotechnical and operational applications for 3-dimensional laser scanning in drill and blast tunnel*. *Tunnelling And Underground Space Technology*, [S.L.], v. 25, n. 5, p. 614-628, set. 2010. Elsevier BV
11. GROETELAARS, Natalie Johanna et al. Criação de modelos BIM a partir de "Nuvens de Pontos": Estudos de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
12. INSTITUTO DOS AUDITORES INTERNOS DO BRASIL - IIA BRASIL (Brasil). IPPF - Guias Práticos: auditoria interna e fraude. Auditoria Interna e Fraude. 2009. Disponível em: <https://iiabrasil.org.br/korbilload/upl/ippf/downloads/auditoriaintern-ippf-00000001-24012018103627.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2022.
13. MARZOUK, Mohamed; OTHMAN, Ahmed. *Modeling the performance of sustainable sanitation systems using building information modeling*. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 141, p. 1400-1410, jan. 2017. Elsevier
14. MICHAELIS: Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. N.I: Melhoramentos, 2015. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/auditoria/>. Acesso em: 14 mar. 2022.
15. NGUYEN, Tien Thanh et al. *3D object model reconstruction based on laser scanning point cloud data*. In: *international symposium on geoinformatics for spatial infrastructure development in earth and allied*, 1., 2012, Ho Chi Minh City. Conference paper. Ho Chi Minh City: N.I., 2012. p. 1-7.
16. NUNES, G.H.; LEÃO, M.. Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM. *Revista de Engenharia Civil, Braga*, v. 1, n. 57, p. 47-61, 2018. Anual.
17. PAN, Yue; ZHANG, Limao. *A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management*. *Automation In Construction*, [S.L.], v. 124, p. 103564, abr. 2021. Elsevier BV.
18. PESTANA, António Miguel Arriaga de Tavares. APLICAÇÃO DE BIM 7D E REALIDADE AUMENTADA EM FACILITY MANAGEMENT. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2019.
19. REISS, Mario Luiz Lopes. Reconstrução tridimensional digital de objetos à curta distância por meio de luz estruturada. 2007. 256 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.
20. RIBEIRO, Ciro Jr. Martins; RODRIGUES, Romante Ezer Ferreira. Melhores práticas em gerenciamento de projetos civis pelo uso do Building Information Modeling – BIM. *E-Xacta*, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1, 23 jun. 2019. *Revista Exacta*..
21. ROSINI FILHO, Alessandro Marco; ROSINI, Alessandro Marco; PALMISANO, Angelo. A ERA DO BIG DATA: principais implicações sobre segurança e privacidade e as novas tecnologias capazes de auxiliar proc. *Journal On Innovation And Sustainability Risus*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 13-34, 3 nov. 2020. Pontifical Catholic University of Sao Paulo (PUC-SP)..
22. SCHULZ, Thorsten. *Calibration of a Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy*. 2008. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Institute Of Geodesy And Photogrammetry, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zurich, 2008.
23. SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 5., 2000, Salvador. CARTA DE INTENÇÕES DO V SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS – SALVADOR/BAHIA. Salvador: IBRAOP, 2000.

24. WANG, Xuan et al. *Point Cloud Segmentation from iPhone-Based LiDAR Sensors Using the Tensor Feature*. Applied Sciences, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 1817, 10 fev. 2022. MDPI AG..
25. WUTKE, Juliana Dias. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA LASER SCANNER TERRESTRE. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.