

MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO EM OBRAS PÚBLICAS POR MEIO DO PROCESSO BIM

CONSTRUCTION WASTE MINIMIZATION IN PUBLIC BUILDINGS THROUGH BIM PROCESS

VERONICA MARTINS GNECCO | UFSC

LETICIA MATTANA, M.Sc. | UFSC

MICHELE FOSSATI, Dra. | UFSC

RESUMO

Inovações tecnológicas têm sido incorporadas ao setor da construção civil. A adoção do BIM, por exemplo, mostra-se como alternativa para otimização dos processos de projeto e execução de obras. Neste trabalho, investigou-se a contribuição do processo BIM para a redução da ocorrência de resíduos da construção civil em obras públicas. Para isso, adotou-se para estudo o projeto padrão em BIM do Centro de Referência para Assistência Social, com execução em Biguaçu/SC. Foram analisados critérios para minimização de resíduos da construção por meio de BIM: (1) detecção de conflitos, interferências e colisões, (2) sequência construtiva e planejamento da construção, (3) redução do retrabalho, (4) sincronização do projeto e do layout do canteiro, (5) detecção de erros e omissões e (6) previsão das quantidades de material. Os critérios foram analisados de forma qualitativa, com registros fotográficos e diário de obra, e de forma quantitativa, com medições da área de alvenaria de vedação in loco no modelo BIM. Os resultados mostram que é necessário melhorar a detecção de interferências, erros e omissões na fase de projeto, bem como o planejamento do canteiro e da execução. Foi elaborada uma proposta para aprimoramento dos processos da instituição pública para a minimização de resíduos utilizando BIM.

PALAVRAS CHAVE: Assistência Social. Execução de Obras. Fiscalização de Obras.

ABSTRACT

Technological innovations have been incorporated into the civil construction sector. An example is the BIM's adoption, which has been growing as an alternative for optimizing the design and execution processes. We sought to investigate what contribution BIM process brings to the construction waste minimization in public buildings. For this purpose, the building of the Reference Center for Social Assistance (CRAS), in Biguaçu/SC was adopted to study, whose design process was performed through BIM modeling. Some criteria for construction waste minimization through BIM were analyzed: (1) conflict, interference and collision detection, (2) construction sequence and construction planning, (3) reducing rework, (4) synchronizing design and site layout, (5) detection of errors and omissions and (6) precise quantity take-off. It was developed a qualitative research, with photographic records and work diaries, and in a quantitative research, with measurements of the area of sealing masonry on site and on the BIM model. The results show it is necessary to improve the process of detecting interferences, errors and omissions in the project phase, as well the planning and execution of the construction site. A proposal was developed to improve the processes of this public institution to construction waste minimization using BIM.

KEY WORDS: Social Assistance. Project Execution. Construction Supervision.



1. INTRODUÇÃO

A busca por transformar o planeta em um local ambientalmente equilibrado reflete na criação de ações globais, como a Agenda 21 (BRASIL, 1992) e a Agenda 2030 (BRASIL, 2015). Esses instrumentos auxiliam para o planejamento e construção de uma sociedade sustentável, pelo consumo e produção responsáveis, aliados ao crescimento econômico e inovação.

Nos últimos 50 anos, os problemas relacionados às mudanças climáticas ganham atenção e mobilizam a sociedade. Alguns autores definem a sustentabilidade como a união de diferentes dimensões em busca de equilíbrio, sendo as principais a ambiental, sociocultural e econômica (BRUNDTLAND, 1987, SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003).

Uma das indústrias que mais gera impactos ao meio ambiente é a construção civil. Esse setor causa variados problemas em decorrência de sua atividade fim, tais como: uso de recursos naturais, descarte incorreto, emissões de CO₂, mão de obra artesanal, evolução lenta e resistência às mudanças, indústria pouco mecanizada, dentre outros (TZORTZOPOULOS, 1999; PINTO, 1999).

Mesmo havendo a demanda por atividades ambientalmente equilibradas, muitas empresas deste setor ainda não praticam ações visando o desenvolvimento sustentável. Ge et al. (2017) aprofundam na problemática afirmando que a indústria da construção é responsável por 50% do total de resíduos sólidos gerados no mundo.

A construção civil, essencial para o crescimento econômico, para a geração de empregos e para a produção de infraestruturas, muitas vezes é vista como atrasada tecnologicamente. Entretanto, o Building Information Modeling (BIM) apresenta-se como uma alternativa para, dentre outras possibilidades, a quantificação dos resíduos e prevenção da sua geração ao longo do ciclo de vida de uma edificação, desde as etapas iniciais de projeto. O modelo BIM representa física e funcionalmente as características da construção de forma virtual, possibilitando o planejamento do armazenamento de materiais do canteiro de obras, das etapas de construção, checagem e validação por meio da compatibilização prévia das disciplinas e a quantificação dos insumos para orçamentação ou planejamento da execução (WON; CHENG, 2017). Apesar disso, o nível de implementação ainda não está difundido no setor da construção civil (KAMARUZZAMAN et al., 2016).

Poucas bibliografias são encontradas tratando das questões ambientais e gestão de resíduos com uso de BIM no setor da construção civil no Brasil. Alguns trabalhos nacionais retratam que as insuficiências na gestão pública e as fragilidades institucionais e gerenciais perduram

até os dias de hoje, exigindo políticas efetivas de gestão de resíduos (SCHNEIDER; PHILIPPI JR, 2004; FERNANDES; SILVA FILHO, 2017). O presente trabalho, como forma de contribuir para o desenvolvimento sustentável, visa o estudo de estratégias para a minimização dos resíduos da construção em obras públicas no Brasil com o uso do BIM. Investigou-se na literatura os principais trabalhos relacionados ao tema e adotou-se como caso de estudo o projeto e execução do Centro de Referência para Assistência Social (CRAS), do município de Biguaçu/SC, que foi replicado em outros 18 municípios até o final do ano de 2019.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os resíduos são definidos por Lima (2001) como materiais heterogêneos que provêm de atividades humanas ou da natureza, classificados como inertes pela NBR 10.004 (ABNT, 2004). Nesta categoria estão os resíduos da construção civil, gerados de construções, reformas, reparos e demolições de obras (BRASIL, 2010).

Algumas das causas para a geração do resíduo são o clima, a falta de gestão adequada do material, a baixa qualidade do armazenamento, o baixo controle de qualidade dos processos da obra, trabalhadores inexperientes, mudanças de projeto e perdas no transporte. Ainda, relacionam-se a esses fatores, projetos inadequados e de difícil compreensão pelos responsáveis pela execução (AHANKOOB et al., 2012).

Para que não ocorra a contaminação ou mistura de elementos, possibilitando sua posterior reciclagem, é necessária a classificação dos resíduos na sua origem, tornando o processo mais rápido e barato (MARTINS, 2012). Depois, os resíduos devem ser condicionados e transportados de maneira adequada, evitando contaminação do solo ou obstrução do canteiro de obras. Na destinação final dos resíduos, a alternativa mais viável é a reciclagem (PINTO, 1999). Algumas Leis e Normas Brasileiras dispõem sobre o manejo de resíduos sólidos (ABNT, 2004a; BRASIL, 1988, 2002, 2010). Portanto, é essencial que haja o gerenciamento dos resíduos da construção civil, fundamentado nas estratégias de (1) não geração, (2) minimização, (3) reutilização, (4) reciclagem e (5) descarte adequado (NAGALLI, 2014).

Os arquitetos, engenheiros e demais profissionais da construção possuem papel imprescindível para a redução de resíduos da construção e suas decisões pautam o gerenciamento no canteiro de obras e a previsão de falhas na fase de projeto. Ito, Gonçalves e Carvalho (2015) conduziram um questionário com mais de 100 profissionais, que apontou o desconhecimento generalizado sobre o seu papel na geração de resíduos e como estes podem ser minimizados já na

fase de projeto. O estudo apontou também a necessidade de uma metodologia cíclica que auxilie os profissionais na minimização dos resíduos da construção e demolição.

2.1. Building Information Modelling (BIM)

O conceito de BIM foi introduzido por Eastman (1975), com o "Building Description System". Hoje, para Eastman et al. (2014), BIM, pela precisão do modelo digital de projeto, é uma das inovações tecnológicas mais prósperas para a indústria da construção civil. Building Information Modeling (BIM) é um processo que integra e gerencia a informação da construção, envolvendo desde as fases iniciais de projeto, até o planejamento, construção e operação do empreendimento (ANDRADE; RUSCHEL, 2009; GE et al., 2017). O processo BIM parte de uma interface colaborativa, que se apresenta em diferentes dimensões de informação (BAKCHAN; FAUST; LEITE, 2019).

Projetos desenvolvidos sem o uso do BIM geralmente apresentam limitações para o intercâmbio de ideias, bem como a existência de erros, omissões, atrasos de definições e modificações de projeto, ocasionando desperdícios de recursos, tempo, mão de obra e investimento (EASTMAN et al., 2014).

Novas legislações têm surgido para regulamentar o uso de BIM. Em âmbito nacional, o Decreto nº 9.983 do Governo Federal substituiu o Decreto nº 9.377, visando a disseminação do BIM no país, com alguns objetivos como a coordenação do uso do BIM no setor público, o estímulo da capacitação em BIM, o estabelecimento de parâmetros para compras e contratações públicas com o uso do BIM, o desenvolvimento da plataforma e da biblioteca nacional de BIM e o incentivo do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM (BRASIL, 2019). Ainda, foi aprovado em 02 de abril de 2020 o Decreto 10.306, assegurando a implementação gradual do BIM nos projetos e nas obras e serviços públicos de arquitetura e engenharia (BRASIL, 2020).

Brito, Ferreira e Costa (2021) direcionaram uma pesquisa sobre exigências contratuais que influenciam na adoção de projetos BIM nas instituições públicas brasileiras. A partir da aplicação de questionários com responsáveis da implementação BIM em instituições públicas, averiguou-se a necessidade da elaboração de um "BIM mandate", também conhecido como Plano de Execução BIM, que resume as políticas de implementação do BIM pela entidade. O procedimento deixaria mais claro quais são as exigências da Contratante para a Contratada, os responsáveis por cada etapa do processo de projeto e obras, e evitaria a inclusão de empresas não capacitadas à realização dos serviços.

2.2. Uso do BIM na Gestão de Resíduos da Construção Civil

Para entender o cenário do tema no Brasil e a nível internacional, foram realizadas buscas exploratórias nas bases científicas Scopus e ScienceDirect. Foram buscadas no início de 2021 palavras-chave "BIM" e "waste management" na busca entre títulos, resumos e palavras-chave, para publicações em revistas na língua inglesa. Obtiveram-se retorno de 34 resultados da primeira base e 14 da segunda, os quais foram filtrados por coerência com o tema estudado. Após filtragem e exclusão de arquivos repetidos, dos artigos buscados na fase inicial, apenas 17 estavam alinhados com os objetivos deste trabalho. Os principais trabalhos internacionais encontrados nestas buscas são apresentados no Quadro 1.

Pesquisas Internacionais			
Autor(es)	Título do trabalho	Ano	Publicação
Bakchan, A.; Faust, K. M.; Leite, F.	Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning	2019	Resources, Conservation and Recycling
Akinade, O.O.; Oyedel, L.O.	Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS)	2019	Journal of Cleaner Production
Guerra, B. C.; Bakchan, A.; Leite, F.; Faust, K. M.	BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams	2019	Waste Management
Akinade, O.O.; Oyedele, L.O.; Ajayi, S.O.; Bilal, M.; Alaka, H. A.; Owolabi, H.A.; Arawomo, O. O.	Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment	2018	Journal of Cleaner Production
Ge, X. J.; Livesey, P.; Wang, J.; He, X.; Zhang, C.	Deconstruction waste management through 3d reconstruction and bim: a case study	2017	Visualization in Engineering
Lu, W.; Webster, C.; Chena, K.; Zhang, X.; Chen, X.	Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality	2017	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Won, Jongsung; Cheng, J. C. P	Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization	2017	Automation in Construction
Khaddaj, M.; Srour, I.	Using BIM to Retrofit Existing Buildings	2016	Procedia Engineering

Cheng, J. C. P.; Ma, Lauren Y. H	A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning	2013	Waste Management
Ahankoob, A.; Khoshnava, M.; Rostani, R.; Preece, Christopher N.	BIM Perspective On Waste Reduction	2012	Management In Construction Research Association

Quadro 1 - Trabalhos internacionais alinhados com o tema BIM na minimização de resíduos da construção
Fonte: as autoras

Ahankoob et al. (2012) fazem uma síntese do auxílio que o BIM pode oferecer para a gestão de resíduos da construção. O planejamento por meio do BIM, por exemplo pode ser realizado com previsão efetiva de pedido e chegada de materiais para o trabalho no canteiro com a menor perda de recursos. A busca por interferências em modelos BIM, por meio de inúmeros *softwares* específicos disponíveis no mercado, adianta as simulações de resoluções para a fase de projeto, não apenas na fase de execução.

O BIM também pode contribuir para estimar a quantidade de resíduos que será produzido por determinado empreendimento (GUERRA et al., 2019; Lu et al., 2017; CHENG; MA, 2013). Os autores empregaram BIM para estimar a quantidade de resíduo gerado em obras por meio da ferramenta Autodesk Revit, quantificando o volume de material caso ocorresse a demolição da construção.

Akinade e Oyedel (2019) desenvolveram uma ferramenta computacional baseada em BIM para construir análises e relatórios de resíduos nas cadeias de suprimentos de construção. Outros autores estudaram ferramentas voltadas para a demolição, onde desenvolvem um sistema de gerenciamento de resíduos de desconstrução (GE et al., 2017). Bakchan, Faust e Leite (2019) propuseram uma estrutura para gestão efetiva dos resíduos no canteiro, com especificação de um cronograma para a geração de resíduos, estimativa de custos com resíduos e organização no canteiro para reuso e disposição de materiais. Os resultados demonstraram diferença de 5,3% entre o estimado e o real desperdício de resíduos, além de propiciar economia de 35.000 dólares por reuso de materiais.

Akinade et al. (2018) propõem um estudo que avalia as expectativas dos investidores sobre o BIM e como poderia ser empregado para o gerenciamento de resíduos da construção e demolição. Khaddaj e Srour (2016) descrevem, através da revisão de literatura, quais áreas da engenharia têm maior abordagem do BIM e da sustentabilidade, sendo coordenação de projeto no primeiro trabalho e energia e minimização de resíduos no segundo.

Atualmente, a literatura científica envolvendo resíduos da construção utilizando BIM é limitada, porém apresenta certo crescimento (LU et al., 2017). Percebe-se uma boa amostra de pesquisas recentes no tema, com data posterior ao ano de 2015.

Para investigar o estado da arte deste tema no Brasil, foram realizadas buscas exploratórias em bases de dados científicas que possuem publicações nacionais indexadas, tais como SCIELO (*Scientific Electronic Library Online*), considerando apenas pesquisas publicadas em congressos ou revistas. As estratégias de buscas usadas são "BIM" e "resíduos", além das mesmas utilizadas na busca anterior com filtro de seleção para língua portuguesa. Foram selecionadas quatro pesquisas científicas alinhadas com o objetivo desta pesquisa (Quadro 2).

Pesquisas do Brasil			
Autor(es)	Título do trabalho	Ano	Publicação
Oliveira, F. A.; Maués, L. M. F.; Rosa, C. C. N.; Santos, D. G.; Seixas; R. M.	Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM	2020	Ambiente Construído
Miara, R.; Scheer, S.	Gerenciamento de resíduos da construção com BIM para uma economia circular: uma estrutura conceitual	2019	SBTIC
Santos; M.; Ferreira, E. A. M.; Almeida.	Uso do BIM para suporte ao processo de gestão de resíduos em obras de edificações	2017	SBTIC+ SIBRAGEC
Carvalho, H.; Scheer, S.	A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição	2015	7º Encontro Brasileiro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção

Quadro 2 - Trabalhos nacionais alinhados com o tema BIM na minimização de resíduos da construção
Fonte: as autoras

O BIM tem uso potencial em todas as fases da edificação, inclusive no planejamento da produção do canteiro, onde, unido a softwares de planejamento, auxilia na elaboração do Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil. Assim, são otimizados o fluxo de trabalho e a utilização do material, da mão de obra e do espaço existente no canteiro, com a utilização do BIM em todas as etapas de trabalho (CARVALHO; SCHEER, 2015; SANTOS et al., 2017; MIARA; SCHEER, 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

Novas buscas foram realizadas, incluindo o termo "obra pública" ou "public building". Encontrou-se um trabalho onde foi elaborada uma metodologia para reduzir os

desperdícios de vergalhões de aço durante o processo de projeto, usando modelos BIM e incluindo diretrizes para sua implementação (PORWAL, 2013). Com base no estado da arte das pesquisas descritas, percebe-se a falta de estudos sobre este tema aplicado em canteiros de obras públicas no Brasil.

3. MÉTODO

Este trabalho está fundamentado no estudo de caso do projeto padrão do CRAS do Estado de Santa Catarina e ocorreu através da realização de levantamento de dados quali-quantitativos baseados no trabalho proposto por Ahankoob et al. (2012). A pesquisa foi realizada no âmbito da extensão universitária, através de um projeto vinculado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os dados qualitativos são oriundos das observações realizadas em visitas ao canteiro de obras, visando investigar as soluções básicas do uso de BIM para redução dos resíduos, segundo os parâmetros propostos por Ahankoob et al. (2012). Esses parâmetros referem-se à: (1) detecção de conflitos, interferências e colisões, (2) sequência construtiva e planejamento da construção, (3) redução do retrabalho, (4) sincronização do projeto e do layout do canteiro, (5) detecção de erros e omissões e (6) previsão das quantidades de material.

Os dados quantitativos referem-se à medição do serviço de alvenaria de vedação em canteiro de obra e também no modelo BIM. O serviço de alvenaria de vedação geralmente tem perdas elevadas, devido ao alto índice de quebras, à execução de rasgos nas alvenarias para instalações, por projetos incompletos ou sem informações, dentre outros (FORMOSO et al., 1996). O fluxograma da Figura 1 sintetiza o método desta pesquisa.

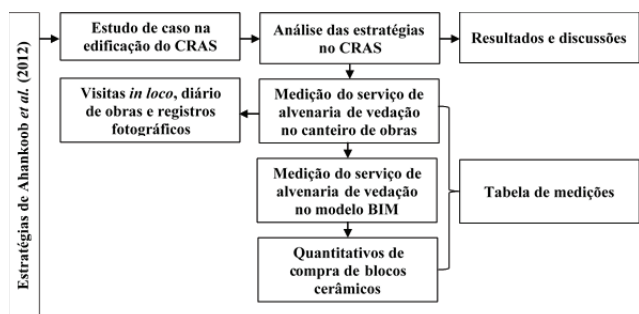


Figura 01 - Método
Fonte: as autoras

As edificações do Centro de Referência para Assistência Social (CRAS) são edificações públicas, térreas, de aproximadamente 177m², projetadas para apoio e assistência social em todos os municípios do Estado de Santa Catarina.

Para o CRAS de Biguaçu, os projetos foram modelados em BIM (Figura 2) sob a coordenação do Laboratório BIM do Governo do Estado (LaBIM), responsável pela modelagem do projeto arquitetônico da edificação na ferramenta Graphisoft ArchiCAD. O processo envolveu a participação de uma empresa local via cooperação técnica, com o desenvolvimento dos modelos BIM das disciplinas complementares (hidrossanitário, elétrico, preventivo contra incêndio, gás e estrutural), em ferramentas BIM como o AltoQi Eberick e o QiBuilder. Todos os modelos contêm informações gráficas e não gráficas, com nível de maturidade intermediário, visando a colaboração entre a equipe envolvida pelo compartilhamento de informações integradas, uso do OpenBIM e Industry Foundation Classes (IFC), geração de memoriais descritivos e detalhes técnicos para a execução da obra.

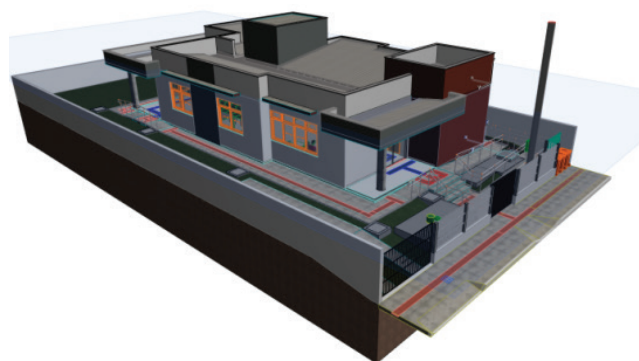


Figura 02 - Modelo BIM do CRAS: vista 3D
Fonte: Santa Catarina (2017)

A licitação do CRAS de Biguaçu/SC possui algumas exigências em relação a elaboração do as built pela empresa executora da obra, que deveria ser em BIM e entregue em formato nativo (SANTA CATARINA, 2017). A Contratante disponibilizou o modelo BIM para a empresa contratada, em formatos IFC e nativo, com suas diversas disciplinas. A Contratante realizou ainda um curso de capacitação básica para a Contratada nos softwares Tekla BIM Sight, Graphisoft Archicad e Graphisoft Vectorworks. Nesta licitação, a Contratada foi responsável por mais 18 obras semelhantes, ou seja, o objeto analisado refere-se a um projeto padrão e sua otimização traria benefícios para vários canteiros de obra em diferentes municípios do estado. Em Santa Catarina, foi relatado, pelo último levantamento disponível, que já existiam 365 edificações do CRAS, semelhantes a estudada (SDS, 2016).

A coleta de dados no canteiro foi realizada durante seis visitas à obra, que aconteceram no período de construção do empreendimento de abril a setembro de 2018. Optou-se

pela análise e medição do serviço de alvenaria, pois essa era a etapa de obra na primeira visita ao canteiro de obras, além de se tratar de um serviço comum na construção civil brasileira e com alta taxa de desperdícios (SILVA, 2017).

As visitas ao canteiro de obras tiveram como objetivos (1) acompanhar a obra e o processo utilizado, com registro fotográfico e diário de obras; (2) verificar o uso do BIM na execução do projeto e para a minimização dos resíduos no canteiro; (3) realizar a medição das paredes de alvenaria e aberturas com auxílio de trena manual, para subsequente estimativa do desperdício em obra; (4) averiguar o armazenamento, desperdício e descarte de materiais.

A equipe de execução foi alterada três vezes, sempre formada por um mestre de obras e um ajudante, com acompanhamento esporádico do engenheiro responsável pela execução. A execução era realizada de maneira artesanal e convencional, sem apoio do modelo BIM para a equipe de obra durante a execução. Ainda, os projetos eram utilizados em papel pelo mestre de obras e o engenheiro de obras.

As paredes do CRAS foram modeladas em alvenaria de vedação com blocos cerâmicos de 18cm, exceto nos banheiros acessíveis, onde foram adotados blocos com 14cm e, nas paredes com shafts, onde foram utilizados blocos de 8cm. Os revestimentos de parede contemplam chapisco, reboco e pintura.

Para o levantamento de informações quantitativas no modelo BIM, utilizou-se o software Graphisoft Archicad, pela ferramenta de medição (Figura 3), para o posterior comparativo com o levantado em campo. Não foi feito qualquer tipo de alteração no projeto original.

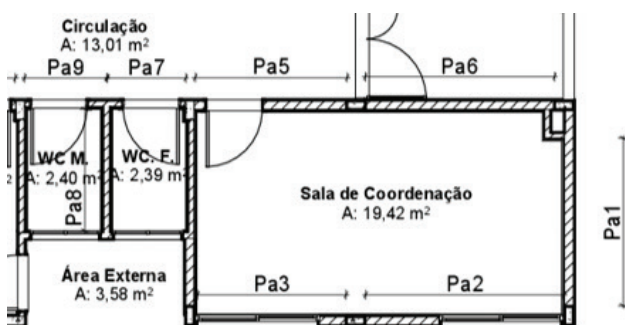


Figura 03 – Medições de área no modelo BIM
Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2017).

Após a realização das medições nas visitas em campo e através do modelo BIM, foi elaborada a tabela de medições para os cálculos de área, a fim de quantificar a área de alvenaria executada em obra e aquela gerada pelo modelo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Detecção de conflitos, interferências e colisões

Para este primeiro parâmetro, apesar de ter sido realizada a compatibilização entre as disciplinas por meio do BIM na etapa de projeto, foram identificadas no canteiro de obras situações em que ainda ocorriam interferências e colisões entre os sistemas projetados. Por exemplo, elementos estruturais (lajes e vigas) precisaram ser furados para a passagem de tubos de instalação pluvial e ar condicionado. Além disso, foi averiguado que não havia previsão de furação da laje para passagem da tubulação do sistema de hidrossanitário (Figuras 4 e 5), fator que teve que ser resolvido em obra, o que pode causar deficiências estruturais no projeto e prejudicar seu desempenho.

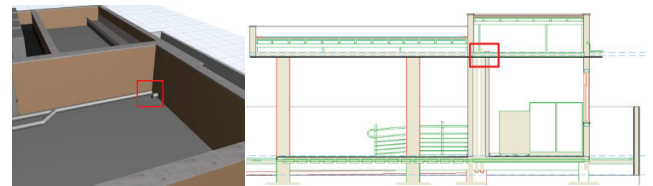


Figura 04 – Interferências entre as disciplinas em software BIM
Fonte: Adaptado de Santa Catarina (2017).

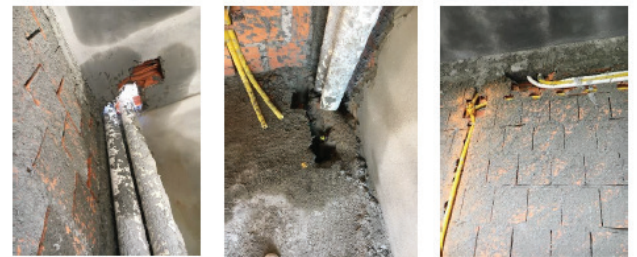


Figura 05 – Interferências entre as disciplinas em canteiro de obras: (a) e (b) furo na laje e (c) furo na viga para tubulações
Fonte: as autoras (2018)

Em relação à execução do serviço de alvenaria, segundo o projeto, três diferentes tipos de blocos cerâmicos deveriam ser utilizados: com espessura de 18 cm para paredes de vedação, 14 cm para paredes de vedação dos banheiros acessíveis e 8 cm para os shafts. Entretanto, na obra, foram empregados os mesmos blocos cerâmicos de 18 cm para toda a execução, refletindo em interferências, como por exemplo, a redução de área construída do banheiro acessível.

4.2. Sequência construtiva e planejamento da construção

Quanto à sequência construtiva e planejamento da construção, destaca-se que não houve a elaboração de um planejamento da obra por parte da equipe executora,

refletindo em atraso de um mês na entrega da obra. Além disso, a execução foi interrompida duas vezes devido à troca da equipe executora, sinalizando alta rotatividade da mão de obra. Esse é um dos grandes problemas da construção civil e que interfere na produtividade, racionalização da obra, geração de desperdícios e gastos extras demonstrado por Mutti (1995) 26 anos atrás, mas ainda relatado por Thomas (2015).

4.3. Redução do retrabalho

O parâmetro da redução do retrabalho está interligado com a quebra na sequência construtiva e a falta de planejamento. Com a rotatividade das equipes executoras, o processo de execução passou por discontinuidades que refletiram em retrabalhos. Problemas de projeto eram corrigidos apenas no canteiro de obras e geravam atrasos nos prazos de entrega, além de possivelmente maior custo pelo desperdício. Outro ponto, foi que o projeto utilizado em obra e disponibilizado para os executores era bidimensional, o que não favorecia a interpretação de todas as nuances que o modelo BIM proporciona.

4.4. Sincronização do projeto e do layout do canteiro

Em relação a este critério, havia pouco cuidado na separação e descarte de materiais no canteiro, constatando-se baixo planejamento e organização prévia do espaço da obra. Alguns resíduos foram organizados no canteiro de obras para correto descarte, principalmente aqueles com possibilidade de contaminação como os sacos de cimento. Porém, sem projeto ou modelagem para planejamento do layout do canteiro. Os blocos cerâmicos eram recebidos em obra através de pallets e ficavam expostos às intempéries até serem levados para o uso, dentro da edificação. Foram registrados desperdícios de materiais nas visitas realizadas in loco, em função da falta de local específico para armazenamento e descarte (Figura 6).



Figura 06 – Armazenamento/organização dos blocos cerâmicos e resíduos do canteiro de obras
Fonte: as autoras (2018)

4.5. Detecção de erros e omissões

Para este parâmetro, durante a etapa de projeto foram efetuados alguns ajustes no modelo para evitar erros ou omissões e também devido à revisão das Normas NBR 6.118 de Concreto Armado (ABNT, 2014) e da NBR 9050 de acessibilidade (ABNT, 2021). A inconsistência mais notável do processo estudado foi a adaptação do projeto padrão em relação ao terreno a ser construído e causou problemas na locação da obra, que refletiu em erros nas dimensões do espaço para o acesso e estacionamento de veículos da edificação, pois sem essa informação, a decisão de locação de projeto teve que ser tomada no canteiro de obras.

4.6. Previsão da quantidade de material

Com a estimativa mais precisa dos materiais a serem comprados com base no modelo em questão pode-se evitar uma compra superestimada e o consequente desperdício de material. Nessa obra, o engenheiro executor usou sua própria experiência para quantificar os materiais que foram comprados e não utilizou as informações oriundas do modelo BIM. Com isso, a compra foi efetuada sem considerar as especificações do modelo, resultando no uso de somente um tipo de bloco cerâmico na obra, diferente do especificado no modelo BIM. As áreas medidas diferem percentualmente em 6,40%, ou aproximadamente 21 m², segundo as medições. A diferença constatada pode ter ocorrido pelas alturas das paredes de alvenaria até a viga, pelo encunhamento com medida variável, o que não foi previsto no modelo BIM. Os vãos das aberturas também podem ter influenciado, pois foram executados com medidas variáveis em relação ao modelo BIM.

Em relação à quantidade de blocos cerâmicos comprados, segundo o engenheiro responsável pela obra, foi solicitada uma carga e meia de blocos. Cada carga contém 6.400 unidades de bloco, totalizando 9.600 blocos comprados. Segundo medição em obra, a cada 1m², têm-se 25 blocos assentados, sendo necessários 8.130 unidades. A diferença entre comprado e utilizado foi de 1.470 blocos cerâmicos. Os dados quantitativos retirados do modelo não foram utilizados pela equipe executora Contratada, mesmo tendo sido repassados pela Contratante e o modelo BIM tendo se mostrado preciso para a quantificação da área de alvenaria em obra.

4.7. Redução de resíduos nos processos de projetos públicos

A identificação de conflitos, interferências e colisões, a detecção de erros e omissões de projeto e o planejamento e controle de obras precisam de definições mais claras no

processo de projeto e nas licitações, para evitar problemas no canteiro de obras. O coordenador de projeto e da fiscalização de obra ganha destaque, assim como o correto uso dos relatórios dos conflitos.

Ainda existem interferências construtivas decorrentes de interpretações de projeto ou de falhas nas próprias etapas projetuais. A integração dos modelos BIM dentro do canteiro de obras facilita a fiscalização da execução, a visualização do projeto pelos colaboradores e a organização do layout do canteiro de obras em sincronia com o projeto, evitando conflitos e/ou retrabalhos.

Destaca-se que, para haver a contribuição na minimização dos resíduos segundo a metodologia proposta, o modelo BIM deve dispor de: (1) informações geométricas

da edificação, tais como paredes, pisos e coberturas; (2) modelagem de sistemas complementares como elétrico, hidrossanitário e estrutural, para conferência de interferências e consequente projeto de execução em sua função; (3) espaço disponível para organização do canteiro de obras, que também pode ser realizado em modelagem paramétrica; e (4) as propriedades dos sistemas modelados devem estar especificadas, como por exemplo, os tipos de blocos cerâmicos, para que assim se possa fazer a correta quantificação de material e, consequentemente, de resíduos gerados e das causas para tais ocorrências. Na Figura 7 foi proposta uma estruturação para a melhoria dos procedimentos internos da instituição pública, com foco na redução da ocorrência de resíduos em obras públicas, com o suporte do BIM.

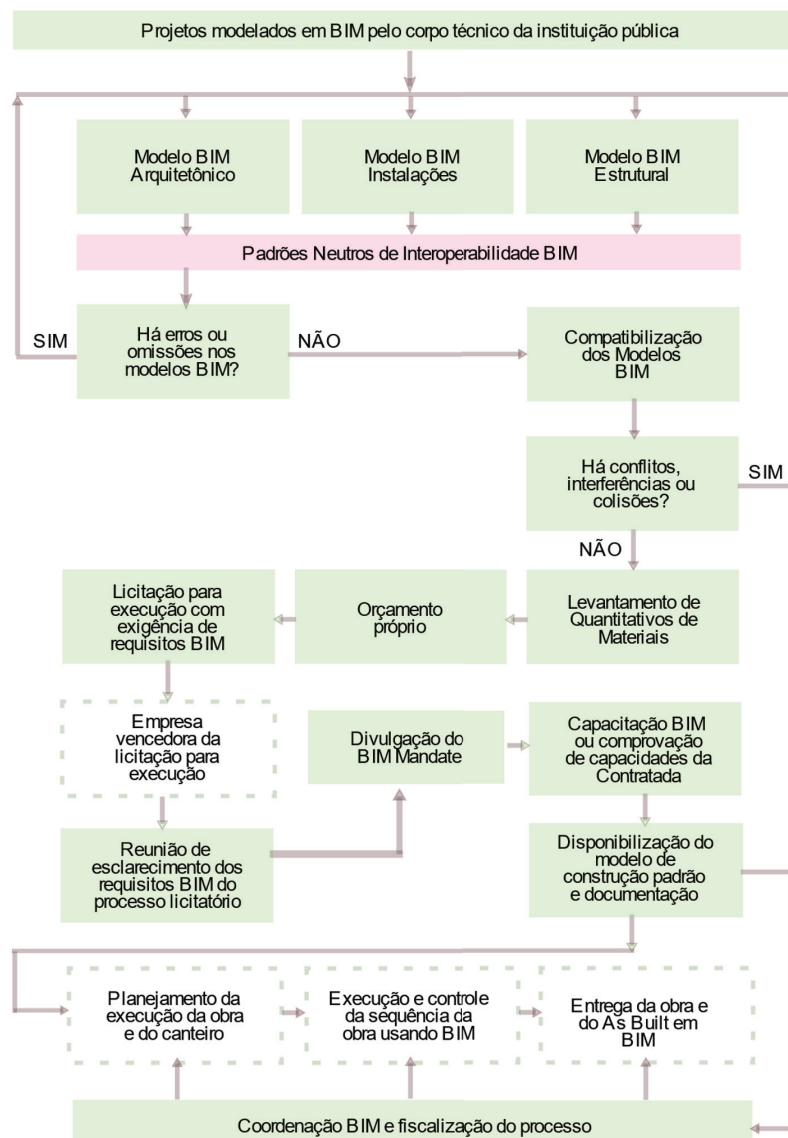


Figura 07 – Aprimoramento de processos internos do setor público para redução da ocorrência de resíduos usando BIM
Fonte: as autoras

O desenvolvimento dos modelos BIM das diferentes disciplinas deve ocorrer dentro dos padrões neutros de interoperabilidade BIM, para que sejam utilizados nas diferentes fases do ciclo de vida da edificação e nas variadas ferramentas BIM disponíveis. Para cada modelo finalizado, sugere-se a realização de uma revisão para identificar possíveis erros e/ou omissões e, na ausência destes, deve-se prosseguir com a compatibilização dos modelos BIM. O coordenador de projetos BIM possui papel relevante nesta fase. Caso sejam necessários ajustes devido a constatação de interferências entre os modelos, as equipes responsáveis devem ser submetidas a reuniões para tomada de decisões, incentivando sempre a comunicação e a colaboração dos envolvidos no processo. Depois da compatibilização, devem ser levantados os quantitativos e realizada a orçamentação prévia com base nos modelos, para que seja realizada a licitação da execução da obra.

A empresa vencedora da licitação passa, junto à Contratante, por cursos de capacitação em BIM ou, dependendo do contrato, serão exigidas da Contratada as competências necessárias para realização do trabalho, por meio de certificações e atestados. A reunião de alinhamento aborda temas como orçamento e quantitativos de materiais, o planejamento da execução e da organização do canteiro de obras, a execução em si e, a entrega do as built em padrão neutro de interoperabilidade BIM. A Contratante deve entregar à Contratada o Plano de Execução BIM, onde estarão os mecanismos para acompanhamento da qualidade do modelo BIM para o projeto e para o seu uso na fase de execução. Um relatório final de contribuições e desafios encontrados é elaborado e repassado à Contratante, para que nas próximas licitações, o processo seja melhorado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão de uma obra pública depende de diversos procedimentos, dentre eles as fases de projeto, licitação, contratos, execução e fiscalização da obra. A gestão eficaz do recurso público neste processo, por meio da administração eficiente, do controle de irregularidades e dos desperdícios, sejam eles de materiais, tempo ou recursos financeiros, são passos fundamentais para o sucesso do empreendimento.

Neste trabalho foram investigados critérios que podem contribuir para a gestão dos recursos públicos por meio da minimização da geração de resíduos em obras públicas, com o suporte do BIM. Percebe-se que os procedimentos do Governo do Estado ainda precisam de ajustes para efetivar o uso de BIM para esta finalidade. O BIM tem uma grande contribuição para a previsão de

quantidades de materiais, sendo necessário ainda que os demais critérios elencados sejam inseridos no processo de projeto e execução das obras públicas.

Foi constatado que na obra analisada as áreas medidas em projeto e em obra diferiram aproximadamente 6,40%, representando cerca de 21m², provavelmente devido a detalhes de execução, como do encunhamento. O resultado mostra que o modelo BIM pode prever de maneira precisa a área de alvenaria e auxiliar no levantamento de quantitativos. Apesar disso, a quantidade de blocos comprados pelo engenheiro responsável foi de aproximadamente 1.470 unidades além do necessário.

Com ajustes no processo de trabalho, nos contratos e com a capacitação dos recursos humanos, a adoção de BIM pode ser potencializada para melhores resultados na redução da ocorrência de resíduos em obras públicas. Com isso, obtém-se obras mais eficientes e adaptadas à realidade do canteiro, além de menos custosas ambiental e financeiramente. Essa revisão nos processos permitirá uma futura elaboração do Plano de Execução BIM. Para isso, sugere-se inicialmente redesenhar os processos internos da instituição. Conforme proposto pelo Decreto nº 9.983, a disseminação de BIM no setor público deve ocorrer de maneira coordenada e colaborativa.

Além dos critérios estudados neste trabalho, o setor público precisará definir referências para as contratações de projetos e execução das obras, como "BIM mandates", a fim de obter os produtos com a qualidade desejada, o que implica em ter atenção quanto às licitações do tipo menor preço, por exemplo, para efetivar o uso da modelagem da informação da construção por todo o ciclo de vida dos edifícios. A adoção de BIM na etapa projetual parece estar mais difundida que seu uso no canteiro de obras brasileiro ou sua adoção nos contratos e licitações. É necessário trabalhar melhor os processos de modelagem, colaboração e integração envolvidos no processo BIM e suas relações ao longo de todas as fases do projeto.

Este trabalho demonstra que o BIM pode ser usado para minimização da ocorrência de resíduos nos canteiros de obras do CRAS, e apresenta uma contribuição inicial para promover essa articulação por meio da sugestão de novos procedimentos de trabalho para as obras públicas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações,**

mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2021.

AHANKOOB, A.; KHOSHNAVA, M.; ROSTANI, R., PREECE, CHRISTOPHER N. **BIM perspective on waste reduction.** In: Management In Construction Research Association (MICRA), 2012, Kuala Lumpur. Proceedings.... Malaysia: UTM RAZAK School of Engineering & Advanced Technology, 2012. p. 195 - 199.

AKINADE, O. O.; OYDELE, L. O.; AJAYI, S. O.; BILAL, M.; ALAKA, H. A.; OWLABI, H. A.; ORAWOMO, O. O. Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment. **Journal Of Cleaner Production**, v. 180, p.375-385, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.022>.

AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O. Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS). **Journal Of Cleaner Production**, v. 229, p.863-873, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.232>.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 76-111, 2009.

BAKCHAN, A.; FAUST, K. M.; LEITE, F. Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: Integration with project and site planning. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, n. April, p. 462-474, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.020>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Agenda 21 Global. 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>> Acesso em 14/07/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre gestão de Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988, 292 p.

BRASIL. Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

BRASIL. Agenda 2030. 2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/>> Acesso em 14/07/2019

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Institui a estratégia nacional de disseminação do

Building Information Modeling.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 02 de abril de 2020. Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal.

BRITO, D. M.; FERREIRA, E. A. M.; COSTA, D. B. An Investigation of Contractual Requirements for BIM Adoption in the Brazilian Public Sector. **Lecture Notes In Civil Engineering**, p. 395-408, 14 jul. 2020.

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum:** comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CARVALHO, H. J. S. de; SCHEER, S. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. **Anais do VII encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção - edificações, infra-estrutura e cidade:** Do BIM ao CIM, nov. 2015. Editora Edgard Blücher. <http://dx.doi.org/10.5151/engpro-tic2015-022>.

CHENG, J. C. P.; MA, L. Y. H. A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. **Waste Management**, v. 33, n. 6, p. 1539-1551, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>

EASTMAN C., **The use of computers instead of drawings in building design**, Journals of the American Institute of Architects, v. 63, p.46-50, 1975.

EASTMAN, C.; TELCHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 1ª Edição. Porto Alegre: Bookman. 2014 483 p.

FERNANDES, M. P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. da. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p.21-38, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200144>.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; CESARE, C. de; ISATTO, E. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Núcleo orientado para a inovação da edificação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1996.

GE, X. J.; LIVESEY, P.; WANG, J.; HUANG, S.; HE, X.; ZHANG, C. Deconstruction waste management through 3D reconstruction and BIM: a case study. **Visualization in Engineering**, v. 5, n. 1, 2017.

GUERRA, B. C.; BAKCHAN, A.; LEITE, F.; FAUST, K. M.

- BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 87, p. 825–832, 2019.
- ITO, A. P. N.; GONÇALVES, P. H.; CARVALHO, D. C. G. de. A avaliação da perspectiva dos arquitetos na redução de resíduos na etapa de projeto arquitetônico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 1, p. 16–25, 2015.
- KAMARUZZAMAN, S. N.; SALLEH, H., LOU, E. C. W., EDWARDS, R. e WONG, P. F.. Assessment schemes for sustainability design through BIM: Lessons Learnt. 2016. **MATEC Web Conf.**, 66-00080. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600080>
- KHADDAJ, M.; SROUR, I.. **Using BIM to retrofit existing buildings**. *Procedia Engineering*, v. 145, p.1526-1533, 2016. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.192>.
- LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações**. 2005. 371 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Campina Grande-PB: ABES. 2001.
- LU, W.; WEBSTER, C.; CHEN, K.; ZHANG, X.; CHEN, X. Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. October 2016, p. 587–595, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.029>
- MARTINS, F. G. **Gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil em obras de grande porte: estudos de caso**. 2012. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.
- MIARA, R. D.; SCHEER, S. Gerenciamento de resíduos da construção com BIM para uma economia circular: uma estrutura conceitual. In: ANTAC, 2., 2019, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Unicamp, 2019.
- MUTTI, C. **Treinamento de mão de obra na construção civil: Um estudo de caso**. 1995 (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 178 p.
- OLIVEIRA, F. de A.; MAUÉS, L. M. F.; ROSA, C. C. N.; SANTOS, D. de G.; SEIXAS, R. de M. Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 157-176, out./dez. 2020
- PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189p. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.
- PORWAL, A. **Construction waste management at source: a Building Information Modeling based system dynamic approach**. 2013 (Tese de Doutorado), Okanagan College, University of British Columbia.
- SANTA CATARINA. **Edital de Concorrência nº 42 de 03 de outubro de 2017**. Florianópolis, 2017.
- SANTOS, M.; FERREIRA, E. A. M.; ALMEIDA, L. Uso do BIM para suporte ao processo de gestão de resíduos em obras de edificações.. In: SBTIC, 1., 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Ufc, 2017.
- SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JR, A. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p.21-32, out. 2004.
- SDS. Relação de CRAS em SC. 2016. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php/assistencia-social2/gerencia-de-monitoramento-de-avaliacao-do-suas-gemav/rede-socioassistencial/cras>. Acesso em: 7 fev. 2020.
- SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 3, p. 718, jul/set 2003.
- THOMAS, J.. Study on causes and effects of employee turnover in construction industry. **International Journal Of Science And Research**, v. 4, n. 5, p.3041-3044, maio 2015.
- TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Porto Alegre, 1999. Dissertação (Curso de pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- WON, J.; CHENG, J. C. P. Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization. **Automation in Construction**, v. 79, p. 3–18, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.002>

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5473-5075>

VERONICA MARTINS GNECCO | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 88040-900 | email: veronicamg-necco@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0767-4270>

LETICIA MATTANA, M.Sc. | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 88040-900 | email: leticia.mattana@ufsc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6989-5381>

MICHELE FOSSATI, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina | Engenharia Civil | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 88040-900 | email: michele.fossati@ufsc.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

GNECCO, Veronica Martins; MATTANA, Leticia; FOSSATI, Michele. Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 141-152, ago. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n3.141-152>.

DATA DE ENVIO: 30/03/2021

DATA DE ACEITE: 09/06/2021