

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COMPLEMENTARES DE RESIDÊNCIA EM LIGHT STEEL FRAME UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM

COMPATIBILIZATION OF LIGHT STEEL FRAME RESIDENCIAL EXECUTIVE PROJECTS USING THE BIM PLATFORM

SILVA, Natália do Nascimento Refatti da¹

CAMARGO, Bruna de Souza²

BONELLI, Thiago Scremin³

RODRIGUES, Lucas Albuquerque⁴

Recebido: jul. 2021; Aceito: nov. 2021

Resumo: Com o desenvolvimento na esfera da construção civil no Brasil, o método construtivo *Light Steel Frame* (LSF) vem ganhando espaço como método construtivo alternativo ao sistema convencional em alvenaria, mais usado no país atualmente. É possível notar também o avanço da tecnologia BIM (do inglês *Building Information Modeling*), que é um método de trabalho colaborativo para a gestão de projetos, no setor e as vantagens da interoperabilidade proporcionada pela plataforma, e sua eficácia no processo de compatibilização de projetos e verificação de interferências, assim como na gestão e planejamento de projetos. Para este estudo, o objeto de análise é a compatibilização dos projetos sanitário e hidráulico de uma residência construída usando o método LSF, e verificar a eficácia da tecnologia BIM para tal processo. O resultado vem a reforçar a importância da compatibilização, podendo reduzir imprevistos, custos extras e atrasos para entrega da obra.

Palavras-chave: Compatibilização. Projeto. Tecnologia. BIM.

Abstract: With the development of the civil construction sphere in Brazil, the Light Steel Framing (LSF) method, has been gaining space as an alternative building process in comparison to the conventional masonry system, which is most used across the country nowadays. It is also possible to notice the BIM (Building Information Modeling) technology advancement, which is a collaborative working method for project management and the benefits of the interoperability provided by the platform and its effectiveness in the compatibilization procedure, and the verification of any interferences, as well as in the management and planning of the projects. For this study, the object of analysis is the compatibilization of a LSF residence executive complementary projects, and to verify the efficiency of the BIM platform for such process. The result reinforces the importance of the compatibility, that can reduce unforeseen circumstances, extra costs and delay in the delivery of the building.

Keywords: Compatibilization. Project. Technology. BIM.

¹ Estudante do curso Bacharelado em Engenharia Civil pela Faculdade de Direito de Alta Floresta (FADAF).

² Engenharia Civil pela Universidade Paulista (2016); Mestranda no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade pela EACH-USP; Especialista em cidades e construções sustentáveis pela Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT; MBA em administração, contabilidade e finanças pela UniBf (2018).

³ Licenciado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2010); Mestre em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso (2013); Doutor em Ciências na área de Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2017).

⁴ Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ (2018); Especialista MBA em Engenharia de Edifícios até 4 Pavimentos pelo Centro Universitário da Grande Dourados - UNIGRAN (2019); Especialista em Engenharia de Estruturas - UNYLEYA (2020).

1 INTRODUÇÃO

A construção em *Light Steel Frame* (LSF) é cada vez mais utilizada nos países desenvolvidos, especialmente nos Estados Unidos, onde as primeiras normatizações foram publicadas na década de 40 do século passado. O método LSF nada mais é do que um método construtivo onde o processo é a união de perfis de aço a fim de atribuir forma e sustentação estrutural a uma construção. A vedação é feita por placas ou painéis que podem ser de diversos tipos de materiais como madeira, placa cimentícia e outros.

A organização industrial ligada ao *Light Steel Framing* possibilita, dentre outros propósitos, substituir o método artesanal até então utilizado na construção de habitações de pequeno e médio porte, tornando-a lógica construtiva vastamente empregada e difundida em países como Estados Unidos, Austrália, Japão e China.

No ramo da construção civil, todos os setores necessários para o planejamento e desenvolvimento das obras, que envolvem vários profissionais de diferentes áreas, devem se manter em sintonia por um objetivo em comum, de acordo com Coelho e Novaes (2008).

Segundo Callegari (2007), a compatibilização de projetos é a alternativa para se resolver parte dos erros gerados na etapa de projeto das edificações, buscando gerenciar os diferentes projetos da mesma edificação, tendo em vista o perfeito ajuste entre eles, diminuindo ao máximo os conflitos existentes e assim, simplificando a execução.

Por ser um sistema tão preciso que permitem poucas mudanças e diferenças do projeto para a execução, a compatibilização de projetos em LSF é de extrema importância. “Compatibilizar o projeto arquitetônico com as dimensões dos componentes de fechamento aperfeiçoando a modulação, especificar esquadrias, formas de fixação, folgas, compatibilizar as aberturas com a localização dos montantes e vários outros detalhes são essenciais para o desempenho satisfatório da construção”, conforme afirma o arquiteto Maurício Kokis (2019).

As decisões tomadas na fase de concepção de projeto correspondem a mais de 70% dos custos da construção, bem como um projeto mal elaborado é responsável por de 40% a 45% das falhas na execução de uma obra, como diz Kokis, por isso a importância do planejamento minucioso e da compatibilização dos projetos, para evitar infortúnios nas obras.

Uma residência unifamiliar construída utilizando o método Steel Framing foi tomada como modelo para a compatibilização de seus projetos. O projeto arquitetônico e os complementares disponibilizados serão modelados utilizando os softwares *QIBuilder* e *Revit*. O estudo tem como objetivo coletar dados a respeito do planejamento da edificação (projetos sanitário e hidráulico) e fazer uma análise, compatibilizando os projetos com a finalidade de apontar o problema do processo de idealização dos projetos executivos em Light Steel Frame (LSF).

Visando também apontar a acuidade do processo de compatibilização para a identificação de inconformidades muitas vezes incapazes de serem localizadas em modelos 2D apresentando a plataforma BIM como ferramenta de verificação e suas propriedades em uma residência em LSF, sendo

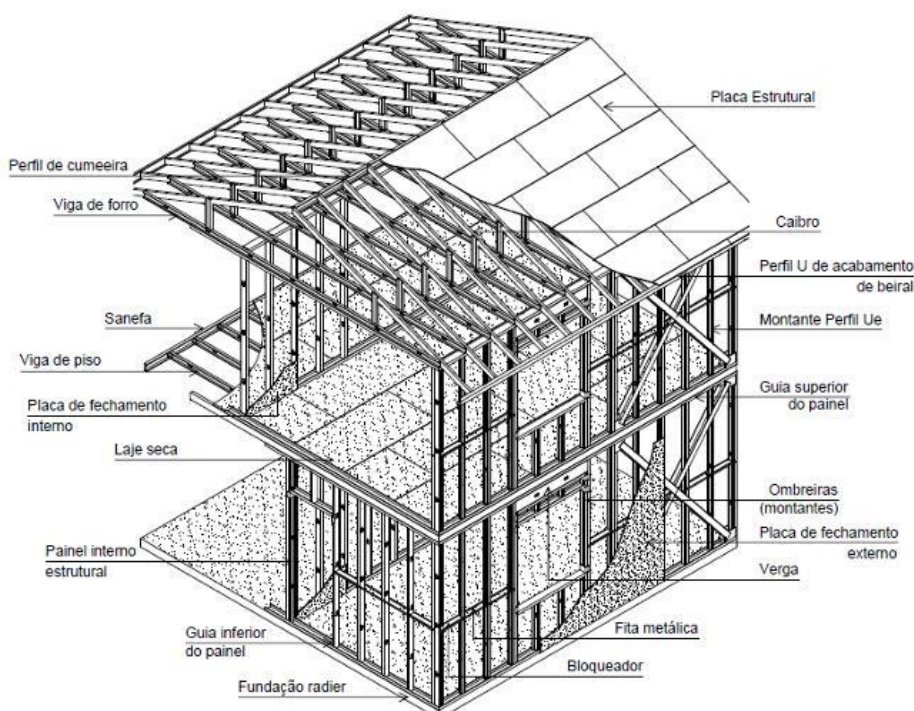
esse um método pouco aplicado no Brasil, acarretando em descuidos com os projetos complementares continuamente projetado como se fossem para residências em alvenaria.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 O QUE É O STEEL FRAME

O *Light Steel Frame* é um método construtivo que usa perfis de aço galvanizado para formar a estrutura de uma edificação. Esses perfis de aços são moldados a frio conforme especificados pela NBR 15253 (ABNT, 2014). Seu fechamento é feito por placas, como cimentícias, de madeira, *drywall*, etc. Sua estrutura é composta basicamente por: fechamento externo, isolantes termoacústicos e fechamento interno. “O *Steel Frame* é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento” (TECNE apud HASS E MARTINS, 2011, p.9).

Figura 1 - Desenho esquemático de estrutura em *Light Steel Frame*



Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012).

O sistema construtivo em aço leve (*Light Steel Framing*) proporciona soluções para as crescentes demandas e necessidades da sociedade, como menor geração de resíduos em sua fabricação, e leveza que facilita transporte e instalação.

O uso de *Steel Frame* representa uma solução alternativa cada vez mais interessante frente à necessidade de industrialização e racionalização da construção, pois permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios. (TECNE, 2008).

O sistema também é sustentável, porque é um método de obra menos poluente, e que não precisa de água. Além disso, utiliza menos energia elétrica na sua fase de construção e também depois na ocupação. De acordo com o engenheiro civil e diretor do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – Regional Campinas (SindusConSP) Marcio Benvenuti, o LSF *Steel Frame* ainda garante outras vantagens que podem poupar não só o meio ambiente, mas também o bolso do consumidor. Ao utilizar material reciclável, o modelo reduz a quantidade de resíduos, tal como o descarte, e mantém o canteiro de obras mais organizado, tornando a obra mais fácil de ser executada. Garantindo assim, manutenções mais práticas.

Na opinião de Moura (2019), para a Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, no sistema *steel frame* usa-se o aço na produção de perfis estruturais. O aço não é uma matéria-prima renovável como a madeira, mas é um material 100% reciclável. Quando algo feito em aço perde sua utilidade, não há necessidade de descarte no lixo. Ao reciclá-lo, é possível a geração de novas peças, assim, podendo dizer que há um ciclo do material.

Na visão de Pedrazzi (2017) da fabricante de perfis de aço Barbieri, a construção com Steel Frame oferece diversas vantagens importantes quando comparada à construção convencional, mas também requer uma abordagem distinta, já que a sua natureza não é idêntica as obras úmidas como a alvenaria.

2.2 HISTÓRIA DO STEEL FRAME

Apesar de no Brasil o *Light Steel Framing* (LSF) ainda ser considerado recente, esse sistema teve surgimento no início do século XIX nos Estados Unidos. Esse tipo de habitação começou com moradias de madeira pelos colonizadores quando nos EUA iniciaram a conquista por território. Devido ao grande e rápido crescimento populacional, foi necessário encontrar métodos construtivos mais produtivos para serem empregados nas construções das residências, utilizando os recursos disponíveis na região. A madeira então passou a ser o principal material estrutural dos edifícios, e assim permaneceu até os dias de hoje.

Em 1933, houve grande avanço da indústria metalúrgica nos EUA, em Chicago, e o primeiro protótipo de casa com perfis em aço, substituindo a madeira, foi lançado, que ainda hodiernamente permanece de pé. Ao fim da Segunda Guerra Mundial, houve um grande crescimento da economia americana e elevado crescimento na produção de aço, o que possibilitou a mudança dos perfis de madeira pelos de aço, que são mais leves e resistentes a intempéries.

Após esse início impulsivo, o steel frame passou a ser levado a sério profissionalmente, de acordo com um artigo realizado pela Decorlit Soluções Construtivas, estima-se que até o final dos anos 90, 25% das residências construídas nos Estados Unidos eram de steel frame. Nos anos seguintes, esse método passou a ser adotado em outros países também como Japão, Inglaterra, Austrália e Canadá.

2.3 STEEL FRAME NO BRASIL

O LSF chegou ao Brasil na década de 1990, com seus projetos voltados principalmente para edificações de médio e alto padrão, quebrando paradigmas culturais. Apesar de já ter se desenvolvido no país, tal sistema ainda passa por aceitação no mercado onde a cultura do tijolo e do cimento tem raízes fortes. Contudo, apesar de certa resistência, os componentes e perfis já são fabricados no país sem a necessidade de exportação, gerando até mesmo concorrência para empresas estrangeiras.

Peterson (apud CASTRO, 2007), conceitua o Steel Framing, também conhecido no Brasil como construção a seco, com o conhecimento de sua aplicação pelo mercado, detalhes e vantagens diante dos processos convencionais, este processo pode constituir-se em um dos principais sistemas para habitação do país, apresenta-se como solução para execução de residências em larga escala com as vantagens de uma obra industrializada, como mão de obra qualificada, otimização de custos e prazos, contenção de desperdícios, padronização, racionalização, produção em série, entre outros.

Hans e Martins (2017), alegam que “no Brasil, a construção civil ainda é predominantemente artesanal caracterizada pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício de materiais”. Desde 2014 o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) realizam pesquisas com fabricantes de aço galvanizado para *Light Steel Framing* e *Drywall* com o objetivo de delinear um cenário do segmento e acompanhar a evolução do setor. Na pesquisa realizada em 2018 comparando dados de 2016 e 2017, onde mais de 27 empresas no Brasil foram entrevistadas, constatou-se que a evolução do faturamento para produção de perfis de aço galvanizado foi de 15,7%.

2.4 PROCESSO DE PROJETO E EXECUÇÃO DO MÉTODO LSF

Mesmo que toda obra precise passar pelas fases de anteprojeto e projeto executivo, uma realidade constituída no país há bastante tempo são que nas obras mais tradicionais poucas vezes são realizados o projeto executivo, que são os projetos complementares, compostos de projeto elétrico, estrutural e hidrossanitário.

Muitos tópicos são deixados para serem definidos na hora da execução da obra. Assim são aceitas modificações de locação e tamanho de aberturas, locação de sanitários, disjuntores, pontos elétricos e inclusive modificações da planta de arquitetura. As consequentes mudanças durante o andamento podem redundar em demoras, desperdícios, etc., acarretando em maiores custos para o proprietário.

O *Steel Framing* necessita de um projeto definido e milimetricamente correto até o último detalhe. Devem definir-se os níveis de piso terminado, e isso sugere que também devam ser definidos os materiais dos revestimentos, os tamanhos exatos e locações das aberturas, e esquadrias, o nível do forro requerido, etc. Isso acarreta em investimento de mais tempo na execução do projeto, mas depois, assegura uma obra fluida, na qual as tarefas vão se sucedendo segundo o planejado, protegendo também o bolso do cliente de custos e dificuldades imprevistas. Não significa que mudanças não podem ser feitas, mas o comitente deve estar ciente que as mudanças além de atrasarem a obra, podem levar ao aumento do custo do plano original.

Como citado por Coelho (2014) em sua tese, um exemplo da importância da dependência de um projeto do outro é a utilização do *radier* como fundação por conta da leveza da estrutura, que gera um bulbo de tensões no solo menor em comparação a sistemas convencionais, que por sua vez, além da economia financeira, tem a grande vantagem de ser uma fundação que trabalha com o mesmo princípio da superestrutura, ou seja, o esforço distribuído.

Em sua tese, Coelho também cita que a grande diferença entre os projetos de instalação de uma obra de alvenaria convencional e uma em LSF são a quantidade de interferências provenientes da estrutura. É de extrema importância que essas interferências sejam planejadas no projeto de estrutura. Pela falta de compatibilização entre todos os projetos, tais interferências podem representar risco para a obra.

2.4 COMPATIBILIZAÇÃO PROJETUAL

A compatibilização projetual, como explica Fereguetti (2018), consiste em um modo de analisar todos os projetos que fazem parte de uma edificação e buscar solucionar os problemas e interferências existentes, assim há a integração de todos os sistemas, é como se todos os projetos fossem sobrepostos no intuito de encontrar irregularidades.

Compatibilizar os projetos pode gerar uma economia de 5% a 8% nos custos da obra. É uma alternativa para se resolver parte dos erros originados na etapa de projeto das edificações, buscando gerenciar e integrar os vários projetos de determinada obra, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, com o objetivo de minimizar os conflitos existentes, simplificando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra e pôr fim a manutenção (CALLEGARI, 2007).

A compatibilização pode ser feita de várias formas, como manual com projetos impressos, programas CAD 2D, modelos 3D e concepção de projetos em plataformas BIM. A importância de tal processo em obras que serão construídas usando o sistema *steel frame* é devido a sua montagem milimétrica de painéis e perfis, que dificilmente podem ser movidos, impedindo assim alterações de última hora na execução das edificações.

Quanto mais projetos passarem por esse processo, maior é o grau de acertabilidade na etapa construtiva e maior é o esclarecimento de informações passadas de um profissional para o outro. Cruz (2011) cita que para atingir um melhor resultado no processo de execução e planejamento das construções, é necessário investimento na padronização dos processos e uma conscientização dos profissionais do setor.

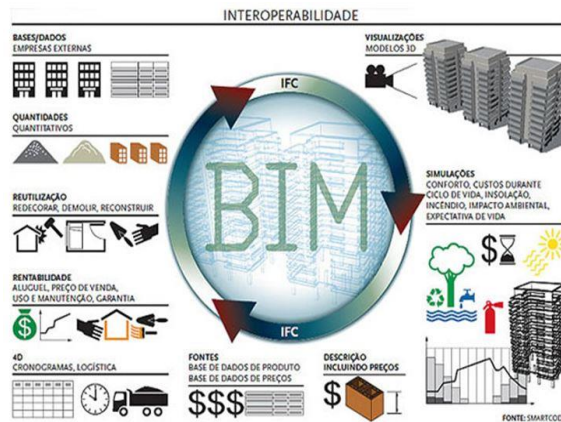
2.5 O USO DA PLATAFORMA BIM PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Novas tecnologias surgem a todo momento com o objetivo de facilitar cada vez mais as atividades que exigem um esforço significativo para serem executadas. Nesse mesmo campo novas inovações surgem na construção civil, promovendo automação, cooperação e segurança em seus

processos de planejamento e execução, como é o caso da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*).

O *National BIM Standards Committee* (NBIMS, 2007) define o BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Pode também ser definido como processo que começa com a criação de um modelo 3D inteligente e permitem ações de gerenciamento da documentação, coordenação e simulação em todo o ciclo de vida da construção antes de iniciarem os trabalhos no canteiro de obras.

Figura 2 - Aplicações do BIM



Fonte: Gestão de Projetos: O Bim nas Organizações (2016).

Do ponto de vista de Coelho e Novaes (2008), a tecnologia BIM ainda pode ser considerada ser uma nova evolução dos sistemas CAD (*computer aided design*), pois gerenciam as informações no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção, através de um banco de informações inerentes a um projeto, integrado à modelagem em três dimensões. A tecnologia propõe modelos paramétricos dos elementos construtivos, permitindo alterações simplificadas, ao contrário dos elementos criados em 2D.

“O uso do BIM traz benefícios desde a fase de concepção do empreendimento até a operação, por possibilitar uma visualização mais precisa do projeto, correções automáticas das mudanças feitas nele, geração automática dos desenhos 2D, compatibilização das diversas disciplinas do projeto, extração automática dos quantitativos, sincronização com o planejamento e melhor gerenciamento e operação das edificações” (EASTMAN *et al.*, 2014, p. 16-21).

2.5.1 O IFC E A PLATAFORMA BIM

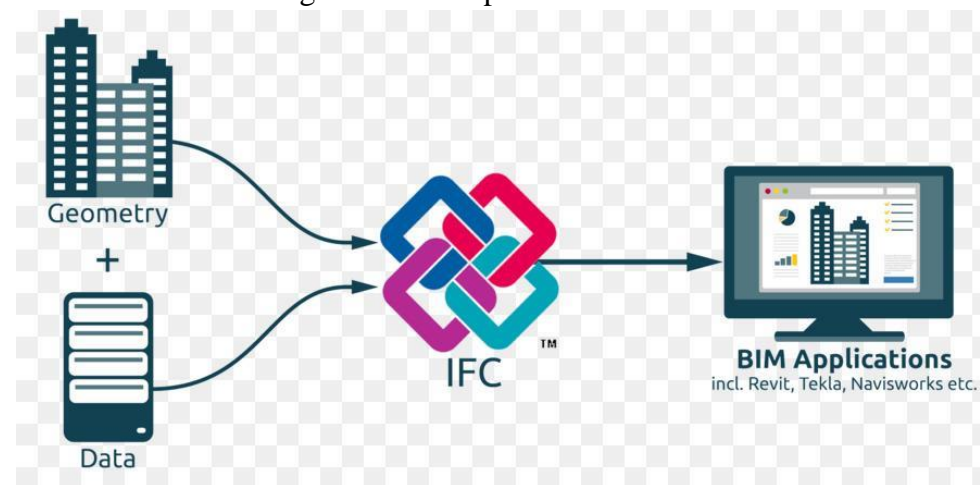
O *Industry Foundations Classes* (IFC) é um formato de arquivo desenvolvido pela *buildingSMART*®, que proporciona uma solução de interoperabilidade entre diferentes programas por

fornecer um padrão internacional e neutro para exportar e importar arquivos sem alterar suas propriedades.

Projetado para elaborar todas as informações sobre a construção, desde o anteprojeto até a fase final de execução, o IFC é uma das ferramentas principais na implantação da comunicação entre diferentes *softwares*. O formato baseia suas informações em semântica, relatórios e propriedades, e são categorizados como arquivos em imagem 3D, incluindo todos os elementos inseridos pelo autor original.

A *buildingSMART Internacional* estabeleceu um certificado que garante a exatidão dos elementos importados e exportados do IFC, assegurando a conformidade com as normas, e todos os *softwares* certificados podem trocar dados com outros programas. De acordo com dados fornecidos pela empresa, existem pelo menos 140 plataformas certificadas.

Figura 3 - Interoperabilidade



Fonte: BIM Community

2.5.3 Implantação da Plataforma BIM no Brasil

O Brasil está seguindo o fluxo mundial de modernização da construção, criando um mandato BIM de longo prazo, que permitirá que tanto o mercado como o setor público se adequem a essa realidade. Visando estimular crescimento e desenvolvimento da plataforma BIM e seus benefícios em âmbito nacional e incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM, o Governo Federal estabeleceu, por meio do decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal.

Determina o decreto, que entra em vigor no início de 2021, que o BIM será implantado de forma gradual, tendo sua primeira fase iniciada em primeiro de janeiro de 2021, onde deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do sistema. Nessa fase, o

BIM será aplicado na elaboração de modelos e na compatibilização dos modelos de arquitetura e engenharia, geração de documentação gráfica e extração de quantitativos.

A segunda fase terá início em janeiro de 2024, além das exigências da primeira fase, também é previsto realização de orçamentos, planejamento e o controle da execução de obras e a atualização de projetos e suas informações que tenham sido feitos utilizando a plataforma BIM. Na terceira e última, prevista para 2028, o BIM será aplicado em projetos, execução e gestão de obras, incluindo o gerenciamento e a manutenção do empreendimento após sua construção.

O documento oficializa o que o Decreto nº 9.377 estabeleceu em 2018, que foi o marco de dez anos para a adaptação do país a implementação do sistema BIM. Apesar da obrigatoriedade se estender somente a alguns órgãos públicos federais, o artigo deixa claro que qualquer entidade privada pode adotar a medida.

Para o engenheiro Francisco Gonçalves, engenheiro da AltoQi Tecnologia Aplicada a Engenharia, o processo mais comum atualmente para se compatibilizar um projeto é através da sobreposição das diferentes plantas e constatar a olho nu se existe alguma ingerência. Porém, além de desgastante, esse processo pode ignorar alguns erros que só aparecem em vistas tridimensionais.

“Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita o processo de projeto e construção mais integrado que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos” (EASTMAN *et al.*, 2014, p. 1). A tridimensionalidade já é muito empregada em projetos, porém somente como instrumento para demonstração volumétrica da edificação acabada, destinada a fins puramente estéticos.

Quando se produz num sistema convencional, os projetos de arquitetura são posteriormente complementados por planos de hidráulica, elétrica, paisagismo e uma série de outros projetos complementares; inclusive, os administrativos, que controlam compras, orçamento, cronogramas, pessoal, e assim por diante. Já com a modelagem em BIM, a ideia é que esses vários programas feitos com objetivos diferentes "conversem" entre si e indiquem soluções integradas automaticamente. Quando um encanamento previsto pelo *software* usado pelo projetista responsável pela hidráulica está projetado passando "por dentro" de uma viga do desenho de engenharia estrutural, a modelagem aponta automaticamente a incoerência, no caso a incompatibilidade. Isto é, cada desenho pode conter dados que dão indicações sobre materiais, orçamento e cronograma.

3 METODOLOGIA

A metodologia do estudo de caso baseou-se em uma revisão bibliográfica sobre a importância da compatibilização dos projetos arquitetônicos e complementares, principalmente em construções utilizando o método *Light Steel Frame*, pela complexidade da estrutura composta por inúmeros perfis de aço, além da utilização do sistema BIM para tal processo, por permitir uma simulação inteligente na gestão de informação

O modelo referencial utilizado é uma residência unifamiliar de alto padrão de dois pavimentos com 318,80m² em Alta Floresta - MT, no *Hamoá Resort Residencial*, construída por meio do método *steel framing*, preservando a identidade do autor do projeto. Na análise realizada, é feita a compatibilização dos projetos hidrossanitário, estrutural, e arquitetônico, identificando erros e adequações realizadas na execução da obra, que está na fase final de finalização, com o intuito de reparar as dificuldades encontradas no seguimento do projeto com coleta de dados, no caso os projetos, e apresentar possíveis soluções para as discordâncias encontradas.

3.1 RECURSOS COMPUTACIONAIS

Para melhor visualização dos projetos analisados, uma modelagem 3D utilizando softwares como *QIBuilder* 2020, *Revit* 2020 e *A360* da edificação, também foi usado o *AutoCad* 2016 para a configuração da planta baixa em 2D antes de ser exportada para o *QiBuilder*. A aplicação em programas de compatibilização foi realizada no intuito de melhorar a visualização da edificação quando todos os projetos estiverem compatibilizados. Exportando o arquivo IFC do *Revit* para os outros programas, mostrando assim possíveis erros e evidenciando também uma maneira a ser utilizada por outros profissionais de analisar os projetos de forma criteriosa.

3.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E OBSERVAÇÃO

A análise da compatibilização constitui-se no estudo de duas vertentes. A conformidade do projeto arquitetônico com os projetos complementares (sanitário e hidráulico) por meio da padronização da identificação e da representação gráfica dos elementos; e a verificação das incompatibilidades que se manifestaram através de conflitos geométricos e funcionais, com falhas de posicionamento de elementos construtivos tais como: tubulações colidindo com vigas e perfis metálicos e com outras tubulações.

A investigação dos projetos será organizada na forma de elaboração de tabelas de verificação para facilitar a identificação da não conformidade da padronização gráfica e as incompatibilidades funcionais e físicas dos elementos construtivos, detectando pontos de conflito. Uma vez detectado o conflito pode-se propor soluções para alcançar a conformidade ou tornar compatíveis os elementos construtivos nos projetos analisados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MODELAGEM 3D DA ESTRUTURA E EXPORTAÇÃO DO IFC

Três *softwares* de engenharia foram utilizados para a realização do projeto, cada um com suas propriedades e configurações, e que atuam de forma importante para diversas etapas necessárias. O *Revit* é um programa utilizado para projetos arquitetônicos e modelagem 3D das estruturas, mas também pode ser usado para projetos complementares. O *QiBuilder* é utilizado para o lançamento, cálculo e dimensionamento de projetos elétricos e hidrossanitários. O *AutoCad* foi usado para a melhor

visualização da planta baixa 2D dos projetos ao fazer a análise dos métodos de compatibilização somente em planta.

A modelagem tridimensional da residência realizada no *Revit* a partir do projeto original como toda a estrutura em *Steel Frame* é a base para o lançamento dos projetos complementares, utilizando o arquivo em formato IFC exportado do *Revit* com todas as suas características e propriedades como referência.

Figura 4 - Estrutura de Steel Frame no Revit



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

No programa *QiBuilder*, onde foram lançados todos os projetos complementares respeitando os níveis, esquemas de lançamento e posições do projeto original, somente através da visualização da planta baixa, não foi possível encontrar nenhuma inconformidade ou colisão entre os elementos construtivos

Exportando o arquivo IFC para o *QiBuilder* e compatibilizando todos os projetos juntos na plataforma a partir do mesmo ponto de origem, foi possível visualizar de forma clara todos os sistemas lançados em conjunto com a estrutura feita anteriormente no *Revit* com todas as propriedades e características selecionadas anteriormente, e identificar as discrepâncias. Todos os sistemas estão identificados com diferentes cores e representados graficamente de maneira realista, como mostra a figura a seguir.

Figura 5 - Projetos compatibilizados



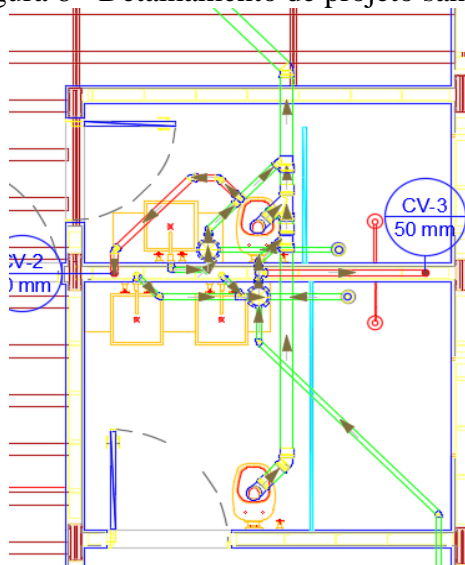
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

4.2 COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO SANITÁRIO

O Sistema de Esgoto Sanitário trata da disposição final dos resíduos em um conjunto de fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro e caixa de gordura.

Lançando o projeto sanitário no software *QiBuilder*, seguindo o esquema de lançamento, posições de louças, encanamentos e caixas sanitárias do original na planta baixa exportada em formato DWG, que é o formato nativo de arquivo para o *software AutoCad*, da *AutoDesk*, do modelo, não foi possível identificar nenhuma colisão ou interferência no modelo 2D como observado na imagem a seguir.

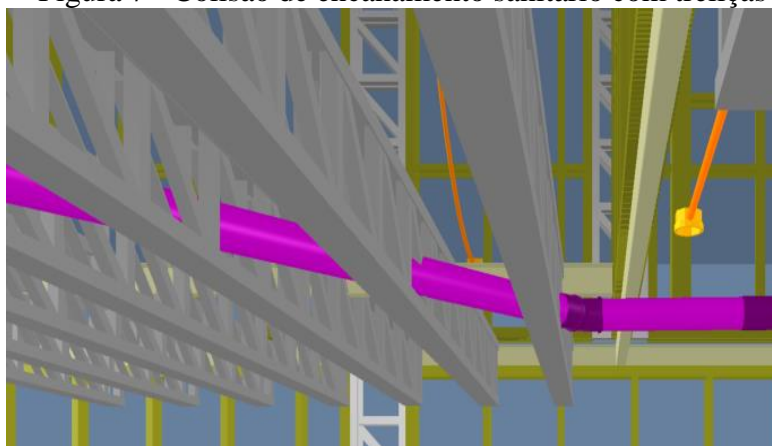
Figura 6 - Detalhamento de projeto sanitário



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

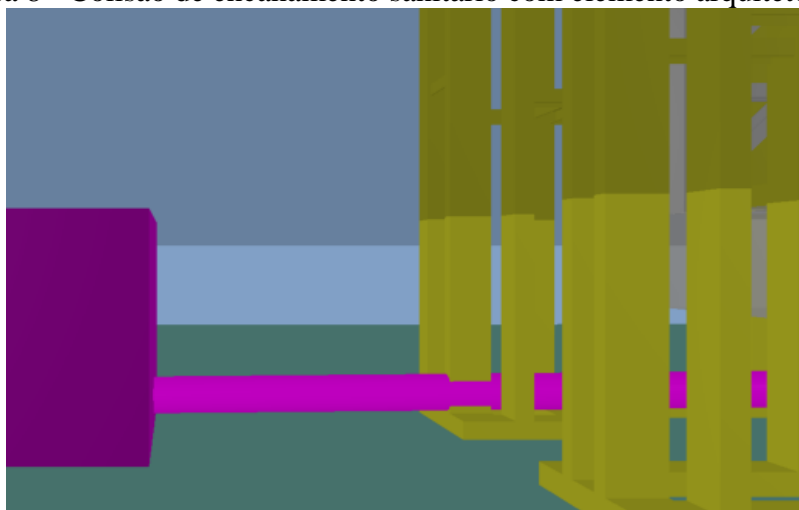
Ao exportar o arquivo em formato IFC do *Revit* e importá-lo no *QiBuilder* para a visualização e compatibilização, foi possível localizar através da ferramenta “verificar colisões” 127 inconformidades no total, sendo 27 no pavimento superior e 100 no pavimento térreo. Algumas discordâncias são de fácil modificação, enquanto outras exigem a apresentação de alternativas mais viáveis, como a imagem abaixo, onde a tubulação por fazer ângulos de 45 graus no traçado até o tudo de queda colide com os banzos das treliças metálicas da estrutura.

Figura 7 - Colisão de encanamento sanitário com treliças



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 8 - Colisão de encanamento sanitário com elemento arquitetônico



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na Tabela 1 são apresentados os itens adotados na verificação da conformidade entre o projeto estrutural, arquitetônico e projeto sanitário, tais como: Escala, cores, prumada das colunas e tubulação horizontal. Os projetos analisados apresentaram inconformidades com a disposição dos perfis e treliças estruturais. A identificação das tubulações dos diferentes projetos por cores foi feita automaticamente pelo programa, utilizando a cor roxa para o sistema sanitário (tubulações e caixas de gordura e de inspeção) no modelo tridimensional.

Entre as soluções propostas para os problemas detectados estão a mudança do traçado do encanamento, adição de novos tubos de queda onde não há necessidade de ângulos que não sejam de 90 graus, o desvio da tubulação de modo a não interferir em outro elemento bem como a mudança do nível em que se encontram, e até mesmo a mudança de lugar das louças utilizadas, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Verificação da conformidade do projeto estrutural e arquitetônico com o projeto sanitário

ITEM	SUBITEM	STATUS	CONFORME	CONFLITOS	SOLUÇÕES
Escala	Projetos		X		
Layers/Cores	Cores		X		
Prumada	Detalhamento	Esgoto		Colisão de tubulação com treliças (pav superior) e perfis metálicos e elemento arquitetônico;	Mover o nível da tubulação para baixo da treliça; mover tudo de queda; mover traçado;
		Ventilação	X		
Tubulação Horizontal	Detalhamento	Esgoto		Colisão com perfis metálicos;	Mover tubulação;
		Ventilação	X		

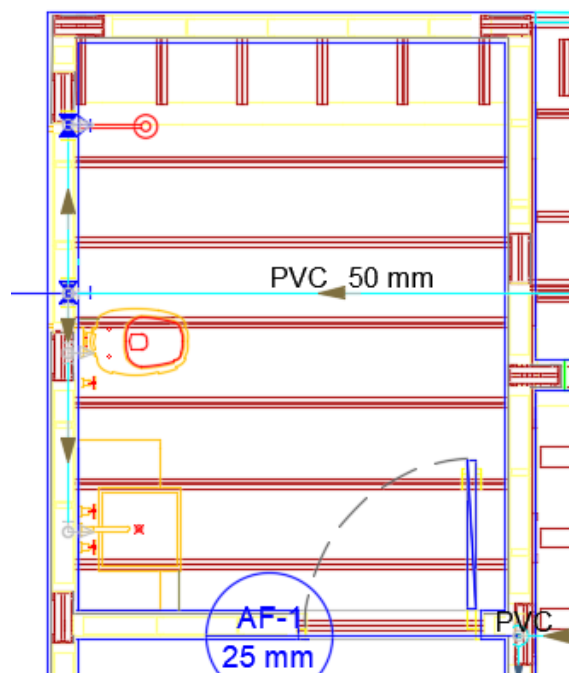
4.3 COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO HIDRÁULICO

O Sistema de Abastecimento de Água foi dimensionado para conter água potável e armazenada em dois reservatórios superior de fibra de vidro com capacidade de 1.000 litros cada um, localizado a aproximadamente 7 metros do primeiro nível. Os diâmetros utilizados variam entre 25mm e 50mm.

As tubulações e colunas hidráulicas no projeto pelo software *QiBuilder* foram lançadas conforme o projeto original, seguindo o mesmo esquema de lançamento, níveis e posição da caixa d'água. O exemplo de detalhamento em planta baixa 2D abaixo não apresenta nenhuma discrepância aparente entre os elementos, tais diferenças só podem ser observadas na modelagem 3D.

Contém a posição das colunas, louças e traçado horizontal, assim como a representação gráfica dos perfis e treliças metálicos, posição das esquadrias, portas e identificação do diâmetro pretendido para o esquema como sentido da água. A utilização das cores foi gerada automaticamente pelo programa, usando a cor marrom para o sistema hidráulico.

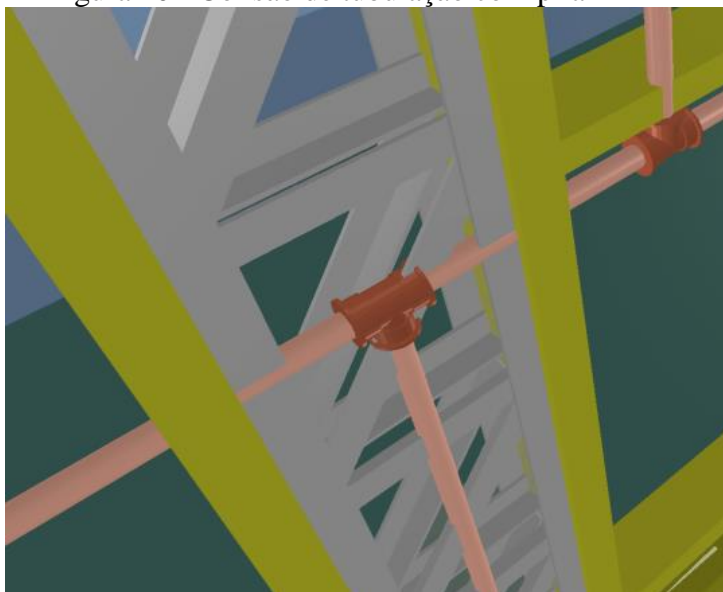
Figura 9 - Detalhamento hidráulico em planta baixa



Fonte: Elaborado pelo autor

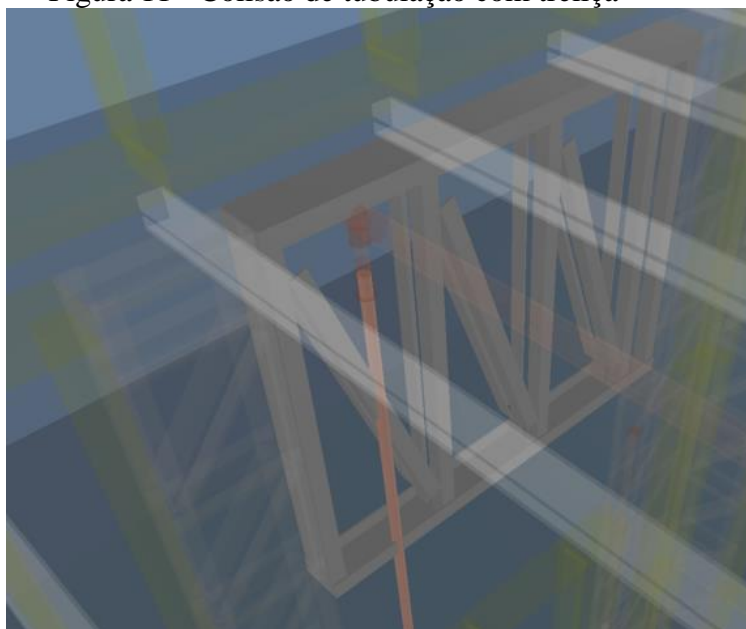
Ao compatibilizar o projeto sanitário com o arquitetônico e estrutural foram encontradas 27 inconformidades no pavimento superior e 107 no pavimento térreo, sendo elas colisões com pilares metálicos e perfis metálicos estruturais como pode ser observado pelos exemplos abaixo.

Figura 10 - Colisão de tubulação com pilar



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 - Colisão de tubulação com treliça



Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela de verificação da conformidade a seguir possui, novamente, colunas na qual possibilitam a descrição das análises, a visualização dos elementos conflitantes, bem como, as propostas para possíveis soluções. A utilização das cores foi gerada automaticamente pelo programa, usando a cor marrom para o sistema hidráulico.

Algumas soluções propostas são a mudança dos tubos de queda de modo a evitar os elementos estruturais e outros elementos da estrutura, a mudança no traçado da tubulação e mudança dos níveis em que foram posicionados os encanamentos horizontais, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Verificação da conformidade do projeto estrutural e arquitetônico com o projeto hidráulico

ITEM	SUBITEM	STATUS	CONFORME	CONFLITOS	SOLUÇÕES
Escala	Projetos		X		
Layers/Cores	Cores		X		
Prumada	Detalhamento	Água Fria		Colisão de tubulação com pilares e perfis metálicos;	Mover tudo de queda;
Tubulação Horizontal	Detalhamento	Água Fria		Colisão com perfis metálicos;	Mudar traçado da tubulação;

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi realizada a análise do estudo de caso de uma residência unifamiliar construída com o método *Light Steel Frame* (LSF). Com isso, foi usado como base revisão teórica sobre o método construtivo apresentado, seu processo de execução e a importância da compatibilização de projetos para um sistema mais complexo que o convencional em alvenaria, mais utilizado

atualmente no país, e como esse processo é realizado usando a plataforma BIM e suas propriedades na análise de interferências dos elementos, foi possível realizar a compatibilização da residência e identificar desconexões entre os projetos sanitário e hidráulico.

Portanto, a eficiência no processo de compatibilização e a responsabilidade dos profissionais, seja no gerenciamento ou desenvolvimento do projeto, adquiriu relevância na aplicação do método da pesquisa. Com base nas informações descritas neste trabalho, as questões como o planejamento e elaboração dos projetos através de plataformas inteligentes como o BIM e com sua interoperabilidade disponível para comunicação entre programas que possibilitam diferentes funções se mostraram eficiente.

REFERENCIAS

ABOUT THE nacional BIM standards – United States. Disponível em: <<https://www.nationalbimstandard.org/about>> Acesso em: 13, novembro 2020.

BENVENUTTI, Marcio. **Steel frame e tendência de construção sustentável**. AECWeb. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/a/steel-frame-e-tendencia-de-construcao-sustentavel_15976> Acesso em: 07 maio 2020.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007.160 f. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CHAGAS, L. S. V. B. *et al.* **Gestão da tecnologia: uso do sistema BIM para a compatibilização de projetos**, 2015. XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza. p 4.

COELHO, André Santos Ribeiro. **Light steel frame** - recomendações de projeto, processo construtivo e detalhes orçamentários. Brasília, 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/natal/Downloads/LIGHT+STEEL+FRAME+-+repositorio.uniceub.br.pdf>> Acesso em: 08 maio 2020.

COELHO, S. B. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de informações para construção (BIM) e ambientes colaborativos para a gestão de projetos na construção civil**. In: VII WOSKSHOP BRASILEIRO – GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE 89 EDIFÍCIOS. Gestão de projetos no Brasil e no Mundo. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 2008.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Ouro Preto: Bookman, 2013.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FEREGUETTI, Larissa. **O que é compatibilização de projetos.** A Arquitetura, 2018. Disponível em: <<https://www.aarquitectura.com.br/blog/o-que-e-compatibilizacao-de-projetos/>> Acesso em: 07 maio 2020.

GIORDANI, Ronaldo. **Quando o steel frame chegou ao Brasil e sua história.** Steel Frame Brasil, 2019. Disponível em: <<http://steelframebrasil.com.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-e-sua-historia/>> Acesso em: 07 maio 2020.

GONÇALVES, Francisco. **Os processos de compatibilização de projetos na construção civil,** 2016. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil/>> Acesso em: 10 nov. 2020.

MARSICO, M.L. *et al.* Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações, 2017. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41

MOURA, Tiago Rodrigues Coelho de. Construção sustentável de casas populares: steel frame e wood frame. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 04, ed. 3, v. 6, pp. 15-29, mar. 2019. ISSN: 2448-0959.

O QUE É COMPATIBILIZAÇÃO de projetos para light steel frame. Projeto Habite, 2019. Disponível em: <<http://projetoHabite.com.br/o-que-e-compatibilizacao-de-projetos-para-light-steel-frame/>> Acesso em: 25 maio 2020.

PEDRAZZI, Francisco. **Steel framing:** a importância do planejamento, 2017. Disponível em: <<http://blog.barbieridobrasil.com.br/steel-framing-a-importancia-do-planejamento/>> Acesso em: 07 maio 2020.

POMARO, Heloísa. Equívocos sobre a construção a seco. **Revista Sistemas Prediais**. 17. ed., 2010.

ROCHA, Pabliny Paiva da. Steel Frame: Tecnologia na construção civil. **Revista Científica FacMais**. Ano 2017/1º Semestre. pp. 225-228. ISSN 2238- 8427.

UM BREVE RESUMO sobre a origem do steel frame. Decorli soluções construtivas, 2019. Disponível em: <<https://decorlit.com.br/um-breve-resumo-sobre-a-origem-do-steel-frame/>> Acesso em: 07 maio 2020.

PEREIRA, Caio. **O que é Steel Frame**, 2014. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>> Acesso em: 10 nov. 2020.

WHAT IS THE IFC archive model, 2014. Disponível em: <<https://technical.buildingsmart.org/>> Acesso em: 10 nov. 2020.