

6. Conclusão e sugestões para trabalhos futuros

6.1. A modelagem paramétrica e benefícios da metodologia BIM

Este trabalho demonstrou alguns dos benefícios da modelagem paramétrica 3D em relação à metodologia 2D tradicional através da modelagem de um projeto convencional. Foi possível observar como o modelo paramétrico 3D unifica as informações de projeto de forma muito mais consistente do que a metodologia tradicional onde a informação é transmitida usando apenas documentos 2D. Também foi percebido que na metodologia tradicional 2D, o acesso à informação é muito mais trabalhoso e demorado devido a quantidade de documentação desconexa.

A principal dificuldade encontrada durante a modelagem foi encontrar os objetos 3D parametrizados que correspondessem aos mesmos componentes do projeto original fornecido em 2D. Objetos como portas, janelas, eletrocalhas, conexões de dutos que foram adaptados ou substituídos por elementos da biblioteca brasileira fornecida pela *Autodesk* que é derivada da biblioteca americana. Isso aconteceu porque a área de construção civil no Brasil ainda está muito mais atrasada em relação a utilização da metodologia BIM quando comparado a outros países como os EUA e o Reino Unido que já vêm mostrando grandes avanços na utilização do BIM.

Outro fator que foi constatado neste trabalho é que o tempo gasto para um projeto que utiliza a metodologia BIM é maior nas fases iniciais, isto é, no projeto básico e detalhado. Isso ocorre, pois a quantidade de informação a ser inserida ao é maior.

Este trabalho demonstrou que em um projeto realizado da maneira convencional utilizando o CAD 2D é suscetível a erros como as interferências mostradas na seção 4.5.6. Essas interferências são difíceis de perceber em um ambiente 2D e na maioria das vezes elas só irão ser detectadas durante a fase de construção. Observou-se também nesse trabalho que o projeto convencional formado por diversos desenhos 2D independentes é favorável à erros e inconsistências, pois em apenas um desenho não é possível visualizar com clareza muitos detalhes. Na metodologia convencional, não é possível a detecção automática de interferências já que os documentos são independentes

e os objetos não são parametrizados. Através da utilização do modelo paramétrico 3D desenvolvido neste trabalho, ficou demonstrado que além de possuir uma capacidade de visualização avançada que se assemelha ao ambiente real, é possível usar ferramentas computacionais que realizam verificações automáticas e acusam a existência de interferências. Essas vantagens além de melhorar a qualidade do projeto, certamente poupam muitas horas de revisões e evitam a propagação de erros.

Observou-se que os projetos de instalações em 2D fornecidos foram elaborados com poucos detalhes. Isso dificultou o trabalho de modelagem, pois as informações necessárias para a modelagem 3D não estavam disponíveis. Isso levaria muitas das tomadas de decisão serem tomadas durante a montagem das instalações sem planejamento prévio. Este trabalho mostrou que muitas das interferências detectadas devido ao uso da metodologia convencional, não teriam ocorrido se a metodologia BIM tivesse sido usada. Pode-se concluir também que a utilização da metodologia BIM é melhor aproveitada quando o projeto é pensado desde o início de forma tridimensional. Dessa maneira o projetista pode considerar maiores detalhes desde o início do projeto evitando a falta e omissões de informações.

A utilização de uma ferramenta de análise de interferência é indispensável quando se adota a metodologia BIM. Quando as informações de diversas disciplinas se unificam em um modelo paramétrico 3D, a complexidade do projeto aumenta e dificulta a capacidade de visualização. Portanto, ficou evidente neste trabalho que não seria possível visualizar todas as interferências apenas navegando no ambiente 3D sem o auxílio da análise de interferência. A tendência é que os novos projetos sejam cada vez mais complexos, com formas cada vez mais diversificadas. Portanto, baseando-se nesse estudo, pode-se concluir que as ferramentas modelagem paramétrica 3D e análises de interferência serão indispensáveis para as futuras demandas.

No presente trabalho foi avaliada a integração entre a plataforma BIM *Revit* (2012) e a ferramenta de análise estrutural *Robot* (2012). Ficou evidente que a integração entre esses programas é possível, porém, quanto mais complexa a estrutura, mais dificuldades de integração foram observadas. Nos estudos feitos com pórticos simples a integração foi eficiente, prática e não apresentou erros durante a análise estrutural. No modelo do projeto fornecido em questão, alguns erros foram gerados no *Robot* o que impediu que a análise estrutural fosse realizada nas primeiras tentativas. Foram necessárias algumas adaptações manuais e aproximações em relação ao modelo analítico “ideal” para que esses

erros não ocorressem durante a análise estrutural. Por exemplo, concluiu-se que em estruturas complexas o posicionamento do eixo analítico no centróide da barra só é possível com a utilização de *offsets*. Nos estudos feitos ficou claro que a modelagem utilizando *offsets* poderá apresentar momentos um pouco maiores no topo e na base dos pilares quando comparado a um modelo sem *offsets*. Porém os momentos nas vigas com *offset* ficam próximos ao modelo convencional utilizado tradicionalmente em análises de estruturas. Apesar dessas diferenças nos pilares, a utilização dos *offsets* é a solução que apresenta as melhores aproximações para a integração de estruturas complexas provenientes do *Revit* e exportadas para o *Robot*. Conclui-se também que é melhor utilizar a opção "*Use drawing model offsets as analytical*" que durante a exportação do *Revit* para o *Robot*, são inseridos automaticamente os *offsets* nas vigas. Isso torna a integração entre os programas mais eficiente e facilita o trabalho do projetista.

Também foi mostrado que a prática de subdividir os pilares por pavimento não interfere nos resultados da análise estrutural. Essas subdivisões foram realizadas conforme o procedimento de modelagem indicado pela *Autodesk*. Foi necessário deixar os pilares inteiros nos pontos onde ocorreram os problemas de pilares sobrepostos vistos na seção 5.2.1.

Outra funcionalidade do *Revit* que também pode ser causadora de problemas de elementos sobrepostos é a utilização dos "*Rigid Links*". Conclui-se que é mais eficiente gerar os "*Rigid Links*" automaticamente no *Robot* durante a exportação. Os "*Rigid Links*" do *Revit* só são necessários nas vigas situadas nos limites das lajes. Eles são necessários para que o eixo analítico das vigas nas bordas das lajes fique perfeitamente alinhado com os limites do elemento de placa de cada laje. Com isso é possível obter melhores resultados na geração da malha da placa.

6.2.Sugestão para trabalhos futuros

A metodologia BIM abrange conhecimentos vastos na área de AEC, desde funcionalidades das ferramentas computacionais à metodologias de gestão da informação por todo o ciclo de vida de um empreendimento. Portanto, existem muitas áreas a serem exploradas. Este trabalho avaliou a modelagem paramétrica da fase de projeto de um empreendimento, isto é apenas o ponto de partida da metodologia BIM. Os temas que podem ser aprofundados são os seguintes:

- Formato IFC - O formato IFC está em processo de aperfeiçoamento, os programas CAD/BIM cada vez mais se adaptam ao formato de interoperabilidade. Há uma necessidade de entender o funcionamento desse formato e realizar integrações práticas utilizando este padrão.
- A criação de bibliotecas de objetos nacionais - Como foi mostrado neste trabalho, um dos impedimentos para que a metodologia BIM alavanque no Brasil é a falta de conhecimento em relação à criação de objetos. É necessário que esse conhecimento cresça para que a biblioteca de objetos brasileira se expanda.
- Interoperabilidade - É importante estudar a capacidade de interoperabilidade entre diferentes ferramentas computacionais envolvidas nos diversos tipos de análise, provenientes de fornecedores de diferentes empresas. Essa avaliação é importante para que as projetistas possam escolher as ferramentas computacionais que melhor se adéquam a metodologia BIM e com isso, criar os seus fluxos de trabalho.
- Customização das ferramentas computacionais - Pode-se avaliar a capacidade de customização dos *softwares*, criação de regras e funcionalidades que aprimorem o trabalho dos projetistas no mercado.
- Gestão da informação durante todo o ciclo de vida - Para que o alcance real da metodologia BIM possa ser medido, é necessário considerar também as fases de operação, reforma e até demolição. Esse estudo só pode ser feito a partir da gestão da informação de um empreendimento já existente.