



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Emilio Bier Marostega

PROJECT TRACKER: UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL
PARA CAPTURA DE DADOS DO PROCESSO DE PROJETO EM BIM

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2020

EMÍLIO BIER MAROSTEGA

**Project Tracker: uma ferramenta computacional para captura de dados do
processo de projeto em BIM**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Design da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito de a obtenção do título
de Mestre em Design

Orientadora: Profa. Dra. Underléa Miotto
Bruscato

Porto Alegre

2020

CIP - Catalogação na Publicação

MAROSTEGA, EMILIO BIER
PROJECT TRACKER: UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL
PARA CAPTURA DE DADOS DO
PROCESSO DE PROJETO EM BIM / EMILIO BIER MAROSTEGA. --
2020.
104 f.
Orientadora: Underléa Miotto Bruscato.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Processo de Projeto. 2. Esforço de projeto. 3.
BIM. 4. Revit. 5. Programação. I. Bruscato, Underléa
Miotto, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

Emílio Bier Marostega

**PROJECT TRACKER: UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL
PARA CAPTURA DE DADOS DO PROCESSO DE PROJETO EM BIM**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovado em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 18 de dezembro de 2020.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design (UFRGS)

Banca Examinadora:

Orientadora: **Profa. Dra. Underléa Miotto Bruscato**

Programa de Pós-Graduação em Design – UFRGS

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Programa de Pós-Graduação em Design – UFRGS – Examinador Interno

Profa. Dra. Luciana Inês Gomes Miron

Departamento de Arquitetura – DARQ – Examinador Externo

Profa. Dra. Mariana Pohlmann de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Design – UFRGS – Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram presentes durante o período de elaboração deste trabalho e que contribuíram para a sua conclusão de forma direta ou indireta.

Em especial, agradeço ao meus pais por terem fornecido a base que possibilitou a minha construção e pela compreensão durante os períodos mais difíceis.

À Carol, pela parceria durante todos estes anos, mas principalmente, neste ano conturbado de 2020, cheio de mudanças e aprendizados.

Aos amigos que literalmente forneceram uma mudança de ares, Portella, Moura e especialmente, Alban, nesta reta final. Ao Netto, que proporcionou direcionamento no trabalho e na *dropship*. Ao Cainã, pelos momentos marcantes.

À orientadora Dra. Underléa Miotto Bruscato pelo apoio e motivação desde o início do mestrado.

À UFRGS por oferecer um ensino público de excelência e à CAPES por ser a principal mantenedora dos programas de pós graduação.

Aos professores, profissionais e colegas que forneceram *feedback* durante o desenvolvimento do Project Tracker.

RESUMO

No desenvolvimento de projetos, o atendimento dos prazos definidos é um fator decisivo para seu sucesso. No entanto, independentemente da indústria na qual está inserido, os atrasos em projetos são comuns devido à erros de planejamento devido à subestimação do esforço e do tempo necessários para a conclusão das tarefas que compõe o projeto. Esta subestimação do esforço de projeto está diretamente ligada ao modo subjetivo através do qual as estimativas são realizadas, resultando em planejamentos demasiadamente otimistas. Neste cenário, a utilização de métodos quantitativos se mostra uma solução para a obtenção de estimativas de esforço mais objetivas e precisas, no entanto, sua utilização é limitada devido às dificuldades e aos custos envolvidos na coleta dos dados necessários para a utilização destes métodos. Esta pesquisa, através da metodologia da *Design Science Research*, propõe, desenvolve e avalia uma ferramenta denominada Project Tracker, distribuída abertamente, que busca facilitar a coleta de dados referentes ao processo de desenvolvimento de projetos de construção. O tema da pesquisa é delimitado ao ramo de projetos de engenharia e arquitetura, que está passando por uma grande transformação devido à crescente adoção da modelagem da informação da construção (*Building Information Modelling – BIM*) na indústria, o que representa uma mudança de tecnologia e de metodologia na elaboração dos projetos. Considerando a disseminação do BIM na indústria da construção, esta pesquisa apresenta como os dados referentes ao processo de projeto podem ser registrados de maneira automatizada com a ferramenta desenvolvida e como eles podem ser utilizados para um entendimento mais objetivo sobre o esforço envolvido no desenvolvimento de projetos nesta indústria.

Palavras-chave: Processo de Projeto; Esforço de projeto; Estimativa de esforço; BIM; Revit; Programação.

ABSTRACT

In project development, meeting the defined deadlines is a decisive factor for your success. However, regardless of the industry in which it operates, project delays are common due to planning errors due to underestimating the effort and time required to complete the tasks that make up the project. This underestimation of the project effort is directly related to the subjective way in which the effort estimates are made, resulting in overly optimistic planning. In this scenario, the use of quantitative methods proves to be a solution for obtaining more objective and accurate effort estimates, however, their use is limited due to the difficulties and costs involved in collecting the data necessary to use these methods. This research, using the methodology of Design Science Research, proposes, develops, and evaluates a tool named Project Tracker, (openly distributed) which seeks to facilitate the collection of data related to the development process of construction projects. The research theme is limited to the branch of engineering and architecture projects, which is undergoing a major transformation due to the growing adoption of Building Information Modeling (BIM) in the industry, which represents a change in technology and methodology in the elaboration of projects. Considering the dissemination of BIM in the construction industry, this research presents how the data related to the design process can be registered in an automated way with the developed tool and how they can be used for a more objective understanding of the effort involved in the development of projects in this industry.

Keywords: Design process; Design effort; Effort estimate; BIM; Revit; Programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produtividade na construção vs. outras indústrias.....	23
Figura 2 – Ciclo de vida de uma edificação	27
Figura 3 – Interação entre elementos BIM	29
Figura 4 – Representação consistente de um elemento em diferentes vistas ..	29
Figura 5 – Distribuição do esforço de projeto e capacidade afetar os resultados	32
Figura 6 – Modelagem de vedações em diferentes LoDs	35
Figura 7 – Painel de visualização dos dados registrados em uma plataforma de registro de tempo.....	37
Figura 8 – Interpretação da nota SUS em diferentes escalas	48
Figura 9 – Captura de tela da IDE Microsoft Visual Studio	50
Figura 10 – Faixa de botões no Revit©	52
Figura 11 – Faixa de botões criados	52
Figura 12 – Detecção de atividade	57
Figura 13 – Mensagem de lembrete	57
Figura 14 – Tela de configurações	58
Figura 15 – Entrada manual de dados – antes e depois	60
Figura 16 – Tela de configurações – antes e depois	62
Figura 17 – Tela de registros manuais	63
Figura 18 – Mudanças no lembrete para iniciar o registro de atividades	64
Figura 19 – Mudanças no aviso de inatividade	65
Figura 20 – Botão e janela para visualização de dados	66
Figura 21 – Visualização de gráfico de barras	67
Figura 22 – Visualização de gráfico de área	68
Figura 23 – Visualização do tempo por pranchas	69
Figura 24 – Exemplos de códigos com “if” e “try e catch”	71
Figura 25 – Mensagem de convite para participação do questionário	72
Figura 26 – Partes dos arquivos de recursos elaborados para a tradução	73
Figura 27 – Plug-in publicado na Autodesk App Store	74
Figura 28 – Página inicial do site ProjectTracker.com.br	75
Figura 29 – Assistente de importação CSV do Excel	77
Figura 30 – Dados formatados como tabela filtrados por usuário	78
Figura 31 – Relatório de horas e custos elaborado no Excel©	79
Figura 32 – Dashboard resumo individual	80

Figura 33 – Dashboard resumo da equipe	81
Figura 34 – Dashboard detalhado de projeto	82
Figura 35 – Exploração dos dados através da interatividade com os gráficos ...	83
Figura 36 – Dashboard comparativo entre projetos	84
Figura 37 – Dados de download do Project Tracker	85
Figura 38 – Contexto de uso do Project Tracker	86
Figura 39 – Principal ferramenta de registro e controle de horas	87
Figura 40 – Cargo e tempo de trabalho no Revit© dos usuários	88
Figura 41 – Disciplinas de projeto monitoradas com o Project Tracker	89
Figura 42 – Interpretação do SUS do Project Tracker	91
Figura 43 – Relevância dos dados registrados	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definição de requisitos da solução a ser desenvolvida	45
Quadro 2 – Principais fontes consultadas durante o desenvolvimento: API Revit©	51
Quadro 3 – Informações extraídas do modelo BIM	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontuação das perguntas do SUS	90
---	----

LISTA DE SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

API – *Application Programming Interfaces*

ASCE – *American Society of Civil Engineers*

BI - *Business Intelligence*

BIM – *Building Information Modelling*

CAD – *Computer Aided Design*

CoCoMo – *Constructive Cost Model*

CPM – *Critical Path Method*

CSV – *Comma-separated Values*

CumInCAD – *Cumulative Index about Publications in Computer Aided Architectural Design*

DSR – *Design Science Research*

IDE – *Interface Development Environment*

LoD – *Level of Detail*

NBIMS-US V3 – *National Institute of Building Sciences-United States Version 3*

PATRICIA – *Practical Algorithm to Retrieve Information Coded in Alphanumeric*

PDA – *Personal Digital Assistant*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PIB – Produto Interno Bruto

PMI – *Project Management Institute*

SDK – *Software Developer Kit*

SNA – *Social Network Analysis*

SUS – *System Usability Scale*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTO	10
1.2 RELEVÂNCIA	12
1.3 OBJETIVO	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 O PROCESSO DE PROJETO E O TEMPO	15
2.1 ESTIMATIVA DO ESFORÇO DE PROJETO	16
2.2 MEDINDO O PROCESSO DE PROJETO	18
3 O PROCESSO DE PROJETO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	23
3.1 UM BREVE PANORAMA DA INDÚSTRIA	23
3.2 BUILDING INFORMATION MODELLING	26
3.2.1 O BIM como ferramenta de projeto	28
3.2.2 O BIM nos escritórios de projeto	31
3.2.3 O esforço de projeto	33
3.3 COLETA AUTOMATIZADA DE DADOS SOBRE O PROCESSO DE PROJETO	36
3.3.1 Log mining	38
3.3.2 Criação de plug-ins	40
4 METODOLOGIA	43
4.1 DEFINIÇÃO E COMPREENSÃO DO PROBLEMA	43
4.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO	44
4.3 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO	45
4.4 ANÁLISE DA SOLUÇÃO	46
5 DESENVOLVIMENTO	49
5.1 PROTÓTIPO FUNCIONAL	49
5.1.1 Utilizando o guia “Meu primeiro plug-in de Revit®”	49
5.1.2 Interface do usuário	51
5.1.3 Identificando dados de interesse	53
5.1.4 Registrando os dados	54
5.1.5 Monitoramento do usuário	56
5.1.6 Tela de configurações	58
5.1.7 Conclusão e considerações sobre a etapa	58
5.2 VERSÃO DE TESTES	59
5.2.1 Entradas manuais de dados	59

5.2.2 Seleção da pasta de armazenamento dos dados	61
5.2.3 Adição manual de horas	62
5.2.4 Melhoria de usabilidade	64
5.2.5 Visualizador de dados	65
5.2.6 Conclusão e considerações sobre a etapa	69
5.3 VERSÃO DE DISTRIBUIÇÃO	70
5.3.1 Tratamento de erros	70
5.3.2 Convite para o questionário	71
5.3.3 Suporte para múltiplos idiomas	72
5.3.4 Publicação do <i>plug-in</i>	73
5.3.5 Site e divulgação	74
5.3.6 Conclusão e considerações sobre a etapa	75
6 ANÁLISE	76
6.1 ANÁLISE DESCRITIVA	76
6.1.1 Utilizando planilhas eletrônicas	76
6.1.2 Business Intelligence	79
6.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO	85
6.2.1 Caracterização dos usuários	86
6.2.2 Avaliação da usabilidade	89
6.2.3 Avaliação da relevância dos dados obtidos	91
7 CONCLUSÃO	93
7.1 CONSIDERAÇÃO SOBRE A FERRAMENTA E O DESENVOLVIMENTO	94
7.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	94
REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO	101

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado primeiramente o contexto no qual a pesquisa está inserida, seguido da relevância. Após, é abordada a metodologia utilizada para o desenvolvimento, assim como os objetivos que a pesquisa busca atingir. Por último, é apresentada a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTO

No livro Project Management Body of Knowledge publicado pelo Project Management Institute, projeto é definido como um esforço temporário com o objetivo de criar um produto, serviço ou resultado único (PMI, 2017). Alinhado a essa definição, Bittencourt et al. (2010) definem que:

“Um projeto é formado por um esforço não permanente, ou seja, temporário, para a criação de um produto ou serviço. Como não é permanente, podemos afirmar que todos os projetos deveriam conter um início, um desenvolvimento e um fim bem definidos. O projeto é finalizado quando seus objetivos são alcançados, quando não for mais necessário ou quando ficar bem claro que seus objetivos não poderão ser atingidos ou não é compensador ir em frente.”

Além destas características, projetos apresentam definições específicas de desempenho tipicamente relacionadas ao atendimento dos prazos, do orçamento e dos objetivos definidos (GRAY; LARSON, 2011). Neste contexto, Gray e Larson (2011) apontam que manter o equilíbrio e administrar o conflito entre estes três fatores caracteriza-se como uma das principais funções dos gerentes de projeto.

Apesar do controle do fator tempo ser crucial para o sucesso de um projeto, segundo Serman (1992), os atrasos são regra, e não exceção, em projetos de diversas áreas - como engenharia civil, design de produtos e desenvolvimento de softwares. De acordo com o estudo realizado pela empresa de consultoria McKinsey (2017), a média de atraso em projetos de construção é de 70% sobre o tempo planejado, acarretando acréscimo médio no custo de 61%. Além dos prejuízos envolvidos, erros de planejamento podem levar ao fracasso de um projeto devido à perda de janelas de oportunidade de mercado (BASHIR; THOMSON, 1999). Em casos extremos, atrasos no desenvolvimento de projetos podem fazer com que as condições de mercado sobre as quais o projeto foi concebido não sejam mais válidas (STERMAN, 1992).

O tema da pesquisa é delimitado ao ramo de projetos de engenharia e arquitetura, que está passando por uma grande transformação devido à disseminação da modelagem da informação da construção (*Building Information Modelling* – BIM), cada vez mais presente na indústria (BERNSTEIN, 2012; NBS, 2019; MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017) e nas publicações acadêmicas (SANTOS et al., 2017). Neste contexto, a adoção do BIM representa uma grande mudança no processo de projeto como um todo, sendo considerado por autores como um dos desenvolvimentos mais significantes na indústria da construção por introduzir novas tecnologias, processos e interações entre os profissionais do setor (SUCCAR, 2009; AZHAR, 2011; EASTMAN et al., 2011).

O termo *Building Information Modelling*, é definido como o processo de geração e aproveitamento de dados para projeto, construção e operação de edificações durante seu ciclo de vida, permitindo que todas as partes interessadas tenham acesso às informações através da interoperabilidade entre diferentes plataformas (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDINGS SCIENCES, 2015). Através dos *softwares* de projeto BIM, representações digitais das características físicas e funcionais de uma edificação são construídas, sendo uma base comum de informações para a tomada de decisão para arquitetos, engenheiros, construtores, empreiteiros e proprietários.

Para a indústria da construção, o uso do BIM apresenta diversos potenciais benefícios, como a redução de erros e omissões no projeto, redução do tempo de projeto e execução e maior controle sobre os custos (EASTMAN et al., 2011). Tais benefícios são reconhecidos por governos de diversos países que estipularam políticas para a adoção do BIM em suas obras públicas (BERNSTEIN, 2014a). É o caso do governo do Reino Unido, que, em 2011 estabeleceu diretrizes para que a partir de 2016 o uso do BIM fosse obrigatório em todos seus contratos de construção – comercial, social, residencial e infraestrutura (UNITED KINGDOM, 2011).

De maneira similar, visando promover a modernização e transformação digital da construção, o Governo Brasileiro instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* – Estratégia BIM BR (BRASIL, 2018b). Para isso, o Governo Federal criou o Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM), responsável por formular estratégias de implementação, definir objetivos a serem atingidos pela Estratégia BIM BR e ações para alcançá-los.

O primeiro dos objetivos da estratégia consiste na difusão do BIM e seus benefícios, uma vez que a percepção atual é de que a indústria da construção ainda não possui um amplo conhecimento do BIM, sendo que somente 9% das empresas já implementaram o BIM em seus processos, representando somente 5% do PIB da Construção Civil brasileira (BRASIL, 2018a). O segundo objetivo consiste na estruturação do setor público para a adoção do BIM de maneira gradual, visando a exigência do seu uso em compras públicas, projetos e reformas.

Impulsionada pela criação de políticas públicas e do reconhecimento dos potenciais benefícios da utilização do BIM, a indústria da construção se encontra em um momento de transição, onde as partes envolvidas no projeto estão adotando novos processos, tecnologias e relações contratuais (Eastman et al., 2011). Dentre as partes envolvidas, uma das mais impactadas é o setor de elaboração de projetos, para a qual a adoção do BIM significa uma grande mudança no processo de projeto, além de um alto investimento em novos computadores, novos softwares e treinamento para a equipe existente (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; BERNSTEIN, 2012).

1.2 RELEVÂNCIA

Neste contexto de transição de tecnologia e processos, o entendimento sobre o esforço de projeto se mostra essencial para os escritórios de projeto, permitindo a estimativa e controle dos prazos e dos custos nesta nova realidade. A fim de compreender a distribuição do esforço de projeto de maneira objetiva são necessários dados quantitativos (como a duração de tarefas e etapas de projeto, por exemplo), no entanto a coleta destes dados é tipicamente feita de maneira manual, tornando o processo inviável em muitos casos.

Tendo em vista a importância dos dados referentes ao processo de projeto e as dificuldades envolvidas na sua obtenção, propõe-se uma pesquisa de caráter exploratório e construtivo, utilizando-se da metodologia *Design Science Research* (DSR). A DSR é uma metodologia focada no desenvolvimento e avaliação de artefatos, produtos ou algoritmos voltados para a solução de problemas práticos específicos (LUKKA, 2003). Os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração da pesquisa são abordados no capítulo quatro.

1.3 OBJETIVO

O objetivo geral do presente trabalho é: propor, desenvolver e avaliar uma ferramenta computacional, denominada Project Tracker, que favoreça um melhor entendimento sobre o processo de projeto BIM em escritórios de arquitetura e engenharia. Para isto, três objetivos específicos são definidos: (1) Compreender a importância do controle sobre o fator tempo em projetos, considerando seu impacto na estimativa de esforço, prazos e custos; (2) Identificar as dificuldades na coleta manual de dados referentes ao processo de projeto e como a metodologia BIM pode ser utilizada para a obtenção de maneira automatizada deles; (3) Propor e desenvolver a ferramenta computacional sob a forma de um *plug-in* para Revit, visando a facilitação no registro de dados referentes ao processo de projeto BIM; (4) Explicitar como os dados obtidos podem ser utilizados para um melhor entendimento sobre o processo de projeto BIM na engenharia e arquitetura; (5) Avaliar o *plug-in* desenvolvido quanto aos quesitos de usabilidade e utilidade.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está organizada em sete capítulos. No primeiro capítulo, foi apresentada a introdução do trabalho, abordando a contextualização e delimitação do tema, os objetivos da dissertação e sua estrutura.

Nos capítulos dois e três, é apresentada a fundamentação teórica. No capítulo dois, é abordado o fator tempo no processo de desenvolvimento de projetos, sua relação com os custos e sua importância para o sucesso dos projetos. Também são abordadas as principais causas de atrasos em projetos, e as metodologias que podem ser utilizadas para a estimativa da duração de projetos.

No capítulo três, o foco é voltado para projetos da indústria da construção, explorando suas características e os potenciais benefícios que a adoção do BIM oferece para a resolução de problemas encontrados na indústria. Em seguida, é abordado com maior profundidade o processo de elaboração dos projetos em BIM, como sua adoção representa uma mudança significativa para os escritórios de projeto e seu potencial para fornecer um melhor entendimento sobre o processo de projeto neste contexto.

No quarto capítulo, é apresentado o processo metodológico adotado na pesquisa, tendo como base a DSR, visando esclarecer o caminho tomado para a definição do problema, proposta e desenvolvimento da solução, assim como para a avaliação da solução desenvolvida.

No quinto capítulo é descrito o processo de aquisição de conhecimento e de desenvolvimento da solução, sendo este dividido em três etapas: protótipo funcional, versão de testes e versão de distribuição.

O sexto capítulo aborda a análise da solução desenvolvida, feita através de uma análise descritiva das funcionalidades da ferramenta assim como uma análise de usabilidade feita através de um questionário aplicado aos usuários.

Por fim, no sétimo capítulo é apresentada a conclusão, abrangendo a identificação das contribuições da pesquisa e da ferramenta desenvolvida, assim como as considerações finais e sugestões para estudos futuros

2 O PROCESSO DE PROJETO E O TEMPO

Os projetos, independentemente da indústria em que estão inseridos, da sua complexidade ou duração, tipicamente tem seu sucesso avaliado por três principais variáveis: custo, prazo e atendimento ao escopo definido (GRAY; LARSON, 2011). Gray e Larson (2011) apontam que manter o equilíbrio e administrar o conflito entre estes três fatores durante toda a duração do projeto caracteriza-se como uma das principais funções dos gerentes de projeto.

Dentre estas variáveis, o controle sobre tempo se mostra crítico para o sucesso dos projetos, uma vez que atrasos podem fazer com que a janela de oportunidade do mercado seja perdida (BASHIR; THOMSON, 1999), ou ainda, que as condições de mercado sobre as quais o projeto foi concebido não sejam mais válidas no momento da sua conclusão (STERMAN, 1992). Apesar disso, os atrasos em projetos são comuns em diversas áreas.

Muitas vezes ao perceber um descolamento do cronograma, a fim de atingir os prazos estabelecidos, é comum que os gestores adicionem mais recursos ao projeto através da exigência de horas extras. No entanto, segundo Bashir e Thomson (1999) esta abordagem não é favorável pois aumenta o stress na equipe e eleva a taxa de erros de projeto, uma vez que pessoas pressionadas por um prazo não trabalham melhor, somente mais rápido. Neste contexto, a ocorrência de erros pode resultar retrabalhos, atrasando ainda mais o projeto.

Outra estratégia para lidar com projetos atrasados é adicionar mais mão de obra através da ampliação da equipe, no entanto, Bashir e Thomson (1999) apontam que adição de novos membros à equipe também tem efeitos limitados, uma vez que as tarefas e dificuldades relacionadas à comunicação acabam sendo exacerbadas. Este ponto é reforçado por Sterman (1992), que relata que em alguns tipos de projeto, como no desenvolvimento de softwares, a adição de membros a um projeto atrasado somente o torna mais atrasado.

Considerando a variável custo, existem diversas metodologias que podem ser utilizadas para a estimativa do custo de execução do projeto como um todo, no entanto segundo Hellenbrand, Helten e Lindemann (2010), existem poucas metodologias focadas nos custos de elaboração do projeto. Segundo o autor, esta lacuna existe,

pois em algumas indústrias, como na engenharia mecânica, os custos relacionados aos materiais utilizados e à execução dos projetos são responsáveis por grande parte dos custos totais do projeto. Com isso, os custos de elaboração dos projetos costumam ser calculados de maneira simplificada e não documentados separadamente (HELLENBRAND; HELTEN; LINDEMANN, 2010).

No entanto, Hellenbrand, Helten e Lindemann (2010) ressaltam que os custos envolvidos na elaboração de projetos são relevantes, principalmente no desenvolvimento de projetos que acabam não sendo executados. Além disso, o controle sobre os custos da elaboração de projetos se mostra essencial em empresas onde este representa grande parte do seu custo total, como por exemplo em escritórios de projeto de engenharia e arquitetura (OLIVEIRA; MELHADO, 2006, p. 57).

Neste contexto, entende-se que o custo de desenvolvimento do projeto é dependente do esforço empregado no projeto, sendo medido em horas de trabalho (HELLENBRAND; HELTEN; LINDEMANN, 2010). A partir desta definição de esforço, para empresas e escritórios de desenvolvimento de projetos, onde o principal custo aplicado ao processo é o tempo da equipe envolvida, há uma relação direta entre as variáveis de custo e tempo. Com isso, caso a estimativa do esforço necessário (número de horas) para completar uma tarefa seja similar ao esforço empregado para a sua conclusão, a elaboração de cronogramas e orçamentos se tornam simples (SALAM et al., 2009).

Contudo, a subestimação do esforço de projeto é uma das principais causas de erros no cronograma, resultando em atrasos para o projeto (SALAM et al., 2009; BASHIR; THOMSON, 1999). Para compreender a causa desta subestimação, é necessário compreender como são elaboradas as estimativas de esforço de projeto e as dificuldades envolvidas no processo.

2.1 ESTIMATIVA DO ESFORÇO DE PROJETO

A estimativa do esforço total de projeto pode ser feita através de diversas técnicas. Segundo Bashir e Thomson (1999), existem duas características comuns dentre a maioria das técnicas: a divisão do projeto em tarefas menores (estrutura analítica do

projeto) e a utilização da avaliação de um ou mais especialistas com experiência em projetos anteriores para a estimativa do esforço (ou duração) destas tarefas.

Duas técnicas populares na estimativa da duração de um projeto são o *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* e o *Critical Path Method (CPM)* que apresentam abordagens probabilísticas e determinísticas, respectivamente. Ambas as técnicas são baseadas na divisão do projeto em tarefas menores que têm sua duração estimada e suas relações de dependência definidas por especialistas, permitindo assim a identificação de um caminho crítico, ou seja, tarefas cujo atraso possui maior impacto na duração total do projeto (BITTENCOURT et al., 2010). No entanto, segundo Bashir e Thomson (1999), o uso deste tipo de técnica pode apresentar falhas uma vez que a sua precisão depende diretamente da qualidade das estimativas de duração das tarefas planejadas.

Este ponto de vista é reforçado por Chou e Wu (2013) que apontam que, apesar dos avanços nas técnicas de gestão de projetos, muitas vezes as estimativas são baseadas em julgamentos subjetivos e adivinhações. Com isso, os gestores de projeto sem uma base realística podem elaborar estimativas demasiadamente otimistas, comprometendo a qualidade do cronograma e conseqüentemente, resultando em atrasos no projeto (McCULLA, 1989).

A tendência em estabelecer estimativas demasiadamente otimistas e acreditar firmemente que um projeto será executado conforme o planejado, é conhecida como a falácia do planejamento (BUEHLER et al., 1994). Segundo Buehler et al. (1994) este é um viés cognitivo que pode ser observado em diferentes contextos, desde no planejamento de tarefas simples do dia a dia, até em grandes projetos de engenharia, como a construção da Casa de Ópera de Sydney, concluída com dez anos de atraso. No entanto, as pessoas costumam julgar suas estimativas como realistas, mesmo tendo ciência de um histórico de atrasos em projetos anteriores.

Visando minimizar os efeitos da subjetividade e de vieses, pesquisadores propõem abordagens sistemáticas baseadas em dados e métricas quantitativas para a elaboração de estimativas de esforço de projeto. Na seção a seguir serão abordadas as principais características dos projetos que são expressas de maneira quantitativa

e como essas métricas podem ser utilizadas para a elaboração de melhores estimativas de esforço.

2.2 MEDINDO O PROCESSO DE PROJETO

O estabelecimento de métricas é uma técnica utilizada para a caracterização de atributos ou características de um elemento através de valores numéricos (BASHIR; THOMSON, 1999). A presença de métricas e sua utilização na tomada de decisões pode ser facilmente observada em situações do cotidiano: para realizar planos para o final de semana consultamos informações sobre o clima, como temperatura e probabilidade de chuva. Para calcular o tempo estimado de uma viagem de carro, dividimos a distância a ser percorrida pela velocidade média desempenhada na estrada.

Os exemplos acima demonstram como em algumas áreas o desenvolvimento de métricas para apoiar o planejamento e o processo de tomada de decisão é um processo simples. No entanto, segundo Bashir e Thomson (1999), em áreas de alta abstração, como no desenvolvimento de projetos de design, engenharia e arquitetura, o estabelecimento de métricas é um processo complexo. Isto é justificado devido ao processo mental e iterativo relacionado ao desenvolvimento do projeto, resultando na dificuldade de identificar itens específicos para serem medidos. No entanto, apesar desta dificuldade, o estabelecimento de métricas se mostra essencial para a elaboração de estimativas de esforço mais precisas, monitoramento e controle do processo de projeto (BASHIR; THOMSON, 1999).

Do ponto de vista de Griffin (1993) o estabelecimento de métricas pode ser considerado o primeiro passo para a melhoria em um processo, uma vez que elas oferecem um valor de referência sobre características do projeto. Para isso, segundo o autor, é necessário saber o que medir, ou seja, identificar características inerentes do projeto (ou *inputs*) e medidas de desenvolvimento do processo (ou *outputs*) e como estas variáveis se relacionam.

Em seu trabalho, Bashir e Thomson (1999) realizam uma revisão sistemática sobre modelos de planejamento de projetos, identificando três principais características inerentes de projetos que afetam o esforço de desenvolvimento. Em primeiro lugar, é

elencada a complexidade do projeto, usualmente baseada na decomposição de funções que o produto desempenha. Por exemplo, o projeto de um parafuso é de baixa complexidade, pois só possui uma função que não pode ser decomposta em outras funções. Já o projeto de uma usina nuclear é de alta complexidade, uma vez que suas funções podem ser subdivididas em inúmeras outras funções (BASHIR; THOMSON, 1999)

O segundo fator elencado é a experiência da equipe envolvida no desenvolvimento do projeto. Segundo Bashir e Thomson (1999), a produtividade de uma equipe é diretamente afetada pela experiência dos seus membros naquela função, uma vez que uma pessoa com anos de experiência irá completar uma tarefa em menos tempo do que alguém com pouca ou nenhuma experiência. O terceiro fator elencado é a complexidade da gestão, levando em consideração o esforço envolvido em gerenciar uma equipe de design. Neste sentido, a complexidade da gestão pode ser relacionada ao tamanho da equipe e ao número de canais de comunicação entre estes membros.

Do ponto de vista das medidas de desenvolvimento do processo (ou *outputs*), segundo Griffin (1993), as principais variáveis registradas são custo e o tempo necessário para a elaboração de cada fase ou tarefa. Além das variáveis do processo de projeto, o autor ainda aponta como *outputs* o sucesso comercial e a satisfação do cliente como variáveis relevantes a serem medidas.

As três métricas referentes a características do projeto (complexidade do projeto, experiência do time envolvido e complexidade da gestão) levantadas por Bashir e Thomson (1999) e as métricas referentes ao processo de projeto (tempo, custo) propostas por Griffin (1993) podem ser entendidas como as principais variáveis presentes em projetos. As variáveis de *input* são utilizadas para a elaboração de estimativas do esforço de projeto, enquanto as variáveis de *output* são utilizadas para o controle do projeto, através do seu acompanhamento e comparação com os valores planejados.

Além das principais variáveis presentes nos projetos de modo geral, em diferentes áreas, pesquisadores buscam identificar métricas específicas do processo de projeto que auxiliem nas estimativas de esforço e no acompanhamento do projeto. No ramo de desenvolvimento de softwares, por exemplo, há um grande volume de estudos que

utilizam métricas para estimar o esforço de projeto (BASHIR; THOMSON, 1999). Um exemplo de um modelo comumente utilizado é o *Constructive Cost Model* (CoCoMo). Segundo Hellenbrand, Helten e Lindemann (2010), o modelo CoCoMo foi estabelecido através de técnicas de regressão linear, que analisam grandes quantidades de dados históricos de desenvolvimento de projetos, permitindo a identificação das principais variáveis que impactam nos custos e prazos do projeto. No ramo de desenvolvimento de softwares, a principal métrica identificada foi o número de linhas de código, sendo utilizada para a elaboração de estimativas e para o acompanhamento do andamento projeto (HELLENBRAND; HELTEN; LINDEMANN, 2010).

No ramo da engenharia mecânica, Salam et al. (2009) realizam um estudo de caso sobre o desenvolvimento de um compressor de ar utilizado em turbinas, um projeto complexo e repleto de interdependências entre diferentes departamentos de uma empresa. No estudo, o autor adapta um modelo de estimativa de esforço proposto por Bashir e Thomson (2004), identificando quatro principais variáveis que possibilitam a previsão do esforço de projeto:

- 1) Tipo de trabalho: identificando se a tarefa está sendo feita pela primeira vez ou se é uma iteração.
- 2) Nível de mudança: identificando a quantidade de alterações necessárias quando comparada à iteração anterior.
- 3) Simultaneidade: identificando a quantidade de tempo que departamentos diferentes trabalham juntos. Segundo o autor, a simultaneidade no desenvolvimento ajuda a minimizar riscos e reduzir esforço em etapas futuras do projeto, no entanto, também pode resultar em retrabalho.
- 4) Experiência dos profissionais: considerando que uma pessoa com anos de experiência irá completar uma tarefa em menos tempo do que alguém com pouca ou nenhuma experiência.

No ramo da Engenharia Civil, Riley et al. (2005) realiza um estudo sobre a coordenação de projetos de instalações elétricas, hidráulicas e de ventilação avaliando o esforço envolvido na localização e resolução de interferências entre estes. No estudo, os autores avaliam os dados de 12 projetos a fim de identificar relações entre as características inerentes do projeto e os custos envolvidos no seu desenvolvimento. Através do uso de modelos de regressão, Riley et al. (2005) identificam duas variáveis fortemente relacionadas ao custo de elaboração dos projetos: a densidade de instalações por metro quadrado e o espaço vertical

disponível para as instalações sob o forro. O autor então propõe um modelo que utiliza estas duas variáveis para auxiliar prever o esforço de coordenação.

Os diferentes estudos abordados neste capítulo propõem métricas que buscam expressar quantitativamente características e variáveis do projeto e do seu desenvolvimento. Neste contexto, as métricas são utilizadas para oferecer estimativas de esforço mais precisas, no entanto, além de auxiliar no planejamento, as métricas possibilitam o acompanhamento de projetos de forma objetiva. A partir de dados referentes ao progresso de atividades e do uso de recursos é possível comparar o avanço do projeto com o planejamento, facilitando a identificação de desvios e possibilitando a tomada de ações corretivas (GRAY; LARSON, 2011).

Em ambos os casos, para que as métricas sejam calculadas, são necessários dados referentes ao processo de projeto. No entanto, uma das maiores dificuldades no uso de métricas na gestão de projetos é devida ao custo e tempo necessário para a aquisição dos dados necessários para o seu estabelecimento (GRAY; LARSON, 2011). Os custos relacionados à coleta de dados estão ligados principalmente ao trabalho manual envolvido na extração e compilação de informações dispersas em e-mails e relatórios. Como consequência destes custos, diversos estudos sobre processo de projeto são baseados em dados históricos ou em questionários realizados após o término do projeto, resultando em dados de baixa qualidade (YARMOHAMMADI, 2018).

Os dados registrados desta forma podem ser utilizados para auxiliar em estimativas de projetos futuros, no entanto, Yarmohammadi (2018) aponta que, caso empresas e organizações desejem utilizar as métricas de maneira proativa, para a correção de desvios do planejamento, é recomendado que essa coleta de dados seja feita em tempo real. No entanto, Gray e Larson (2011) apontam que é necessário encontrar um equilíbrio na frequência com que estes dados são coletados, uma vez que poucos dados oferecem pouco controle sobre o andamento do projeto, enquanto a coleta de muitos dados (ou em uma frequência muito elevada) é um processo dispendioso.

No caso de informações reportadas pelos membros do projeto, como duração das tarefas, a frequência da coleta de dados além de impactar no custo envolvido no processo, também pode influenciar a qualidade dos dados coletados. Este impacto é

evidenciado pela pesquisa conduzida em 2014 pela empresa Acello sobre o uso do tempo de profissionais de diferentes áreas, dentre elas design, engenharia e arquitetura (ACELLO, 2014). Na pesquisa é feita uma relação entre a precisão das durações de tarefas informadas com a frequência com que os profissionais registram esses dados. Os resultados indicam que as pessoas que realizam esse registro diariamente apresentam dados até duas vezes mais precisos e com menos lacunas causadas por esquecimento e omissões (ACELLO, 2014).

Outro fator a ser considerado em informações reportadas por membros do projeto é a qualidade dos dados registrados. Assim como no processo de estimativa de esforço, a avaliação do andamento de uma tarefa também é sujeita a vieses. Em casos em que o progresso de uma tarefa não pode ser medido diretamente de maneira objetiva, as estimativas de andamento de uma tarefa tendem a ser influenciadas pela quantidade de recursos que foram utilizados (MEREDITH; MANTEL, p. 441, 2011). Por exemplo, caso 80% do tempo previsto para a conclusão de uma tarefa tenha sido utilizado, espera-se que em torno de 80% da tarefa tenha sido concluída, no entanto, a relação entre o esforço investido e o andamento da tarefa é muitas vezes enganoso.

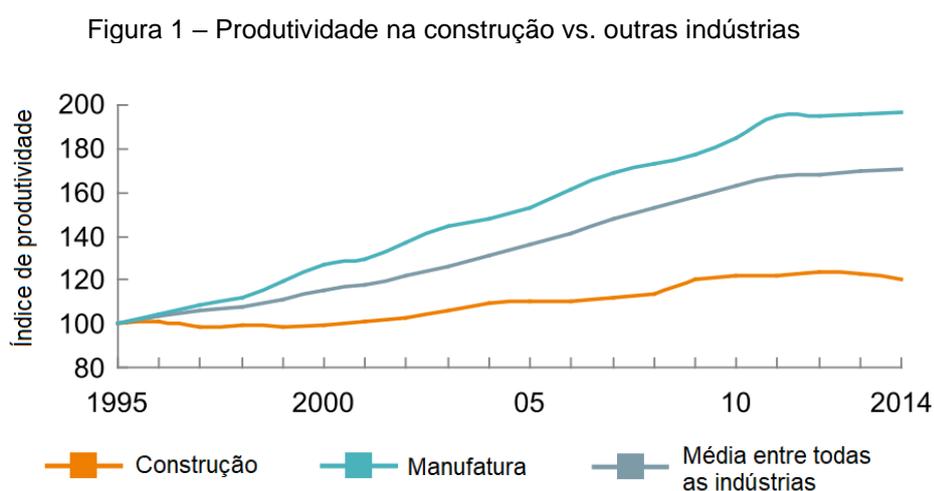
O registro de dados é uma etapa essencial para a elaboração de métricas utilizadas tanto em estimativas de esforço quanto para o monitoramento do andamento do projeto. No entanto, o processo de coleta dessas informações costuma ser custoso e sujeito a distorções e omissões devido ao processo de coleta manual. Por isso, fica evidente a importância da utilização de ferramentas que possibilitem a coleta destes dados de maneira rápida ou automatizada.

3 O PROCESSO DE PROJETO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Este capítulo trata sobre as características específicas que impactam o processo de projeto na indústria da construção. Primeiramente, é apresentado um breve panorama da indústria, explorando as dificuldades encontradas no desenvolvimento dos projetos. Em seguida, é apresentado o conceito da modelagem da informação da construção (*Building Information Modeling – BIM*), como a sua adoção apresenta potencial para resolver os problemas enfrentados pela indústria e as mudanças no processo de projeto causados por ela. Por último, são exploradas maneiras de se coletar dados referentes ao processo de projeto de maneira automatizada e o potencial deles para oferecer um melhor entendimento sobre o processo de projeto.

3.1 UM BREVE PANORAMA DA INDÚSTRIA

A construção é um dos maiores setores industriais do mundo, movimentando quase 10 trilhões de dólares anualmente, representando 13% do PIB global (McKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017). Apesar disso, a construção é uma indústria notoriamente conhecida por sua baixa produtividade em relação aos outros setores industriais, tendo mantido sua produtividade constante nas últimas décadas enquanto o restante das indústrias dobrou (Figura 1).



(fonte: adaptado de McKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017)

A baixa produtividade é ainda mais acentuada quando consideramos o ramo da construção civil brasileira, onde há um histórico de baixo nível de industrialização, elevado desperdício de materiais e baixa qualificação da mão de obra (OLIVEIRA; MELHADO, 2006). Parte dos esforços da indústria para a melhoria deste cenário consiste no aperfeiçoamento na etapa de elaboração do projeto de uma edificação, onde são definidas as características funcionais e geométricas da edificação, assim como aos materiais e métodos construtivos a serem empregados. Neste contexto, o projeto, além de possuir o papel de comunicar e informar as características da edificação através de plantas baixas, elevações e detalhes, segundo Oliveira e Melhado (2006):

“[...] passa, então, a ter o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto edifício, se for incorporado de forma antecipada e adequada à idealização do sistema construtivo e explorado seu caráter estratégico de indução da racionalização e redutor dos custos dos empreendimentos.”

No entanto, além dos projetos, o processo de execução de um projeto de construção é uma atividade sujeita a diferentes variáveis e partes envolvidas. A fim de identificar as principais causas de atrasos, Assaf (2006) realizou uma revisão bibliográfica identificando 73 principais causas para atrasos na literatura e agrupando-as em nove grupos. Dentre os grupos, os atrasos são atribuídos ao proprietário (ou investidor do empreendimento), aos consultores, empreiteiros, projetistas, fornecedores e outros fatores externos.

A extensa lista de causas de atrasos elencada por Assaf ilustra a complexidade compreendida na execução de um projeto, especialmente devido à interação entre as diferentes partes envolvidas cujos interesses e pontos de vista não estão sempre alinhados. Isto pode ser notado através do questionário realizado por Assaf com proprietários, consultores e empreiteiros, buscando identificar o que cada parte envolvida considera como a causa mais importante de atrasos no projeto. Neste estudo realizado por Assaf (2006), a importância é calculada a partir do produto da frequência com a qual esta causa se repete em um projeto e do seu impacto causado no cronograma.

De acordo com os resultados obtidos por Assaf, os proprietários consideram como principais causas de atraso a baixa qualificação e produtividade das equipes de obra,

a ineficiência no planejamento por parte dos empreiteiros e fatores climáticos. Os empreiteiros classificam como principais causas a demora do pagamento e aprovação de documentos e tomada de decisão por parte do proprietário, além da presença de erros e discrepâncias presentes nos projetos. Os consultores consideram como principal causa de atraso a maneira com que os orçamentos e contratos são feitos e escolhidos. Dentre as 73 causas de atrasos em projetos listadas por Assaf, a única causa em comum identificada pelas partes envolvidas foi “mudanças de projeto solicitadas pelo proprietário durante a construção”.

De maneira similar, o relatório realizado pelo McKinsey Global Institute (2017) busca identificar as causas dos atrasos e ineficiências em projetos de construção e da indústria como um todo. Dentre as principais causas listadas podem ser encontrados resultados similares aos obtidos por Assaf, como: baixa qualificação da mão de obra, ineficiências no planejamento e execução, alterações de projeto solicitadas pelos proprietários e a maneira que os contratos são estruturados. Além destas causas, o relatório aponta para o aumento da complexidade e da escala dos projetos. Os chamados “megaprojetos” (projetos com custo total superior a um bilhão de dólares), cada vez mais frequentes, são particularmente suscetíveis à atrasos devido à problemas de comunicação e coordenação (McKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017).

Oliveira e Melhado (2006) apontam para a grande variedade de requisitos de desempenho e componentes da construção como fatores que contribuem para o aumento da complexidade da edificação, e por consequência, do processo de projeto. Além disso, na construção, os projetos são divididos entre diversas disciplinas (arquitetura, estrutura, elétrica, hidráulica, climatização, esquadrias, etc.), elaborados por diferentes profissionais (ou empresas) com diferentes percepções com relação à nomenclatura e ao conteúdo das atividades de projeto, dificultando o entendimento do processo de forma holística (OLIVEIRA; MELHADO, 2006). Com isso, os projetos são elaborados de maneira fragmentada, ocasionando uma série de incompatibilidades e erros que são descobertos durante a execução, causando custos inesperados e atrasos na obra.

Apesar do baixo investimento em tecnologia por parte da indústria da construção (McKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017), nas últimas décadas a busca por melhorias na elaboração de projetos foi acompanhada pela popularização dos computadores,

trazendo novas ferramentas para a concepção e representação dos projetos. O advento dos *softwares* CAD (*Computer Aided Design*) na década de 80 ofereceu uma grande facilidade na elaboração e edição dos desenhos utilizados para a elaboração e comunicação do projeto quando comparados aos métodos tradicionais de desenho manual. No entanto, apesar das facilidades providas pelos sistemas CAD, não houve mudanças significativas no processo de projeto, apenas uma mudança da ferramenta de desenho (Eastman et al., 2011).

Dentro do contexto de atrasos, ineficiências e crescente complexidade das edificações, emerge o paradigma da modelagem da informação na construção (*Building Information Modeling* - BIM), introduzindo novas tecnologias, processos e interações entre os profissionais do setor, oferecendo uma potencial solução para muitas das dificuldades encontradas durante a elaboração dos projetos (SUCCAR, 2009; Azhar, 2011; Eastman et al., 2011). Na próxima seção, o conceito BIM será abordado, assim como seus benefícios e as mudanças causadas pela sua adoção processo de projeto.

3.2 BUILDING INFORMATION MODELLING

Atualmente podem-se encontrar diversas definições do conceito do *Building Information Modelling*, muitas vezes sendo referido como uma ferramenta, uma tecnologia, um processo ou uma metodologia, de acordo com o contexto em que está sendo abordado (Barlish e Sullivan, 2012). Em uma de suas definições mais abrangentes, o BIM é definido como o processo de geração e aproveitamento de dados para projeto, construção e operação de edificações durante seu ciclo de vida, permitindo que todas as partes interessadas tenham acesso às informações através da interoperabilidade entre diferentes plataformas (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDINGS SCIENCES, 2015). Através desta definição, o modelo virtual da edificação pode ser entendido como uma fonte de informação unificada que apoia o processo de tomada de decisão das partes interessadas (projetistas, empreiteiros, proprietários) durante todo o ciclo de vida da edificação (projeto, construção, operação e demolição), conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Ciclo de vida de uma edificação



(fonte: adaptado de Advenser, 2020)

Tendo como base a representação digital das características físicas e funcionais da edificação, o BIM representa o potencial para solucionar parte dos problemas encontrados na indústria da construção, resultando em projetos mais eficientes, com menos erros, com custo e prazos reduzidos (McKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017; Barlish e Sullivan, 2012; Eastman et al., 2011). Desta forma, a utilização do BIM oferece benefícios claros para o projeto como um todo, mas ao mesmo tempo, distintos entre as diferentes partes envolvidas.

Para os proprietários, os principais benefícios estão ligados ao ganho de eficiência no projeto, entrega de mais valor e maior controle sobre os prazos e custos (BERNSTEIN, 2014b). Para os empreiteiros, os principais benefícios estão relacionados à redução de erros, omissões e retrabalho, além da maior colaboração com o proprietário e com as equipes de projeto (BERNSTEIN, 2014a). Os benefícios para as equipes de projetos (que serão abordados com maior profundidade nas seções a seguir) incluem a facilitação na elaboração da documentação, correção automatizada de pequenas mudanças no projeto e a extração de quantitativos de maneira rápida (Eastman et al., 2011).

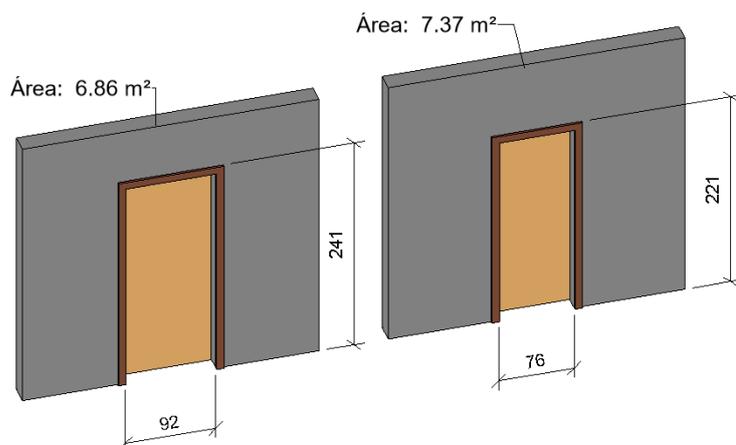
3.2.1 O BIM como ferramenta de projeto

Conforme visto anteriormente, a adoção do BIM por parte da indústria da construção representa diversos potenciais benefícios e mudanças de processo para as diversas partes envolvidas no projeto ao longo do seu ciclo de vida. Para o setor de projetos, a transição das ferramentas CAD para BIM representa uma grande mudança, não só de tecnologia, mas também no processo de projeto. A fim de compreender o impacto destas mudanças, primeiro é necessário compreender as diferenças entre estas ferramentas e os conceitos que fundamentam o BIM.

O principal conceito que baseia o BIM, e que o diferencia dos métodos tradicionais de projeto e documentação 2D, é a parametrização dos objetos. Conforme definido em Eastman et al. (2011), os objetos são descritos através da representação geométrica associadas a dados e regras, que descrevem como estes elementos se comportam e permitem que eles sejam manipulados de maneira inteligente. A partir da parametrização destas relações, os objetos BIM são representados de maneira consistente e não redundante, de forma que as modificações na geometria (ou nos dados) dos objetos sejam representadas em todas as visualizações dos objetos.

Os objetos que compõem o modelo são organizados dentro de classes pré-definidas nos *softwares* BIM que definem as características presentes no objeto e como ele interage com outros objetos (EASTMAN et al., 2011). Por exemplo, um objeto que representa uma porta, é definido por suas características geométricas (altura, largura), seus dados (materiais, custo, fornecedor) e pelas regras que definem sua interação com outros elementos (estar associada à um objeto de parede). A partir desta parametrização, os objetos compreendem a relação entre si, fazendo com que a porta subtraia o material da parede à qual está associada. Além disso, a alteração do parâmetro de largura da porta reflete automaticamente na representação geométrica e dos dados da parede, conforme mostrado na Figura 3.

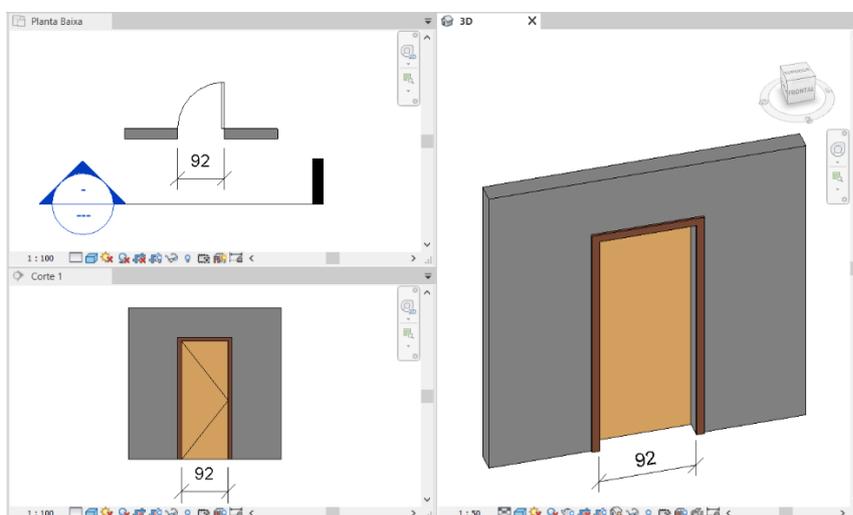
Figura 3 – Interação entre elementos BIM



(fonte: elaborado pelo autor)

Além disso, a representação dos objetos BIM é feita de maneira consistente e não redundante, entre as diversas vistas (3D, plantas baixas, cortes) utilizados na documentação dos projetos (Figura 4). Esta abordagem diferencia-se dos sistemas CAD, onde as representações dos objetos são feitas a partir de linhas e em diferentes vistas não interconectadas. Como consequência, alterações de elementos representados em CAD implicam na edição manual em diferentes vistas, resultando em uma quantidade elevada de retrabalho, ou em alguns casos, a representação inconsistente do projeto. Diante desta diferença, o uso do BIM representa uma redução considerável no tempo e nos erros associados à elaboração da documentação dos projetos (EASTMAN et al., 2011).

Figura 4 – Representação consistente de um elemento em diferentes vistas



(fonte: elaborado pelo autor)

Além dos benefícios envolvidos na representação consistente dos elementos e da geração de documentação, a utilização do BIM oferece outros benefícios para o processo de elaboração de projetos quando comparado aos métodos tradicionais. De acordo com Eastman et al. (2011) estes benefícios incluem:

- **Colaboração entre as disciplinas de projeto em estágios preliminares:** a tecnologia BIM facilita o trabalho simultâneo entre as múltiplas disciplinas de projeto desde as etapas preliminares do projeto através dos modelos tridimensionais, reduzindo a quantidade de erros, omissões e o tempo de projeto.
- **Extração precisa de quantitativos:** independentemente da etapa de projeto, a tecnologia BIM possibilita a extração de quantitativos utilizados para a precificação do projeto. Informações como área, volume de material ou quantidade de objetos são extraídas de maneira facilitada e são automaticamente atualizadas de acordo com as mudanças feitas no modelo.
- **Eficiência energética e sustentabilidade:** a tecnologia BIM possui a capacidade de vincular o modelo a diferentes ferramentas de análise desde as etapas preliminares do projeto, oferecendo a oportunidade de melhorar a qualidade da edificação em aspectos térmicos e energéticos.

A elaboração dos modelos BIM é realizada através de diferentes *softwares*, classificados por Eastman et al. (2011) como ferramentas e plataformas. Segundo o autor, as ferramentas são *softwares* voltados para a realização de uma tarefa específica (por exemplo, elaboração de desenhos, análise energética), cujos resultados podem ser exportados para a utilização em outros *softwares*. As plataformas se posicionam em um nível hierárquico mais alto, gerando dados para múltiplos usos e oferecendo interfaces de troca de dados com outras ferramentas.

As principais plataformas BIM utilizadas na elaboração de projetos são Bentley Architecture®, Graphisoft ArchiCAD® e Autodesk Revit®, diferenciando-se em quesitos de interface, facilidade de uso, suporte para colaboração de múltiplos usuários, interoperabilidade de dados, custo, entre outros (EASTMAN et al., 2011). Dentre estas, o Revit® aparece com posição dominante do mercado de *softwares* BIM (Eastman et al., 2011; NBS, 2019).

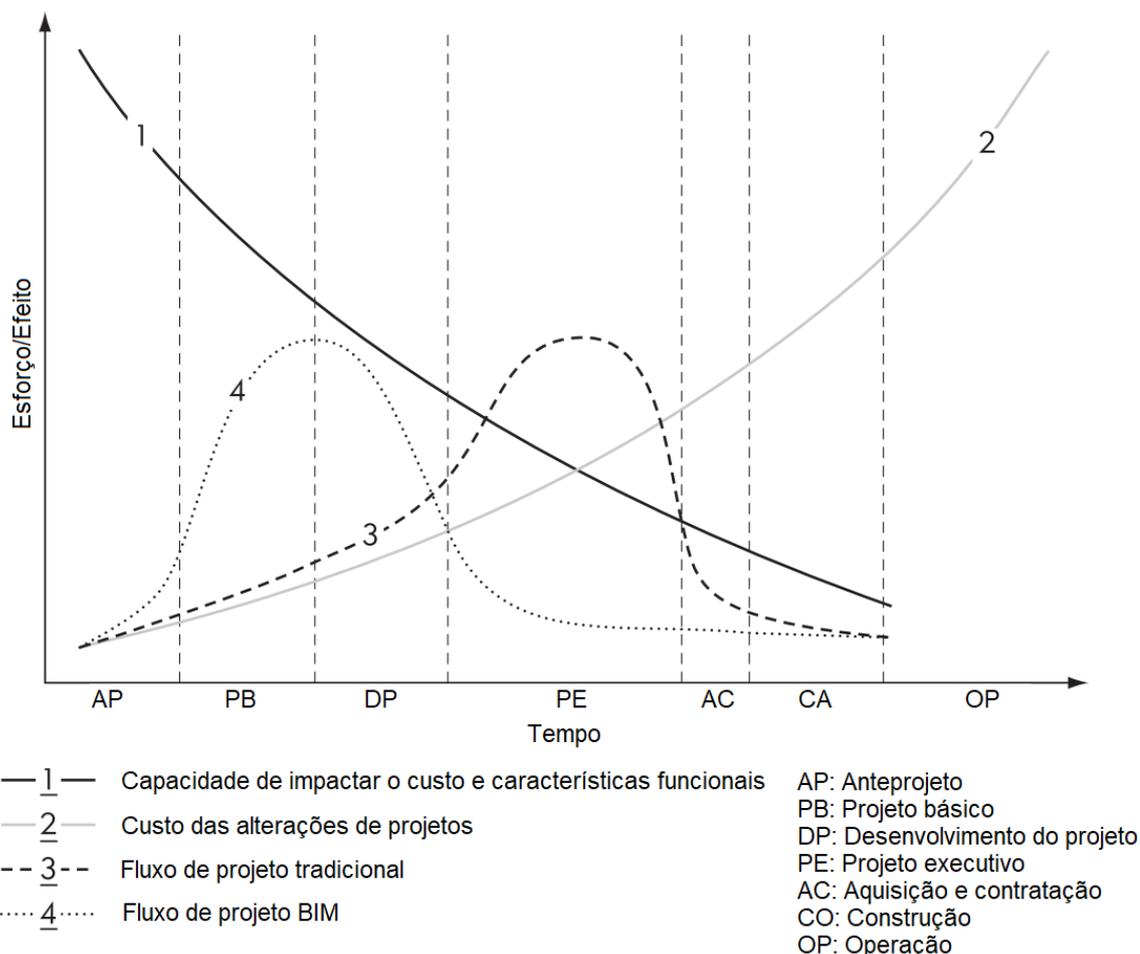
3.2.2 O BIM nos escritórios de projeto

Conforme visto anteriormente, a adoção do BIM traz potenciais benefícios para as diferentes partes envolvidas e para o sucesso de um projeto de construção como um todo. No entanto, estes benefícios não são gratuitos: a adoção do BIM requer um alto investimento inicial por parte dos escritórios de projeto, envolvendo a aquisição de licenças de *softwares*, atualização de *hardware*, treinamento da equipe e a criação de bibliotecas e padronização de processos (GHAFARIANHOSEINI et al., 2017; BERNSTEIN, 2012). De acordo com Eastman et al. (2011), o maior custo da adoção do BIM está ligado ao treinamento, que engloba não só os custos diretos do treinamento, mas também o custo indireto causado pela queda inicial da produtividade, enquanto a equipe aprende a utilizar a nova ferramenta.

Além dos custos iniciais envolvidos, o desenvolvimento de um modelo BIM (especialmente quando utilizados como base para análises e fabricação) envolve mais esforço na sua produção quando comparado aos métodos 2D tradicionalmente utilizados (Eastman et al., 2011). No entanto, o esforço de projeto BIM concentra-se nas etapas preliminares do projeto, antecipando a tomada de decisões, resultando em economias significativas na etapa de execução (Lu et al., 2015).

O deslocamento do esforço de projeto BIM para as etapas preliminares é justificado em parte devida à automatização na geração de plantas baixas e cortes, reduzindo o tempo necessário para a elaboração da documentação, tradicionalmente associadas à etapa de projeto executivo. Além disso, a modelagem tridimensional facilita a comunicação da intenção do projeto para o cliente e para os outros projetistas. Com isso, as solicitações de alteração e identificação de conflitos entre projetos são realizadas nas etapas preliminares, onde possuem maior impacto sobre o resultado do projeto e com o menor custo de retrabalho envolvido, conforme representado pelas curvas 1 e 2, respectivamente, na Figura 5.

Figura 5 – Distribuição do esforço de projeto e capacidade afetar resultados



(fonte: adaptado de Eastman et al., 2011)

Apesar dos diversos benefícios da utilização do BIM, considerando o investimento necessário e as mudanças de processos envolvidas, a sua adoção em escritórios de projeto deve ser feita de maneira estratégica e gradual, a fim de mitigar os riscos envolvidos (Eastman et al., 2011). Além de estabelecer um plano consistente de implementação, a fim de realizar uma transição bem direcionada, o impacto da adoção do BIM no escritório pode ser avaliado através de métricas quantitativas. Uma abordagem para realizar esta avaliação é através da comparação de parâmetros, como quantidade de erros e duração do projeto, entre projetos elaborados em BIM com projetos elaborados em CAD (BARLISH e SULLIVAN, 2012). O impacto da adoção do BIM também pode ser avaliado através do desempenho financeiro da empresa a partir de uma análise de retorno sobre o investimento (BERNSTEIN, 2012).

3.2.3 O esforço de projeto

Conforme visto anteriormente, na elaboração de um projeto o esforço empregado pode ser medido através da quantidade de horas de trabalho desempenhadas pela equipe (HELLENBRAND; HELTEN; LINDEMANN, 2010). Considerando que na elaboração de projetos o maior custo direto está ligado ao trabalho especializado desempenhado pela equipe, é crucial para as empresas compreenderem como estas horas se distribuem entre os diferentes tipos de atividades (elaboração de plantas, visitas técnicas, reuniões) e entre diferentes projetos (OLIVEIRA; MELHADO, 2006, p. 57).

Um estudo realizado por Robinson (2012) buscou identificar e categorizar como o tempo dos engenheiros se distribui durante a elaboração de projetos em CAD. De acordo com os resultados obtidos, cerca de 60% do tempo dos engenheiros é gasto em atividades técnicas (análises, elaboração de desenhos, relatórios) e 40% do tempo em atividades sociais (reuniões, discussões, e-mails). Em uma segunda categorização das atividades, Robinson (2012) identificou que 50% do tempo dos engenheiros é gasto em atividades realizadas no computador, principalmente em softwares CAD (12%) e em tarefas relacionadas a e-mails (14%).

No entanto, conforme visto anteriormente, a adoção do BIM representa uma mudança de tecnologia e de processos, modificando a quantidade e a distribuição do esforço envolvido na elaboração de projetos. Este ponto é observado por Robinson (2012), que aponta que avanços tecnológicos e mudanças no processo de projeto podem modificar as tarefas que os engenheiros desempenham e a quantidade de tempo alocada à cada atividade. Um exemplo deste tipo de mudança pode ser percebido em um estudo de caso apresentado por Eastman et al. (2011) que compara a distribuição de horas entre os membros de uma equipe de projetos CAD com projetos BIM. De acordo com o estudo, há uma redução na quantidade de horas dedicadas à elaboração da documentação, tipicamente desempenhada por membros menos experientes da equipe.

De acordo com Robinson (2012), a compreensão sobre a forma com a qual uma equipe aloca o seu tempo pode ser utilizada para otimizar o processo de projeto através da eliminação ou redução de tarefas não produtivas. No caso do estudo, o autor aponta para a média de duas horas semanais gasta na escrita e organização de

e-mails, uma tarefa administrativa tipicamente vista como improdutivo nos escritórios. Com base nesses dados uma empresa poderia implementar políticas visando reduzir a quantidade de *e-mails* não essenciais, ou ainda, fornecer treinamento para que seus funcionários lidem com os *e-mails* de maneira mais eficiente. Este tipo de avaliação se mostra ainda mais relevante no contexto da adoção do BIM quando consideramos a curva de aprendizado envolvida e as mudanças no processo causadas pela tecnologia.

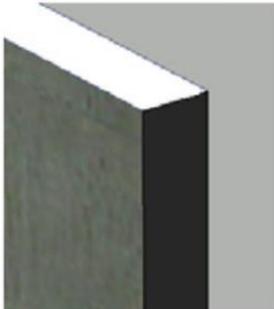
Além da identificação de atividades improdutivas, os dados referentes ao processo de projeto podem ser utilizados para a identificação das principais variáveis que impactam o esforço de projeto. A relação entre variáveis e o esforço de projeto pode ser descoberta através de modelos de regressão linear, conforme abordado no estudo realizado por Riley et al. (2005). No estudo, o autor identifica duas principais variáveis que impactam o esforço de compatibilização de projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias: a densidade de instalações por metro quadrado e o espaço vertical disponível para as instalações. A partir desta relação, o autor propõe um modelo que permite a estimativa do esforço de projeto com base nestas duas variáveis.

Outro estudo, realizado por Leite (2011), busca identificar o impacto do nível de detalhe (*Level of Detail – LoD*) dos modelos BIM no esforço de modelagem. O nível de detalhe é definido pela autora como a progressão da representação dos elementos presentes no modelo, passando pelas etapas de geometria aproximada, geometria precisa e fabricação. Segundo a autora, no LoD de geometria aproximada, os elementos são representados de maneira genérica, por exemplo uma parede sem a especificação dos seus revestimentos internos e externos. No LoD de geometria exata, os elementos são representados da maneira com que eles aparecerão na documentação final, contendo especificações dos seus componentes e materiais. No LoD de fabricação são representados detalhes de conexões necessárias para a conexão e montagem dos elementos.

Para avaliar o impacto do LoD no esforço de projeto, Leite (2011) realizou dois estudos de caso, em projetos diferentes, onde partes do projeto (fundação, estrutura, pele de vidro, esquadrias) foram modelados em diferentes níveis de detalhamento. Nestes casos, o LoD definido para cada parte do projeto foi definido pelo gestor do projeto, refletindo a necessidade de informações para a tomada de decisão em partes específicas do projeto. Com o LoD definido, Leite (2011) monitorou o número de

elementos modelados e o tempo necessário para a elaboração do projeto de cada parte. Um exemplo dos dados obtidos durante a modelagem é mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Modelagem de vedações em diferentes LoDs

LoD	Geometria aproximada	Geometria precisa	Fabricação
Imagem			
Nº de elementos modelados	01	12	240
Tempo de modelagem (h)	-	3	34

(fonte: adaptado de Leite, 2019)

De acordo com os resultados obtidos por Leite (2011), o tempo de modelagem aumenta entre duas a onze vezes ao aumentar o LoD. De acordo com a autora, apesar de os modelos com LoD elevado fornecerem mais informações para a tomada de decisão e facilitarem a detecção de incompatibilidades, considerando o acréscimo considerável do esforço envolvido na modelagem, o LoD a ser utilizado na modelagem deve ser determinado de maneira compatível com a tarefa a ser realizada (visualização, compatibilização, extração de quantitativos, fabricação).

Apesar da importância da compreensão distribuição do esforço de projeto, especialmente nesta etapa de transição, existem poucos dados de empresas disponíveis ou pesquisas sobre o tema (Eastman et al., 2011). Adicionalmente, os dados e métricas disponíveis nos estudos servem como um norte das principais variáveis envolvidas no processo de projeto BIM de maneira geral, no entanto, dada a quantidade de outras variáveis envolvidas, os resultados para um projeto ou empresa específica podem ser diferentes. Considerando isso, os escritórios de projeto

deveriam avaliar a distribuição do esforço de acordo com os seus fluxos de trabalho e atividades específicas, contudo, os escritórios geralmente não estão familiarizados com maneiras de realizar este tipo de avaliação (Eastman et al., 2011).

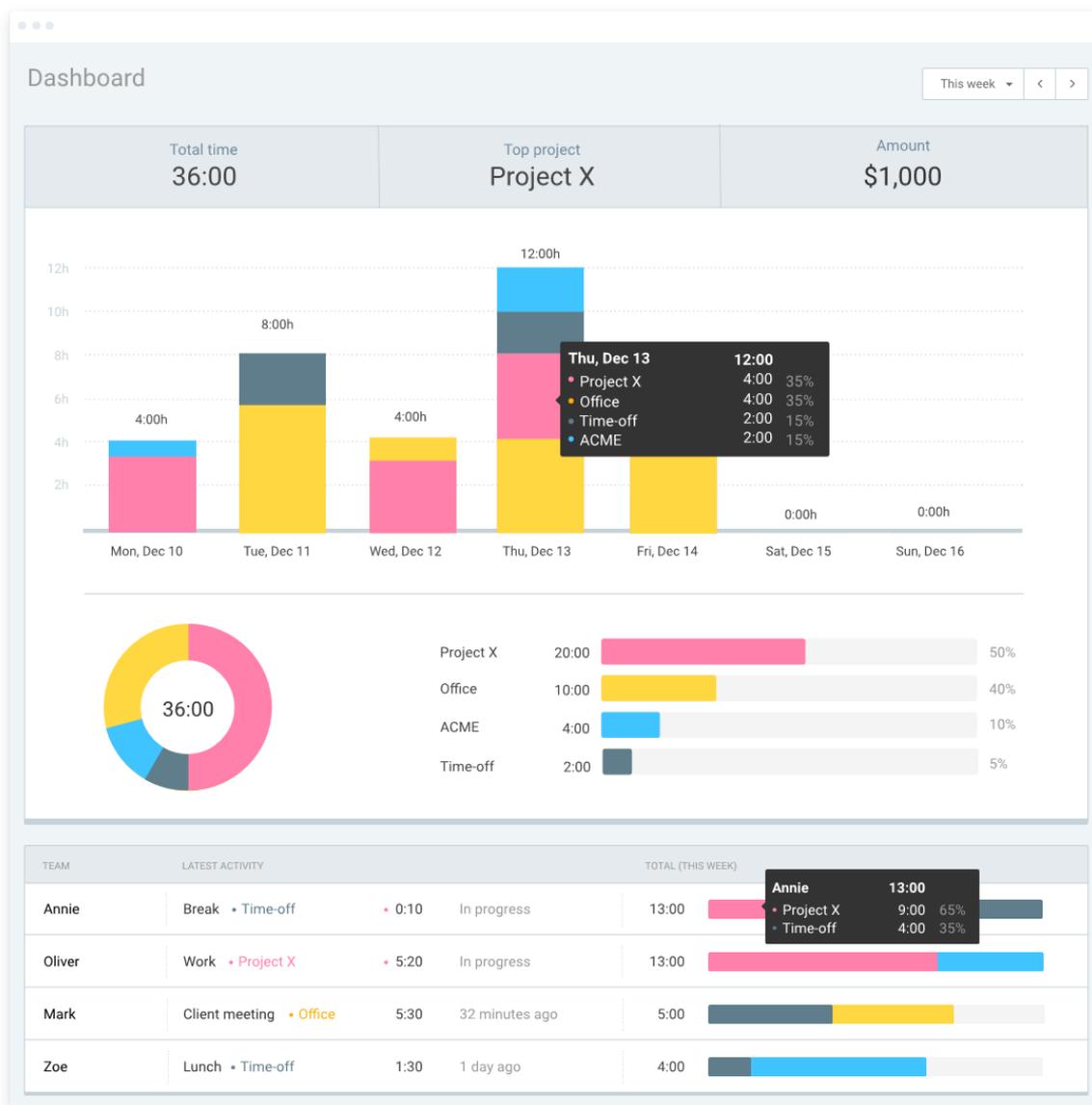
Esta falta de familiaridade com a medição da distribuição do esforço pode ser atribuída em parte às dificuldades e custos envolvidos na coleta de dados, muitas vezes inviabilizando este processo, conforme abordado na seção 2.2. Na seção a seguir será abordado como estes dados podem ser coletados de maneira automatizada.

3.3 COLETA AUTOMATIZADA DE DADOS SOBRE O PROCESSO DE PROJETO

Conforme visto na seção 2.2, o processo de coleta manual de dados sobre o processo de projeto pode comprometer a qualidade dos dados obtidos e até inviabilizar o processo. Considerando esta dificuldade, é de interesse de pesquisadores e organizações que este processo seja realizado da maneira mais automatizada e facilitada possível. Um exemplo de pesquisa que buscou automatizar este processo é a realizada por Robinson (2012), que forneceu PDAs (*Personal Digital Assistants*) para que os projetistas registrassem o tempo gasto nas diferentes tarefas de projeto.

Atualmente, plataformas *online* como Clockify, TMetric e Runrun.it possibilitam o registro do tempo de maneira similar. Nelas, os usuários podem registrar o tempo gasto entre diferentes tarefas e projetos de maneira facilitada, permitindo assim a análise dos custos e do esforço envolvido através de planilhas e relatórios (Figura 7). No entanto, estas plataformas dependem diretamente dos usuários para a entrada de dados, conseqüentemente, não se beneficiam do grande volume de dados presentes no modelo BIM para um melhor entendimento sobre o processo de projeto.

Figura 7 – Painel de visualização dos dados registrados em uma plataforma de registro de tempo



(fonte: Clockify, 2020)

Os modelos BIM, em contrapartida, apesar de possuírem dados referentes às características geométricas e físicas dos elementos, não registram dados referentes ao processo de projeto (YARMOHAMMADI, 2018). Tendo em vista o potencial dos dados presentes nos modelos BIM para proporcionar um melhor entendimento sobre o processo de projeto e o custo envolvido na coleta de dados, buscou-se na literatura por métodos de obtê-los de maneira automatizada. Através da revisão bibliográfica foram identificados dois métodos, que serão discutidos a seguir.

3.3.1 Log mining

O primeiro método identificado utilizado para obtenção de dados referentes ao processo de projeto de maneira automatizada é denominado *log mining* (garimpagem de registros, em tradução livre). O método utilizado nos estudos de Yarmohammadi et al. (2017), Zhang e Ashuri (2018) e Zhang et al. (2018) consiste na extração (garimpagem) de dados em registros gerados automaticamente durante o uso de softwares (*logs*).

Os *logs* são arquivos de texto gerados automaticamente concebidos para fins de diagnóstico de erros e performance em softwares, no entanto, através da análise desses arquivos é possível extrair (garimpar) informações da interação do projetista com o software utilizado. Segundo Yarmohammadi et al. (2017), os *logs* gerados pelo software Revit© são uma fonte rica de dados sobre o processo de projeto BIM, fornecendo uma maior compreensão sobre a performance dos projetistas e sobre a evolução de um modelo.

Os trabalhos de Yarmohammadi et al. (2017), Zhang e Ashuri (2018) e Zhang et al. (2018) apresentam uma estrutura similar na utilização do *log mining*: para a coleta dos dados, é utilizado um serviço de armazenamento de arquivos na nuvem, salvando os *logs* das interações de diversos projetistas com o software de modelagem. Após a coleta, é realizada a extração dos dados de interesse através de um processador de texto, programado para identificar trechos com informações relevantes ao entendimento do processo de projeto, como: nome do projetista, nome do projeto, comando executado, tipo de vista na qual o comando foi executado, data e hora.

O estudo de Yarmohammadi et al. (2017) avalia o desempenho dos usuários com diferentes níveis de experiência em software BIM a partir do tempo levado para a execução de padrões de comandos, como, por exemplo, “selecionar, rotacionar e mover” um elemento. Através de sua análise, os autores identificaram os padrões de comandos mais utilizadas pelos projetistas e o tempo médio de sua execução. Ao comparar os tempos de execução desses padrões, foi observado que os usuários com mais experiência no software realizam as mesmas atividades com maior velocidade e menor variabilidade do que os usuários com menos experiência.

O estudo de Zhang et al. (2018) possui objetivos similares ao trabalho descrito anteriormente, no entanto, utiliza um algoritmo diferente e analisa uma base de dados consideravelmente maior. Em sua análise, os autores verificam os cinco padrões mais utilizados dentre os identificados pelo algoritmo e utiliza métodos estatísticos para definir uma linha de base do tempo que cada padrão leva para ser executado. Esses valores servem como referência do desempenho de cada projetista em cada tarefa específica, facilitando a identificação de membros da equipe que necessitam de ou treinamento adicional em determinadas tarefas. Além disso, a referência de desempenho em diferentes padrões permite ao gestor de projetos escolher dentre a equipe o projetista com o melhor desempenho em uma tarefa específica.

Em outro estudo, Zhang e Ashuri (2018) utilizam os dados de registros de 51 projetistas trabalhando em 82 projetos para a análise de redes sociais (*Social Network Analysis* – SNA), mais precisamente, para avaliar a frequência com que os projetistas realizam tarefas juntos em um projeto. A importância da análise da rede social é justificada pela transmissão de informações e conhecimentos existentes entre membros da equipe, melhorando a qualidade das decisões tomadas e impactando diretamente no desempenho da equipe.

Os três trabalhos citados apresentam maneiras em que o método “*log mining*” aplicado à *softwares* BIM pode ser utilizado para a coleta de dados que possibilitam um maior entendimento sobre o processo de projeto. Por coletar os dados de maneira automatizada e não intrusiva, o método evita dois problemas tipicamente relacionados à coleta manual de dados: elevado custo e a baixa qualidade causada por erros e omissões.

No entanto, a principal limitação do método está em somente trabalhar com as informações presentes feitas nesses registros, que foram originalmente concebidos para gerar relatórios de erros no software. Nesses dados, por exemplo, não são armazenadas informações sobre com quais elementos específicos o projetista interagiu (YARMOHAMMADI et al., 2017). Com isso, nos trabalhos de Yarmohammadi et al. (2017) e Zhang et al. (2018), esta limitação significa que através do “*log mining*” é possível determinar quanto tempo um projetista demorou para executar a sequência de comandos “selecionar, copiar e mover”, no entanto não é registrado se essas ações são realizadas em um elemento de parede, tubulação hidráulica ou porta.

Para superar esta limitação, Yarmohammadi et al. (2017) sugerem o desenvolvimento de uma aplicação externa (ou *plug-in*) ao software BIM para coletar informações relevantes de maneira mais direta. No item a seguir serão abordados os *plug-ins* e como eles podem ser utilizados para obtenção sobre dados referentes ao processo de projeto.

3.3.2 Criação de *plug-ins*

O segundo método identificado para a extração de dados referentes ao processo de projeto baseia-se na criação de *plug-ins*. *Plug-ins* (*add-ins* e *apps*) são aplicações externas a um *software* que adicionam funcionalidades específicas, não existentes nativamente no mesmo (SILVA et al., 2017). No contexto de softwares BIM, os *plug-ins* podem ser utilizados, por exemplo, para aumentar a produtividade no processo de projeto através da execução de tarefas repetitivas ou para oferecer integração com outros softwares.

O uso de *plug-ins* em softwares BIM é uma prática comum nos escritórios de projeto. Segundo o questionário realizado por Silva et al. (2017) com profissionais brasileiros com mais de cinco anos de experiência em BIM, mais da metade dos entrevistados utilizam aplicações externas para auxiliar o processo de projeto. Além disso, os profissionais identificam os *plug-ins* como meios de melhorar a produtividade no processo de projeto e de otimizar as tomadas de decisão.

A criação e desenvolvimento de *plug-ins* é realizada com o uso de interfaces de programação de aplicações (*Application Programming Interfaces* - APIs) presentes em alguns *softwares*. Através dessas interfaces, comandos e funções existentes no *software* podem ser executadas através de linguagens de programação orientadas a objeto, como, por exemplo, C# ou Visual Basic, possibilitando assim a incorporação de funcionalidades adicionais ou automação de tarefas nestes *softwares*. No caso do *software* Revit®, o desenvolvimento de *plug-ins* é aberto a usuários e empresas que desejam implementar novas funcionalidades. Os *plug-ins* podem ser distribuídos gratuitamente ou vendidos através do site da Autodesk App Store, onde mais de 1000 *plug-ins* para Revit® estão publicados (AUTODESK, c2018).

Um exemplo de desenvolvimento de *plug-in* é apresentado no trabalho de Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018), onde as funções acessíveis através da API são utilizadas para o registro de dados referentes ao processo de projeto. Sua metodologia é baseada no uso de gerenciadores de eventos, que identificam quando determinadas ações ocorrem no software, executando uma ou mais funções programadas na sequência. Por exemplo, quando um comando é executado pelo usuário (evento), o *plug-in* registra em um arquivo de texto as informações relacionadas ao comando (função).

Através do monitoramento dos comandos executados, Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018) estabelecem um método mais completo e flexível quando comparado ao “*log mining*”. Com ele é possível registrar nome do projetista, nome do projeto, comando executado, data e hora (possíveis de obter através do “*log mining*”) além das informações relevantes ao elemento (categoria, tipo, família, id e localização) e ao modelo que está sendo editado.

Após a implementação do *plug-in*, Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018) realizaram um experimento com dez usuários com diferentes níveis de experiência em Revit®. Nele, os participantes tiveram suas atividades registradas durante a modelagem de janelas e paredes de um mesmo edifício. Os dados capturados foram então utilizados para estabelecer métricas de desempenho na modelagem de cada projetista. Os resultados do experimento mostraram que os usuários menos experientes utilizaram pelo menos três vezes mais comandos para concluir a mesma modelagem e cometeram mais erros quando comparados aos usuários com mais experiência.

As métricas de produtividade, propostas por Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018), possuem a limitação de não considerarem a complexidade da tarefa que está sendo executada com esses comandos. Assim, não podem ser utilizadas para comparar o desempenho entre projetos pouco semelhantes. Apesar disso, Zhang et al. (2018) apontam que as métricas individuais de desempenho podem servir para gestores de projetos identificarem projetistas que necessitam algum tipo de atenção ou treinamento adicional em uma área específica.

O trabalho de Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018) demonstra uma metodologia que utiliza a API para o registro de dados durante processo de projeto BIM de maneira automatizada. Apesar da análise dos dados estar voltada especificamente para a medição do desempenho dos projetistas, a metodologia utilizada para a captura dos dados, por ser baseada na programação orientada a objetos, apresenta a capacidade de ser alterada e expandida para outras aplicações. Com isso, seria possível obter dados que auxiliem no processo de estimativa e monitoramento do esforço de projeto de maneira mais holística em projetos BIM.

4 METODOLOGIA

Considerando o problema de pesquisa proposto e seu caráter prático de sua ocorrência no processo de projeto de empresas e escritórios, a metodologia da *Design Science Research* (DSR) foi escolhida. A adoção dessa estratégia é justificada por ser uma metodologia focada no desenvolvimento de artefatos, produtos ou algoritmos que resolvam problemas do mundo real (LUKKA, 2003).

Segundo Dresch et al. (2015), ao fundamentar um trabalho com DSR, a pesquisa não pode estar voltada somente ao artefato em si, devendo expor evidências que o artefato poderá ser utilizado para solução de problemas reais. Ainda segundo a mesma autora, as evidências podem ser obtidas através de cinco formas de avaliação do artefato: observacional, analítica, experimental, teste e descritiva. Apesar do foco para problemas e soluções aplicáveis na prática, Lukka (2003) aponta que a pesquisa construtiva deve ser explicitamente baseada em conhecimento teórico existente. Da mesma maneira, os resultados obtidos através na implementação da solução devem ser comparados com os resultados esperados na teoria.

Com isso, a construção da presente pesquisa baseia-se nos passos definidos por Dresch et al. (2015), sendo estas agrupadas em quatro grandes etapas: definição e compreensão do problema, proposta de solução, desenvolvimento do artefato e análise da solução. Os procedimentos metodológicos destas etapas são descritos a seguir.

4.1 DEFINIÇÃO E COMPREENSÃO DO PROBLEMA

A primeira etapa da DSR consiste na definição e compreensão do problema. Nela, o pesquisador deve identificar um problema prático onde o referencial teórico apresenta lacunas ou resultados contraditórios e cuja solução apresente contribuições práticas (LUKKA, 2003). Após definido o problema, parte-se para a compreensão do problema. Nesta etapa cabe ao pesquisador buscar o máximo de informações possíveis, assegurando a compreensão do contexto em que o problema está inserido (DRESCH et al., 2015).

O problema identificado foi a escassez de dados referentes ao processo de projeto, que são utilizados para a elaboração de estimativas de esforço e para o monitoramento do andamento do projeto. Apesar deste problema se manifestar em diversas áreas, como design de produto, engenharia mecânica e desenvolvimento de software, a presente pesquisa tem o foco voltado para o contexto de projetos de arquitetura e engenharia. Este foco se justifica devido à disseminação da tecnologia da Modelagem da Informação da Construção (*BIM*) nos últimos anos, causando mudanças profundas no processo de projeto nesta área. Neste contexto de transição, a compreensão sobre o processo de projeto e seus custos se mostra essencial para a sobrevivência das empresas.

Na presente pesquisa, a compreensão do problema foi realizada através da revisão bibliográfica, sendo dividida em duas etapas. A primeira, apresentada no capítulo 2, é focada na importância dos dados referentes ao processo de projeto e as dificuldades da sua obtenção. A segunda, apresentada no capítulo 3, é focada no processo de projeto de arquitetura e engenharia, buscando entender suas particularidades e as mudanças causadas pela disseminação da tecnologia BIM e sua potencial aplicação para o entendimento do processo de projeto.

4.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A segunda etapa consiste na proposta de um artefato que solucione o problema identificado com base nos conhecimentos adquiridos na etapa anterior. Para isso, a solução proposta deve considerar o contexto em que o problema está inserido a fim de garantir o seu funcionamento nestas circunstâncias (DRESCH et al., 2015).

Com base no conhecimento teórico adquirido durante a revisão bibliográfica que evidencia a importância dos dados referentes ao processo de projeto, tanto para o planejamento quanto para o acompanhamento, a solução deve possibilitar o registro da duração das tarefas e etapas presentes em um projeto. Considerando estes fatores, a solução deve se dar na forma de um software para o registro do esforço de horas de trabalho.

Levando em consideração a aplicabilidade prática da solução e o contexto em que ela está inserida, é importante garantir que ela não acarrete custos elevados tipicamente

envolvidos na coleta de dados. Dessa forma a solução proposta deve ser de utilização simples, sem comprometer o fluxo de trabalho das equipes nos escritórios de engenharia e arquitetura. Considerando a disseminação da tecnologia BIM, a solução deve se valer do potencial dos dados presentes nos modelos para fornecer um melhor entendimento do processo de projeto.

Tendo em vista os aspectos práticos identificados, a solução não deve ser apenas um software, mas sim *plug-in* para um *software* de modelagem BIM. Com isso garante-se o acesso aos dados presentes no modelo BIM, além de uma melhor integração com o fluxo de trabalho. Para isso, o *software* escolhido para a elaboração da solução foi o Revit© comercializado pela empresa Autodesk. A escolha é justificada primeiramente por ele ser o *software* BIM dominante no mercado (Eastman et al., 2011; NBS, 2019). Em segundo lugar, por ele também ser o *software* BIM mais utilizado nos trabalhos identificados na revisão bibliográfica. Um resumo dos principais requisitos definidos é apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Definição de requisitos da solução a ser desenvolvida

Registro e identificação das horas	Registrar as horas de projeto, sendo capaz de discriminar as horas registradas entre diferentes usuários, projetos, etapas e tarefas.
Usabilidade	Simple utilização, sem demandar muito tempo do usuário para o registro dos dados. Ser integrado ao fluxo de trabalho, possuindo os comandos acessíveis ao usuário.
Integração ao processo BIM	Coletar informações presentes nos modelos que proporcionem um melhor entendimento do processo de projeto.

(fonte: elaborado pelo autor)

4.3 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

Uma vez identificada uma possível solução, parte-se para o desenvolvimento do artefato. Segundo Crnkovic (2010), durante a criação de um artefato, a principal tarefa do pesquisador é o processo de seu desenvolvimento, que deve ser estudado e documentado com rigor. No entanto, por ser uma etapa empírica, iterativa e

relacionada ao problema proposto, não existem processos metodológicos genéricos definidos (LUKKA, 2003).

O desenvolvimento do artefato foi dividido em três fases. A primeira fase consistiu na elaboração de um protótipo funcional a fim de validar a exequibilidade da solução proposta. Para isso, foi necessária a construção de uma base de conhecimento sobre a linguagem de programação C# e da API do software Revit©.

A segunda fase, denominada versão de testes, teve como foco a experiência do usuário, contando com melhorias de interface, de usabilidade e com o desenvolvimento de novas funcionalidades. A terceira e fase, denominada versão final, teve como foco a preparação do *plug-in* para distribuição aberta, contando com o tratamento de erros e a tradução para o inglês. O processo de desenvolvimento do artefato é descrito em detalhe no capítulo 5.

4.4 ANÁLISE DA SOLUÇÃO

Nesta fase, cabe ao pesquisador afastar-se dos testes empíricos e avaliar o processo de aprendizado durante o desenvolvimento do artefato (LUKKA, 2003). Para isso, o pesquisador deve observar e medir o desempenho do artefato na solução do problema de acordo com os requisitos definidos na proposta da solução (DRESCH et al., 2015).

De acordo com Hevner et al. (2004), a avaliação de artefatos pode ser feita em termos de funcionalidade, utilidade, acurácia, desempenho, confiabilidade, usabilidade, encaixe com as necessidades do usuário, entre outros atributos de qualidade relevantes. A avaliação desses atributos pode ser feita de maneira observacional, analítica, experimental, descritiva, a partir de testes ou grupos focais (DRESCH et al., 2015).

Para fins de avaliação do artefato serão realizados dois tipos de análise. Primeiramente será realizada uma análise descritiva da utilidade do artefato, ou seja, sua validação será feita através da construção de cenários que demonstram a utilidade do artefato em diferentes cenários (Hevner et al, 2004).

O artefato também será avaliado através de testes funcionais (*black box*), que tem como objetivo verificar se o sistema atende aos parâmetros de utilidade e usabilidade

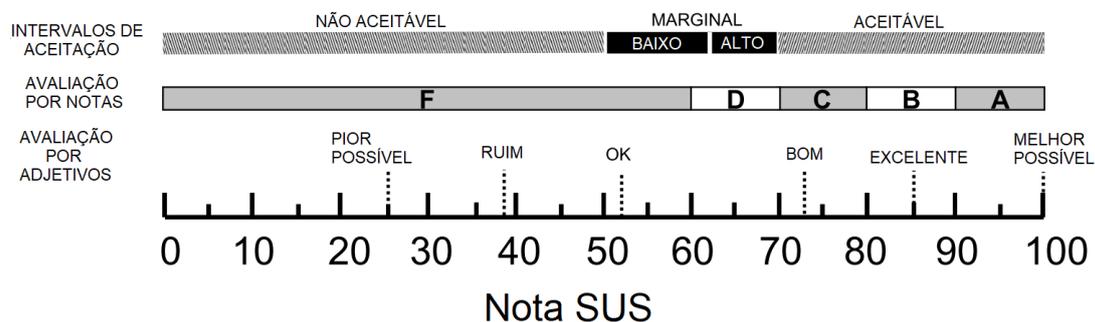
pelo ponto de vista do usuário (DRESCH et al., 2015). Os testes funcionais ocorrerão com a versão final do *plug-in*, que será distribuída de maneira aberta através da loja oficial de *plug-ins* da Autodesk. Com isso, o artefato será testado em um ambiente real, podendo ser utilizado por estudantes, profissionais autônomos e em empresas.

Após duas semanas de uso do *plug-in*, os usuários foram convidados a participar do questionário de avaliação aplicado através da plataforma Google Forms. Baseado no artigo 1º da resolução N° 510, de 7 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde, o questionário não foi registrado no sistema CEP/CONEP por se tratar de uma “pesquisa que objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito” (BRASIL, 2016).

O questionário de avaliação do artefato é dividido em três seções, sendo a primeira para caracterização do usuário. A segunda seção tem como objetivo avaliar o quesito de usabilidade através do questionário *System Usability Scale* (SUS). O SUS é um questionário padronizado desenvolvido por Brooke (1996) com o intuito de estabelecer de maneira simples uma métrica de usabilidade aplicável a uma gama de produtos e serviços. O questionário possui dez perguntas respondidas através de uma escala Likert (1: discordo fortemente; 5: concordo fortemente), resultando em uma pontuação em uma escala que vai de zero a 100.

A escolha do questionário SUS para avaliação da usabilidade se deu tanto pela facilidade e rapidez de sua aplicação, quanto por mostrar resultados confiáveis em diferentes estudos e contextos (BANGOR et al, 2009). Além disso, a nota SUS tem fácil interpretação, pode ser relacionada com intervalos de aceitação da solução, ou avaliação através de adjetivos (Figura 8).

Figura 8 – Interpretação da nota SUS em diferentes escalas



(fonte: adaptado de Bangor et al., 2009)

Na terceira e última seção do questionário estão presentes questões referentes à relevância dos dados registrados pelo artefato. O intuito da elaboração dessas questões é validar os cenários elaborados na análise descritiva, verificando se os usuários identificam a utilidade do artefato em cenários reais. As questões do questionário são mostradas no Apêndice A e a análise das respostas obtidas é feita no capítulo 6.

5 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é apresentado o processo de desenvolvimento da solução proposta que é composto de três etapas. A primeira etapa aborda a elaboração do protótipo funcional, onde são desenvolvidas as principais funcionalidades do *plug-in*. Na segunda etapa, denominada versão de testes, são apresentadas diversas melhorias implementadas tendo como foco a experiência do usuário. Na terceira e última etapa, versão de distribuição, é descrito o processo de preparação e distribuição do *plug-in* desenvolvido.

5.1 PROTÓTIPO FUNCIONAL

A primeira etapa de desenvolvimento da solução proposta consistiu na elaboração de um protótipo funcional. Para isso, em primeiro lugar, foi realizada a aquisição dos conhecimentos básicos sobre programação e APIs, necessários para o desenvolvimento de um *plug-in*. Após isso, de maneira gradual as diferentes funcionalidades foram desenvolvidas a fim de atingir os requisitos definidos para a solução.

Por envolver um processo de aprendizado, o desenvolvimento do protótipo se deu de maneira altamente iterativa. Em muitos casos, os conhecimentos adquiridos para o desenvolvimento de uma funcionalidade específica proporcionaram um melhor entendimento sobre programação ou sobre o funcionamento da API, acarretando alterações e melhorias no código de outras etapas. Apesar disso, para facilitar a compreensão do texto, o processo de desenvolvimento é descrito de maneira linear.

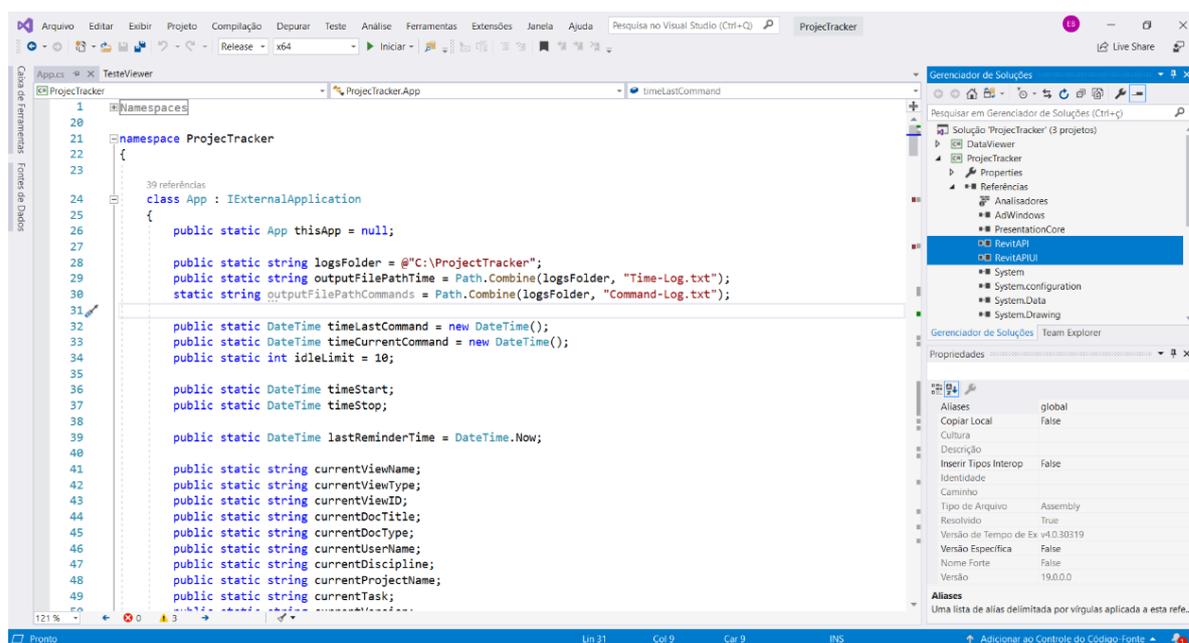
5.1.1 Utilizando o guia “Meu primeiro *plug-in* de Revit®”

Uma vez definida a proposta da solução, o primeiro passo do desenvolvimento consistiu no entendimento do processo de criação de um *plug-in*. Isto ocorreu através do guia passo-a-passo “Meu primeiro *plug-in* de Revit” (AUTODESK, c2019b). O guia apresenta um passo-a-passo para a criação de um *plug-in* básico cujo código fonte em C# é fornecido. Nesse guia, o foco não está voltado para a programação de funcionalidades, mas sim para os passos genéricos, como a configuração do ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment* - IDE) e em

quais locais os arquivos criados necessitam estar para que sejam reconhecidos e carregados pelo Revit© como um *plug-in*.

A IDE é um tipo de *software* utilizado no desenvolvimento de programas de computador, contando com funcionalidades como o editor de códigos e depurador. A IDE utilizada no guia (e também para o desenvolvimento do *plug-in*) foi o *Microsoft Visual Studio Community*. A principal configuração a ser feita na IDE para a elaboração de um *plug-in* consiste em adicionar referências aos arquivos da API do Revit©. Através dessas referências os métodos e funções presentes no programa podem ser utilizados através da execução de códigos, possibilitando assim a elaboração do *plug-in*.

Figura 9 – Captura de tela da IDE Microsoft Visual Studio



(fonte: elaborado pelo autor)

Após concluída a configuração da IDE, o guia fornece o código fonte de um *plug-in* simples, que é então compilado, resultando em um arquivo que pode ser interpretado pelo Revit©.

Com a conclusão do “Meu primeiro *plug-in* de Revit”, iniciou-se o desenvolvimento do protótipo do *plug-in* proposto, denominado de “Project Tracker”. O desenvolvimento ocorreu de maneira iterativa, guiado pelas funcionalidades básicas planejadas. Para a implementação de cada funcionalidade se fez necessário o entendimento de

funções e classes diferentes presentes na API, assim como de conceitos e técnicas da programação orientada a objetos. O conhecimento específico referente à API foi obtido a partir das fontes listadas no quadro 2.

Quadro 2 – Principais fontes consultadas durante o desenvolvimento: API Revit©

Fonte	Descrição
Revit© Software Developer Kit (SDK)	Disponível junto à instalação do Revit©, o SDK fornece o código fonte de inúmeros exemplos de <i>plug-ins</i> de maneira organizada para fácil consulta.
The Building Coder (c2019)	Blog escrito por Jeremy Tammik, funcionário da Autodesk, contendo explicações detalhadas sobre funcionalidades ou sobre como contornar limitações da API para a resolução de problemas propostos pela comunidade de desenvolvedores.
Revit© API Forum (AUTODESK, c2019c)	Fórum de discussões onde dúvidas referentes a API são respondidas pela comunidade de desenvolvedores ou por membros equipe da Autodesk.
Revit© API Docs (TALARICO, 2019):	Versão online da documentação de classes e métodos da API, que é oficialmente distribuída junto com o SDK.

(fonte: elaborado pelo autor)

Além das questões específicas do desenvolvimento de um *plug-in*, diversas dúvidas referentes à programação em C# surgiram durante o processo. Dúvidas gerais sobre conceitos de programação orientada a objeto e sintaxe de código, assim como dúvidas mais específicas sobre classes e funções, em grande parte das vezes foram sanadas na comunidade do Stack Overflow (c2019).

5.1.2 Interface do usuário

Após a compreensão do processo de criação de um *plug-in*, partiu-se para o desenvolvimento da solução proposta, iniciando-se pelo desenvolvimento da interface

do usuário. No software Revit®, a interação do usuário com o modelo dá-se através da execução de comandos através de botões localizados na faixa superior da tela, também conhecida como *Ribbon*. A faixa superior é organizada em diferentes abas (*Tabs*), agrupando os botões conforme a sua funcionalidade, como por exemplo “Arquitetura”, “Estrutura”, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Faixa de botões no Revit®

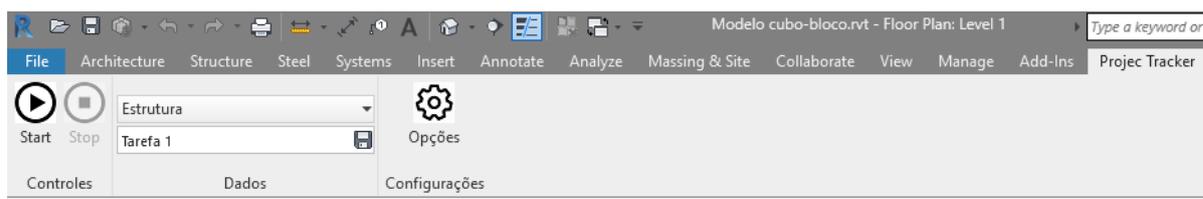


(fonte: elaborado pelo autor)

Para a elaboração da interface de plug-ins é possível criar botões e através da API associar as funções desenvolvidas a eles. Os botões criados desta maneira podem ser inseridos na aba de “Suplementos”, ou ainda, em uma nova aba exclusiva para o *plug-in*. O desenvolvimento dos botões foi baseado no exemplo “Ribbon” disponível no SDK, onde são apresentados os diferentes tipos de botões existentes e os comandos necessários para sua criação.

Seguindo o exemplo disponível, foram criados os botões para o *Project Tracker* em uma nova aba, sendo ela dividida em painéis correspondentes às funcionalidades (Figura 11). No painel “Controles”, foram criados os botões “Start” e “Stop”, que iniciam e param o registro de horas. No painel “Dados” o usuário pode atribuir às horas registradas uma disciplina na lista pré-definida. Logo abaixo, existe uma entrada de texto para a descrição da tarefa. No painel “Configurações”, se encontra o botão que abre o menu de opções do *plug-in*.

Figura 11 – Faixa de botões criados



(fonte: elaborado pelo autor)

5.1.3 Identificando dados de interesse

Inspirado pelo trabalho de Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018), onde informações sobre elementos e comandos são registrados durante o processo de projeto, buscou-se quais dados do modelo poderiam ser acessados e registrados através da API. Diferentemente do trabalho Yarmohammadi e Castro-Lacouture (2018), onde os dados registrados têm como foco o desempenho do projetista, o foco foi voltado para dados referentes ao projeto.

Nesta etapa o conhecimento prévio do software Revit© se mostrou essencial para a compreensão de quais dados são armazenados no modelo, como eles estão organizados, e principalmente, quais desses dados são relevantes para um melhor entendimento do processo de projeto e modelagem. Dessa forma, o primeiro passo consistiu na identificação dos dados considerados relevantes através da interface gráfica do Revit©.

Uma vez identificados os dados relevantes, buscou-se como acessar estes dados através da API. A pesquisa foi feita através da documentação da API, onde são listadas todas as classes e propriedades dos objetos. As informações identificadas como relevantes e os objetos da API que contém a informação são listadas Quadro 3.

Quadro 3 – Informações extraídas do modelo BIM

Informação	Propriedade (ou método)	Valor de exemplo
Nome do usuário	Document.Application.Username	Emilio
Nome do arquivo	Document.Title	Projeto Casa.rvt
Tipo de arquivo	Document.IsFamilyDocument()	False
Nome da vista	CurrentActiveView.ViewName	Planta Baixa Térreo
Tipo da vista	CurrentActiveView.ViewType	FloorPlan
ID da vista	CurrentActiveView.ViewID	307695

(fonte: elaborado pelo autor)

As três primeiras informações listadas são propriedades do objeto “Document”, que contém todas informações e elementos do projeto. A informação do **nome do usuário** provém da licença associada ao software, podendo ser utilizada para discriminar as horas entre membros de uma equipe. O **nome do arquivo** possibilita a separação das horas entre projetos diferentes, e até entre etapas diferentes do projeto caso essa informação esteja presente no nome do arquivo, por exemplo: “Projeto 1-Projeto Básico”, “Projeto 1-Projeto Executivo”.

A informação referente ao **tipo de arquivo** identifica se o arquivo é uma família ou um projeto. Essa informação pode se mostrar relevante principalmente para escritórios que estão na fase de implementação BIM, pois nessa etapa há um investimento de tempo na criação de uma biblioteca de famílias padrão para a elaboração dos projetos. Dessa forma, com essa informação é possível separar as horas dedicadas diretamente ao desenvolvimento de um projeto e as horas dedicadas a criação de famílias (que poderão ser utilizadas posteriormente em outros projetos).

As três outras informações listadas são referentes à **vista** em que o usuário está trabalhando. Cada vista possui um **nome** único, que pode ser alterado ao longo do projeto pelo usuário (por exemplo, “Pavimento Térreo” pode se tornar “Térreo”). Por isso, optou-se por registrar também o campo “**ID da vista**”, que serve como um identificador único dentro de um projeto, não podendo ser alterado pelos usuários. Além do nome, as vistas possuem a propriedade referente ao seu **tipo**, como por exemplo, planta baixa, corte, vista 3D, tabela, legenda ou prancha.

Os dados referentes às informações da vista foram considerados relevantes pois através deles é possível identificar padrões de processo de projeto, considerando que cada tipo de vista possibilita ou facilita a execução de determinadas atividades. Por exemplo, vistas do tipo “planta baixa”, “corte” e “3D” são geralmente utilizadas em tarefas de modelagem, conferência ou compatibilização. Enquanto vistas do tipo “legenda”, “tabela” e “prancha” são utilizadas nas tarefas de documentação.

5.1.4 Registrando os dados

Após identificados os dados de interesse e como eles podem ser acessados através da API, o próximo passo de desenvolvimento do plug-in consistiu no registro das

informações em um banco de dados. Esta etapa pode ser dividida em duas decisões de projeto: a estrutura do banco de dados e a tecnologia utilizada.

A **estrutura do banco de dados** se refere à organização das informações registradas de modo que elas sejam facilmente consultadas. No caso da solução proposta, a principal variável é o tempo de projeto, por consequência, a estrutura dos dados deve proporcionar um melhor entendimento desta variável. No entanto, a estrutura de dados também deve permitir que as horas de projeto sejam divididas ou filtradas por outras variáveis, resultando em informações como o total de horas de projeto de um usuário ou tipo de vista específico.

Para possibilitar este tipo de consulta no banco de dados optou-se por organizar o banco de dados de forma que cada registro armazene os valores das diversas variáveis secundárias e a duração com que elas permaneceram com os mesmos valores. Com isso, ao ocorrer mudança de valor em uma das variáveis secundárias, um novo registro é feito no banco de dados. Dentre as variáveis monitoradas, a com maior taxa de alteração é a vista de trabalho ativa, ou seja, a vista na qual o usuário está trabalhando. Como consequência, a cada mudança de vista feita no Revit®, é necessário fazer um novo registro no banco de dados, documentando o tempo que o usuário permaneceu naquela vista (além das variáveis secundárias).

Na API do Revit®, a mudança da vista atual pode ser monitorada através de classe *Event Handler* (gestor de eventos em tradução livre). Através do gestor de eventos é possível atribuir uma função a ser executada quando um evento específico ocorre. Por exemplo, o evento “DocumentOpened” notifica o gestor de eventos quando um arquivo é aberto. De maneira similar, o evento “ViewActivated” notifica o gestor de eventos que a vista atual foi alterada. Ao identificar que a vista foi alterada, é executada a função que captura os dados da vista e a hora atual.

Após definida a estrutura do banco de dados, o próximo passo consistiu na **tecnologia** a ser utilizada, ou seja, o formato ou extensão de arquivo do banco de dados. Dentre as opções possíveis para armazenamento dos dados, como MySQL ou MongoDB, optou-se pelo formato CSV (*Comma-separated values*). A escolha de armazenar os dados neste formato é justificada por ser um formato facilmente manipulável através

de programação e de simples importação em outros softwares, como o Microsoft Excel, por exemplo.

No formato CSV os dados são registrados em um arquivo de texto (.txt), com formatação de uma tabela, onde as colunas são delimitadas por caracteres especiais, como vírgula (*comma*) ou ponto e vírgula. Com isso, cada registro é armazenado no arquivo de texto como uma linha contendo os valores das variáveis separadas pelo caractere “;”. Cada linha, ou registro, contém os seguintes dados: hora inicial, hora final, duração em segundos, nome do usuário, tipo de documento, nome do arquivo, nome da vista, tipo da vista, disciplina e tarefa. Um exemplo de um registro é mostrado a seguir.

```
30/01/2019 22:50:05; 30/01/2019 22:50:07; 23, Emilio; Project Document;  
Project1; 307695; Prancha 1; DrawingSheet, Estrutura; Tarefa 1
```

5.1.5 Monitoramento do usuário

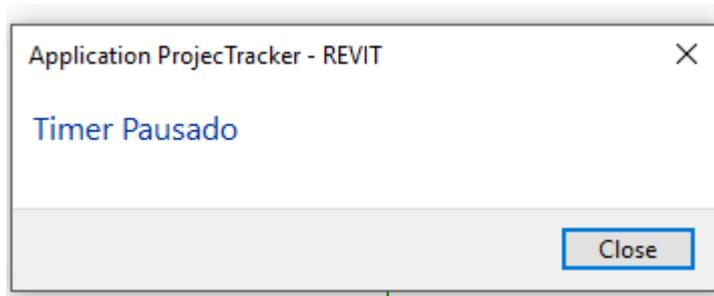
A fim de garantir a qualidade dos dados coletados e facilitar a usabilidade do *plug-in*, duas funcionalidades relacionadas ao monitoramento do usuário foram implementadas: a detecção de atividade e o lembrete para iniciar o registro de atividade. Ambas as funcionalidades foram concebidas considerando o contexto real em que o *plug-in* está inserido.

A detecção de atividade tem como objetivo a pausa automática do registro de dados caso o usuário não esteja ativamente trabalhando no modelo. Isso significa que caso o usuário decida realizar outra tarefa, como responder e-mails, o registro de horas de modelagem é automaticamente parado após um período determinado. Dessa forma, garante-se que o tempo registrado é correspondente ao esforço investido em uma determinada tarefa de modelagem no software.

A detecção da atividade de usuários, foi feita através dos os eventos *ViewActivated* e *CommandExecuted*, detectando mudanças na vista de trabalho e comando executados, respectivamente. Toda vez que um desses eventos é disparado, ou seja, o projetista interage com o programa, é registrada a hora atual do sistema operacional. Caso o intervalo de tempo entre as atividades seja superior a um limite pré-

estabelecido (por exemplo, dez minutos), o registro de dados é automaticamente parado e uma mensagem é exibida na tela informando o usuário (Figura 12).

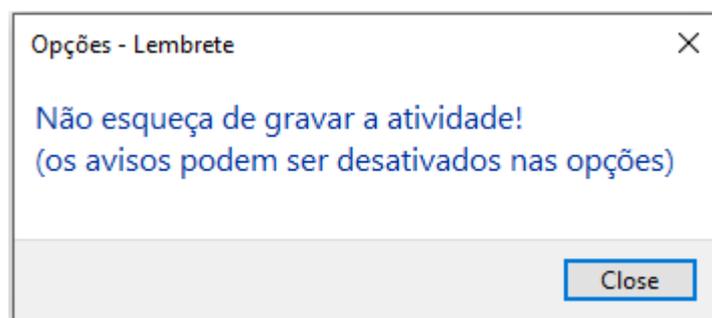
Figura 12 – Detecção de atividade



(fonte: elaborado pelo autor)

A segunda funcionalidade relacionada ao monitoramento do usuário foi a implementação de um lembrete para o início do registro de atividade. Caso o usuário esteja trabalhando no modelo sem o registro de horas ativa, o lembrete é exibido como uma mensagem na tela, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Mensagem de lembrete



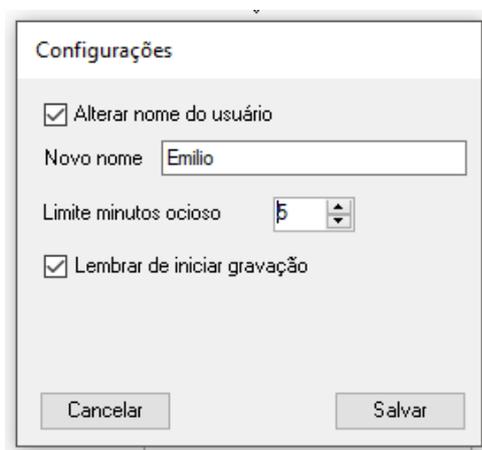
(fonte: elaborado pelo autor)

A implementação dessa funcionalidade foi feita de maneira similar ao registro de atividade: os eventos *ViewActivated* e *CommandExecuted* são monitorados para detectar a interação do projetista com o software. Quando um dos eventos é detectado, caso o registro de atividades estiver desligado a mais tempo do que um valor pré-estabelecido, é exibida a mensagem com o lembrete.

5.1.6 Tela de configurações

A tela de configurações (Figura 14) foi concebida com o intuito de fornecer controle sobre algumas funcionalidades do *plug-in*. A primeira opção permite ao usuário alterar o nome que será atribuído às atividades. Por padrão, é registrado o nome do usuário associado à licença utilizada no Revit®. No entanto, em um escritório é possível que todas as licenças estejam vinculadas a só um usuário ou ainda, que mais de um usuário utilize a mesma licença. Dessa forma, é possível definir um “Novo nome” para separar os registros de diferentes usuários.

Figura 14 – Tela de configurações



(fonte: elaborado pelo autor)

A segunda opção permite ao usuário definir a quantidade de minutos de inatividade que são tolerados antes da parada automática do registro. A quantidade de minutos estabelecida nesse campo também determina a frequência com que os lembretes para iniciar o registro são enviados, caso a opção “Lembrar de iniciar gravação” esteja ativada.

5.1.7 Conclusão e considerações sobre a etapa

Após o desenvolvimento das funcionalidades básicas para o funcionamento do *plug-in*, a etapa de desenvolvimento foi dada como concluída. O protótipo funcional foi apresentado para dois escritórios situados em Porto Alegre que desenvolvem seus projetos em Revit®. Um dos escritórios atua na área de compatibilização e

coordenação de projetos, enquanto o outro atua no desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

Em ambas as empresas o protótipo funcional foi apresentado para os gestores de projetos, que concordaram em participar de um período de testes que durou duas semanas. Durante este período ocorreram diversas comunicações pontuais para a comunicação de erros (*bugs*), coleta de feedback da usabilidade e sugestões de funcionalidades.

Através do teste de uso nos escritórios, foram identificados diversos erros de programação (também conhecidos como *bugs*) devido ao acontecimento de situações inesperadas. Os *bugs* identificados neste período de testes podem ser classificados em dois grupos: erros na execução do código e erros nos dados registrados.

O primeiro se refere a erros que impediram o usuário de usar funcionalidades, como não conseguir acessar o menu de opções, ou até o travamento do programa. O segundo refere-se a erros que causaram a captura incorreta ou incompleta dos dados. A identificação e correção destes dois tipos de erros é essencial para que o *plug-in* seja uma solução confiável e precisa.

O teste com os escritórios serviu também como uma validação preliminar, tanto do direcionamento da solução proposta, quanto do seu funcionamento no mundo real. A partir dos comentários dos usuários foram identificadas melhorias de usabilidade e novas funcionalidades a serem contempladas na etapa seguinte de desenvolvimento.

5.2 VERSÃO DE TESTES

Após o período de testes do protótipo as sugestões e comentários sobre a o *plug-in* foram coletados. A partir destes comentários, foram identificadas modificações relevantes a serem feitas a fim de garantir um melhor funcionamento do *plug-in*. O processo de desenvolvimento dessas melhorias é descrito nos itens a seguir.

5.2.1 Entradas manuais de dados

A primeira tarefa abordada durante esta etapa foi a melhoria na entrada manual de dados. No protótipo, o usuário tinha a possibilidade de atribuir informações adicionais

ao registro a fim de identificar a disciplina e a tarefa em que estava trabalhando. Esta entrada de dados era realizada através de uma lista predefinida de disciplinas e de um campo de texto para as tarefas.

No entanto, esse formato de entrada de dados se mostrou insatisfatório por dois motivos: primeiro, o usuário está limitado a escolher dentre as disciplinas listadas. Além disso, percebeu-se que em muitos casos os escritórios são especializados em uma disciplina, fazendo com que nestes casos esta informação não seja relevante.

O segundo motivo pelo qual a entrada de dados se mostrou insatisfatória foi pelo uso da descrição da tarefa no formato de texto livre, permitindo que a mesma tarefa pudesse ser descrita com grafias diferentes. Por exemplo “modelagem paredes” e “modelagem alvenarias”, dificultando o processo de análise de dados posteriormente.

A primeira alteração consistiu na alteração do campo de “Disciplinas” para “Etapa” (de projeto). Esta mudança é justificada considerando que independente da especialidade do escritório, os projetos costumam passar por diferentes etapas como estudo preliminar, projeto básico ou executivo. Cada etapa costuma ter tarefas e produtos (ou entregáveis) específicos, sendo assim, considerada bastante relevante a organização dos dados registrados em função da etapa de projeto.

A segunda alteração consistiu na modificação das entradas de dados. Tanto a de tarefas quanto a de etapa foram alteradas para a uma lista personalizável através da tela de configurações do *plug-in*. Esta implementação oferece liberdade aos usuários de organizarem as informações referentes a etapas de projeto e tarefas conforme o seu fluxo de trabalho. Uma vez personalizados os valores, o usuário pode alternar entre as tarefas e etapas de projeto predefinidas de maneira rápida diretamente na tela principal (Figura 15).

Figura 15 - Entrada manual de dados – antes e depois



(fonte: elaborado pelo autor)

Na entrada de dados, seguindo o mesmo padrão dos campos de “Etapa” e “Tarefa”, também foi adicionado o campo “Projeto”. Este campo foi adicionado a fim de identificar a qual projeto cada arquivo pertence, uma vez que projetos grandes ou com diferentes disciplinas podem ser divididos entre diversos arquivos.

Para a implementação das entradas de dados personalizáveis foi necessário desenvolver uma maneira de armazenar (e ler) os valores informados pelo usuário. Para isso, foi utilizada uma funcionalidade nativa presente no C# na classe *Properties.Settings.Default*. Através dela, o registro e a leitura de valores salvos são feitos através de comandos simples, não sendo necessária a criação manual de um arquivo de texto para salvar estas informações. Dessa forma, os dados referentes aos campos “Projeto”, “Etapa” e “Tarefa” ficam registrados em diferentes listas.

Os itens salvos dessa forma posteriormente necessitam ser adicionados à interface gráfica do Revit© através de comandos da API. Neste ponto, um fato curioso referente à API é que somente existem métodos para a **adição** de itens nas listas, não existindo métodos de **remoção**. Por causa disso, os itens removidos pelo usuário na tela de configurações do *plug-in* ficarão disponíveis na interface gráfica até o fechamento do programa. Os itens somente são eliminados na próxima inicialização do programa, quando a interface dos *plug-ins* (os botões e listas) são criados programaticamente.

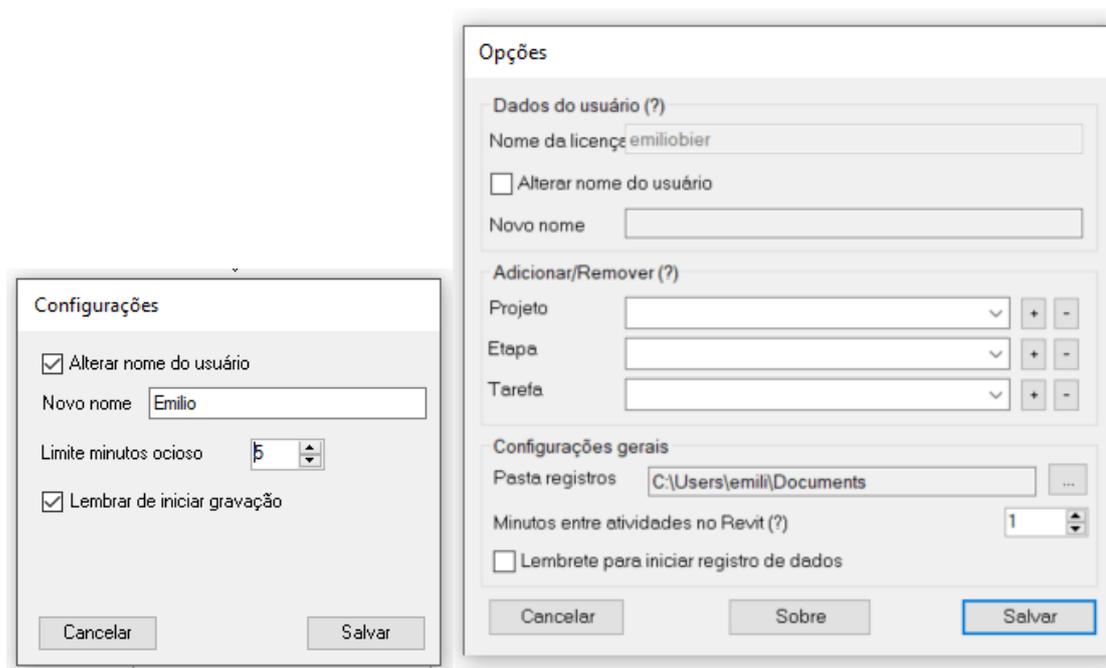
5.2.2 Seleção da pasta de armazenamento dos dados

No protótipo funcional, o banco de dados dos registros feitos pelo *plug-in* estava localizado em uma pasta predefinida no computador do usuário. Ao longo dos testes, a funcionalidade de permitir o usuário escolher onde os registros são salvos se mostrou necessária, principalmente nos casos com múltiplos membros de uma equipe utilizando o *plug-in*.

Nestes casos, a fim realizar uma análise dos dados da equipe, era necessário que estes arquivos dispersos em diferentes computadores fossem manualmente coletados e agrupados. Com a funcionalidade da seleção da pasta é possível definir que os registros de múltiplos usuários sejam armazenados em uma pasta da rede interna ou em uma pasta sincronizada na nuvem, possibilitando o agrupamento de dados de maneira automatizada e segura.

Para isso, foi criado um campo na tela de opções que permite ao usuário selecionar a pasta onde deseja armazenar os registros. O caminho da pasta é armazenado da mesma forma que a lista de tarefas e projetos, utilizando a classe *Properties.Settings.Default*. As mudanças na tela de configurações são mostradas na Figura 16, contando com a seleção da pasta e com a gestão das listas de projetos, etapas e tarefas.

Figura 16 – Tela de configurações – antes e depois



(fonte: elaborado pelo autor)

A fim de garantir que não haja perda de dados na troca da pasta, foram implementadas algumas verificações no código. Ao selecionar uma nova pasta, o usuário é questionado se deseja mover os registros existentes para a nova pasta. Caso positivo, é verificado se já não existe um arquivo com o mesmo nome na nova pasta, a fim de não sobrescrever arquivos. Se na pasta selecionada já houver um arquivo de registros, o usuário é questionado se deseja agrupar os dados em um arquivo só.

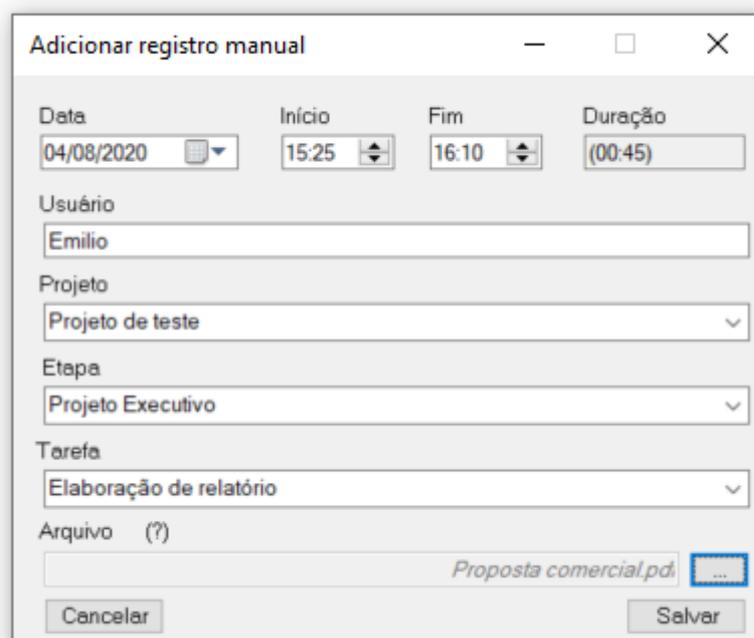
5.2.3 Adição manual de horas

Dentre as sugestões coletadas com os escritórios que realizaram o teste com o protótipo, estava a implementação de uma funcionalidade que permitisse a entrada manual de horas. No caso dos escritórios, o interesse se deu devida à necessidade

de registrar as horas externas ao processo de modelagem no Revit®, como reuniões, troca de e-mails e elaboração de relatórios.

A adição manual de horas é uma funcionalidade comum identificada nas plataformas de gestão de tempo, como Clockify, por exemplo. Com esta funcionalidade, os usuários podem registrar horas que, por esquecimento ou algum outro motivo, não foram registradas. Considerando isso, a funcionalidade de adição manual de horas foi desenvolvida para o *plug-in*. Para isso, foi adicionado o botão “Registro manual” na interface do *plug-in* que abre uma janela com os campos a serem preenchidos conforme mostrado na Figura 17. Nesta tela o usuário pode definir manualmente as informações referentes a duração, projeto, etapa, tarefa e em qual arquivo estava trabalhando.

Figura 17 – Tela de registros manuais



A janela "Adicionar registro manual" apresenta os seguintes campos e controles:

- Data:** Campo de texto com o valor "04/08/2020" e um ícone de calendário.
- Início:** Campo de texto com o valor "15:25" e um controle de spin.
- Fim:** Campo de texto com o valor "16:10" e um controle de spin.
- Duração:** Campo de texto com o valor "(00:45)".
- Usuário:** Campo de texto com o valor "Emilio".
- Projeto:** Campo de texto com o valor "Projeto de teste" e uma seta para baixo.
- Etapa:** Campo de texto com o valor "Projeto Executivo" e uma seta para baixo.
- Tarefa:** Campo de texto com o valor "Elaboração de relatório" e uma seta para baixo.
- Arquivo (?):** Campo de texto com o valor "Proposta comercial.pd" e um ícone de arquivo.

Na base da janela, há dois botões: "Cancelar" e "Salvar".

(fonte: elaborado pelo autor)

Os dados inseridos dessa forma são registrados no arquivo de texto como uma nova linha, da mesma forma que os dados registrados automaticamente. No entanto, a fim de possibilitar a diferenciação dos dados inseridos manualmente e dos registrados automaticamente, no campo referente ao tipo de documento (projeto ou família) é

gravada a informação “Registro manual”. Os outros campos referentes aos dados do modelo BIM (nome, tipo e id da vista) são registrados em branco.

5.2.4 Melhoria de usabilidade

Após o período de testes nos escritórios a principal dificuldade identificada pelos gestores foi a resistência dos membros da equipe iniciarem o registro de horas durante o processo de modelagem. Apesar do lembrete exibido na tela, para iniciar o registro de horas, os usuários muitas vezes apenas o fechavam e seguiam trabalhando.

O comportamento, apesar de inesperado, é compreensível, uma vez que para iniciar o registro de horas o usuário deve: fechar a janela de aviso, alternar para a aba do *plug-in* e apertar o botão “Iniciar”. A fim de melhorar a usabilidade do *plug-in* e incentivar o registro de horas, o lembrete para iniciar as horas foi repensado. Na nova versão foram incluídos todos os comandos necessários para o usuário iniciar o registro de horas diretamente na mensagem de aviso, conforme mostrado na figura 18.

Figura 18 – Mudanças no lembrete para iniciar o registro de atividades

A imagem mostra uma janela de diálogo intitulada "Lembrete". No topo, há um ícone de fechar (X). O conteúdo da janela é o seguinte:

- Texto principal: "Não se esqueça de iniciar o registro de atividade!" (acompanhado de um ícone de ajuda "?").
- Subtexto: "Verifique os dados abaixo e clique em 'Iniciar'." (acompanhado de um ícone de ajuda "?").
- Seção "Dados" (acompanhada de um ícone de ajuda "?") com os seguintes campos:
 - Usuário: campo de texto com o valor "emiliobier".
 - Projeto: menu suspenso com o valor "Projeto".
 - Etapa: menu suspenso com o valor "Etapa".
 - Tarefa: menu suspenso com o valor "Tarefa".
- Botões: "Cancelar" e "Iniciar" (destacado com um contorno azul).

(fonte: elaborado pelo autor)

De maneira similar ao lembrete de para iniciar o registro, o aviso de inatividade foi repensado. Na nova versão foram adicionados os controles que possibilitam que o usuário retome o registro de horas (Figura 19). Além disso, a funcionalidade de

adicionar horas manualmente foi integrada nesta mesma janela, permitindo os usuários atribuírem o período de inatividade no Revit© à outra atividade.

Figura 19 – Mudanças no aviso de inatividade

Data	Início	Fim	Duração
15/08/2020	18:36:41	18:41:56	00:05:15

Usuário: emiliobier

Projeto: Projeto Teste

Etapa: Projeto Executivo

Tarefa: Elaboração proposta

Arquivo: Proposta comercial.pdf

Dados

Usuário: emiliobier

Projeto: Projeto

Etapa: Etapa

Tarefa: Tarefa

Parar Continuar

(fonte: elaborado pelo autor)

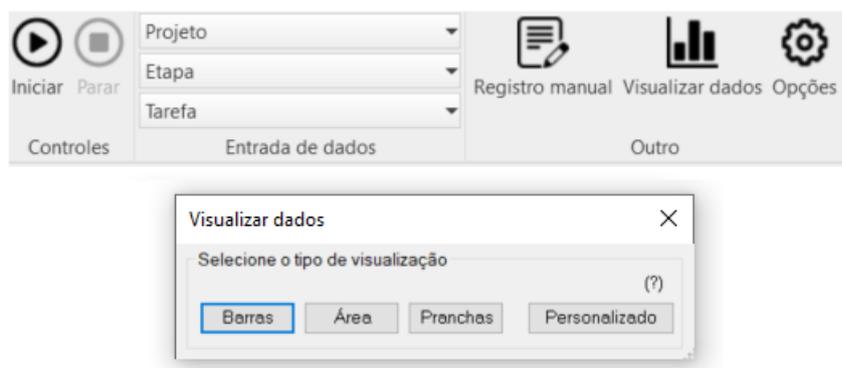
5.2.5 Visualizador de dados

Na concepção inicial do *plug-in*, foi considerado que a visualização dos dados registrados seria feita através de outros softwares, uma vez que o problema que se buscava solucionar estava ligado à obtenção dos dados. Apesar disso, a partir do contato com os usuários, percebeu-se uma dificuldade causada pela necessidade de importar os dados em um outro software para a realização de análises.

A fim de facilitar o entendimento dos dados ao usuário optou-se pela a implementação de funcionalidades de visualização de dados diretamente no *plug-in*. Dessa forma, informações como o total de horas trabalhadas na semana, ou ainda, a distribuição

dessas horas entre diferentes projetos, estão mais acessíveis aos usuários através de gráficos. Para isso, foi adicionado o botão “Visualizar dados” na interface do *plug-in*. O botão, quando acionado, exibe uma janela com quatro opções de visualização, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Botão e janela para visualização de dados



(fonte: elaborado pelo autor)

Os gráficos criados para a visualização dos dados foram elaborados utilizando a biblioteca gratuita e de código aberto LiveCharts (LIVE CHARTS, c2020). De maneira similar a uma API, uma biblioteca possui métodos e classes que precisam ser compreendidos para serem utilizados. A aquisição de conhecimento do funcionamento da LiveCharts se fez a partir da documentação e exemplos disponibilizados com a biblioteca.

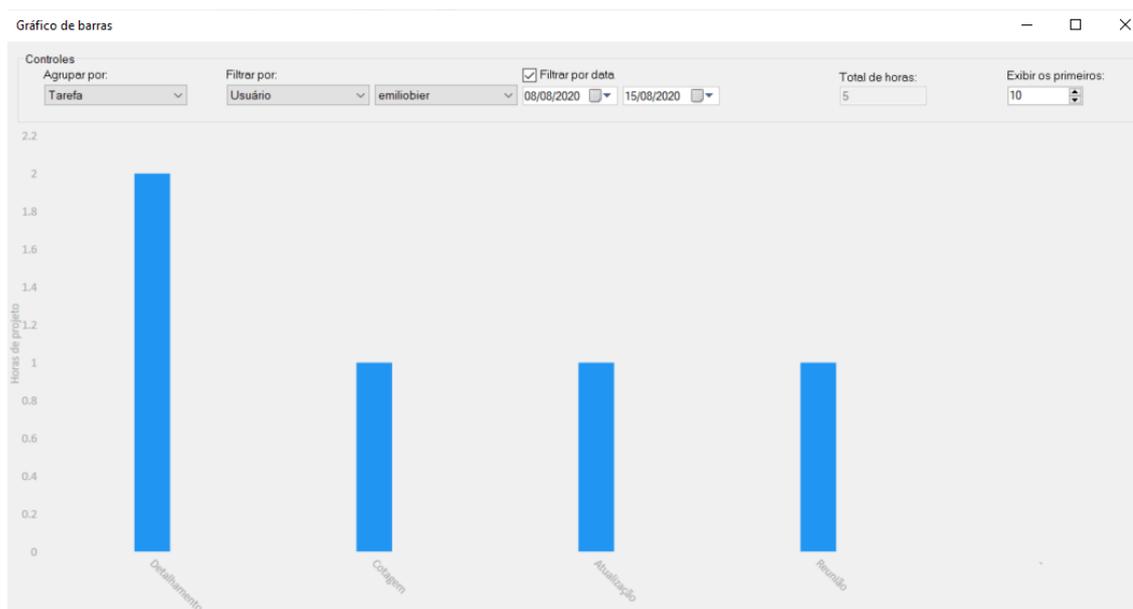
O primeiro passo para a elaboração dos gráficos consistiu na leitura do banco de dados de registros. A fim de prover uma organização dos dados lidos, utilizando os conceitos da programação orientada a objetos, a classe denominada “Registro” foi criada. Dessa forma, cada linha presente no banco de dados foi transformada em um objeto da classe “Registro” contendo as mesmas informações.

Após a criação dos objetos da classe “Registro”, o próximo passo consistiu no aprendizado de formas para filtragem e agrupamento dos dados. Por exemplo, dentre um número 1000 de registros deseja-se saber o total de horas gasto no “Projeto A”. O primeiro passo consiste em filtrar os registros onde o campo “Projeto” possui o valor igual a “Projeto A”. O segundo passo consiste em somar a duração dos registros obtidos dessa forma, contabilizando o total de horas gastas no “Projeto A”. A fim

realizar essas operações através do código utilizou-se o método denominado “expressão lambda”, que além de possuir sintaxe simples, possibilita operações de filtragem, agrupamento e ordenação.

Uma vez adquiridos os conhecimentos necessários sobre a biblioteca LiveCharts e expressões lambda, iniciou-se o desenvolvimento das interfaces para a visualização dos dados. O gráfico de barras foi concebido de modo a oferecer uma visão simples da distribuição das horas registradas. Para oferecer um melhor entendimento, foram inseridos controles que possibilitam o agrupamento e a filtragem dos dados. Por exemplo, na Figura 21 são exibidos os dados do usuário “emiliobier”, agrupados em função da variável “Tarefa”. Através do gráfico pode-se notar que do total de cinco horas registradas, duas foram gastas no detalhamento.

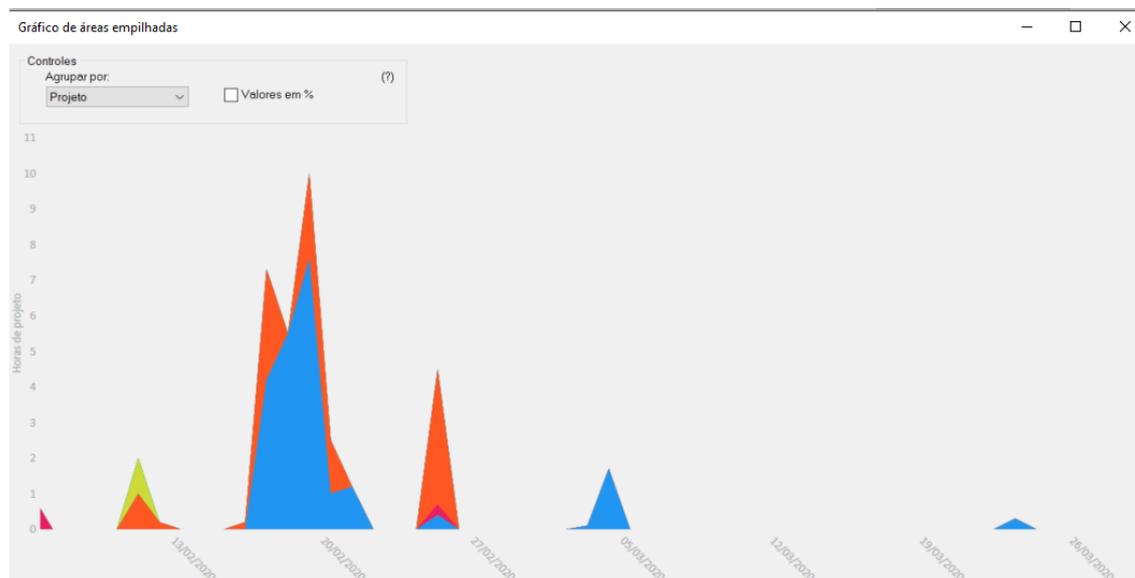
Figura 21 – Visualização de gráfico de barras



(fonte: elaborado pelo autor)

O gráfico de áreas empilhadas foi concebido com o intuito de visualizar a variação dos dados registrados ao longo do tempo, de modo similar à uma linha do tempo. Com isso no eixo X são representados os dias e no eixo Y é mostrado o total de horas agrupado conforme a variável selecionada. Na Figura 22 é mostrado a quantidade de horas trabalhadas por projeto (identificados com cores diferentes) ao longo do tempo.

Figura 22 – Visualização de gráfico de área



(fonte: elaborado pelo autor)

Os gráficos descritos acima foram desenvolvidos com o intuito de oferecer um meio prático e simples para a visualização dos dados registrados. A terceira visualização implementada, o gráfico de pranchas, se diferencia neste quesito pois além de utilizar informações dos dados registrados, também utiliza de informações sobre as pranchas existentes no modelo que está aberto no Revit®.

O gráfico de pranchas tem como objetivo exibir o tempo total gasto em cada prancha presente no modelo. Para isso, o primeiro passo consiste no uso do método *FilteredElementCollector* da API para a obtenção das pranchas (*Sheets*) presentes no modelo. Para cada prancha é utilizado o método *GetAllViewports()* para obter as vistas inseridas nas mesmas. As informações das pranchas e vistas são armazenadas para o passo seguinte. Nesse momento também é registrado se uma mesma vista está presente em mais de uma prancha, situação comum para legendas e detalhes genéricos.

O segundo passo consiste na filtragem e agrupamento dos registros conforme as informações obtidas no passo anterior. Com isso, o tempo total por prancha é calculado a partir da soma do tempo gasto nas vistas presentes na prancha e o tempo gasto na prancha em si. As vistas presentes em mais de uma prancha tem o tempo dividido igualmente entre elas. Um exemplo da divisão de tempo por pranchas é mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Visualização do tempo por pranchas



(fonte: elaborado pelo autor)

Deve-se notar que o valor obtido dessa forma não representa *exatamente* o tempo referente à elaboração das pranchas, uma vez que o processo de modelagem feito em vistas que não estão inseridas em pranchas não é contabilizado desta maneira. Apesar disso, os valores obtidos dessa maneira podem levar a conclusões referentes ao tempo de detalhamento necessário para a documentação. Além disso, o processo de desenvolvimento deste gráfico serve como exemplo de outras maneiras que os dados obtidos podem ser utilizados.

Além da implementação das visualizações de gráfico de barras, de áreas e por pranchas, uma quarta opção é disponibilizada no botão “Personalizado”. Este botão direciona o usuário para uma página da internet onde modelos de gráficos elaborados com o software Microsoft Power BI© estão disponibilizados. O processo de criação dos modelos de gráficos é discutido em detalhe na seção 6.1.2.

5.2.6 Conclusão e considerações sobre a etapa

As implementações descritas nesta etapa, de maneira geral, foram feitas considerando o uso do *plug-in* em seu contexto real, no caso, arquitetos e engenheiros em escritórios de projeto. O foco no contexto e nos usuários se mostrou essencial pois, por mais que a solução resolva o problema tecnicamente, caso ela não se encaixe no contexto ou no fluxo de trabalho, ela não será utilizada. Neste contexto, as melhorias de usabilidade ou a implementação do visualizador de dados não

representam diretamente novas capacidades para o *plug-in*, mas contribuíram consideravelmente para o seu uso no contexto em que está inserido.

Após a implementação das diversas funcionalidades e melhorias descritas nesta etapa, o desenvolvimento da versão de testes do *plug-in* foi dado como concluído. Com isso, partiu-se para a elaboração da terceira e última etapa de desenvolvimento: a versão de distribuição.

5.3 VERSÃO DE DISTRIBUIÇÃO

Esta etapa teve foco no processo de preparação e distribuição do *plug-in* de maneira aberta para todos interessados em utilizá-lo. Para isso, foram feitas as últimas alterações no código, tendo como objetivo o tratamento de erros, a adição do convite para o questionário de participação e a tradução do *plug-in* para o inglês. Além disso, neste capítulo também são descritos os processos de publicação do *plug-in* no repositório oficial da Autodesk e de divulgação.

5.3.1 Tratamento de erros

O tratamento de erros é uma prática utilizada no meio da programação a fim de prevenir e lidar com exceções, um tipo específico de *bug* que não permite o prosseguimento da execução de um método ou função. Por exemplo, ao tentar dividir um número por zero, a exceção *DivideByZeroException* ocorre, travando a execução do código.

Seguindo no mesmo exemplo de erro, existem duas abordagens para tratar este erro. A primeira, envolve a verificação do divisor antes de realizar a operação matemática, efetuando a divisão **somente** se ele não for igual a zero. A segunda abordagem utiliza os blocos de código *try* e *catch* para lidar com as exceções. No bloco *try* é inserido o código que deve ser executado. Caso ocorra uma exceção, a execução do código pula para o bloco *catch*, onde a exceção pode ser identificada e tratada. O código referente às duas abordagens é mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Exemplos de códigos com “if” e “try e catch”

```

void divisaoIF(double a, double b)
{
    if(b != 0) //Caso "b" for
    {
        //diferente de zero
        double resultado = a / b;
    }
    else
    {
        Debug.WriteLine("Divisão por zero!");
        //Caso "b" for zero
        //avisar usuário
    }
}

void divisaoTRY(double a, double b)
{
    try
    {
        double resultado = a / b;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        Debug.WriteLine("Divisão por zero!");
        //Caso "b" for zero
        //avisar usuário
    }
}

```

(fonte: elaborado pelo autor)

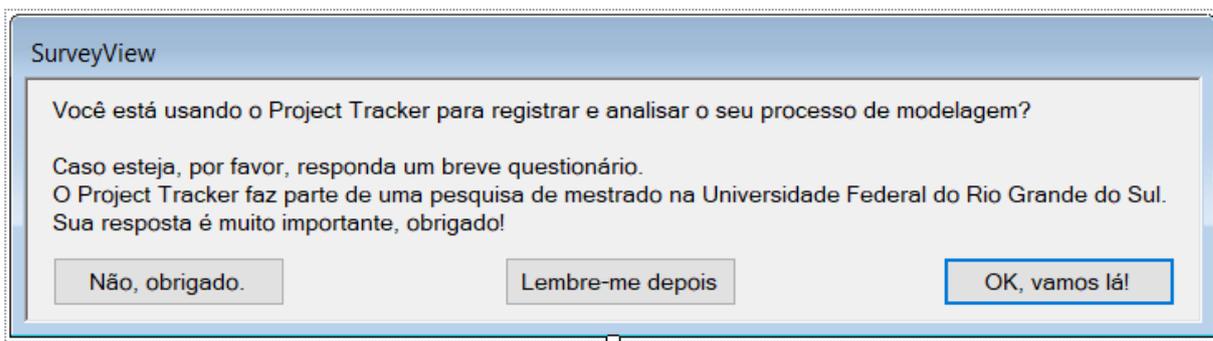
A principal diferença entre as duas abordagens é que a verificação com *if* previne que a exceção ocorra, já os blocos *try* e *catch* lidam com a exceção caso ela ocorra. A principal vantagem da segunda abordagem é que várias funções podem ser encapsuladas por um o bloco *try*, e diferentes exceções podem ser tratadas de maneira coletiva no bloco *catch*.

No contexto de desenvolvimento de um *plug-in* para Revit® exceções não tratadas podem causar o fechamento inesperado do programa, oferecendo o risco de perda de informações do usuário. A fim de eliminar este risco, a execução dos métodos e funções do *plug-in* foram encapsuladas pelos blocos *try* e *catch*.

5.3.2 Convite para o questionário

Conforme descrito na seção 3.5, parte da análise da solução proposta será feita através da aplicação de um questionário de avaliação. A fim de convidar os usuários para a participação do questionário, após duas semanas de utilização do *plug-in* uma mensagem é mostrada ao usuário (Figura 25).

Figura 25 – Mensagem de convite para participação do questionário



(fonte: elaborado pelo autor)

A janela foi programada para ser exibida no Revit© após duas semanas de uso do *plug-in*. Nela são apresentadas três opções: “OK, vamos lá!” abre o navegador da internet na página criada para o questionário; “Lembre-me depois” fecha a janela e a reexibe na próxima inicialização do programa; “Não, obrigado” fecha a janela, não sendo mais reexibida.

5.3.3 Suporte para múltiplos idiomas

Durante a elaboração da revisão bibliográfica e do desenvolvimento do *plug-in*, trabalhos de autores de diversas nacionalidades foram consultados. Nestes casos, a transmissão do conhecimento foi facilitada pela presença de uma língua comum, neste caso o inglês. Considerando isso, decidiu-se elaborar uma versão em inglês do *plug-in*, tornando-o acessível para um número maior de engenheiros e arquitetos que desejam registrar dados sobre o seu processo de projeto.

A tradução do *plug-in* foi feita utilizando a funcionalidade *ResourceManager*, seguindo os passos descritos na publicação do AEC DevBlog (GONÇALVES, 2013). Para isso, o primeiro passo consistiu na criação de um arquivo de recursos, onde podem ser armazenadas variáveis e seu valor. Em seguida, são identificados pontos do *plug-in* onde há texto que a ser traduzido. Para cada um desses pontos uma variável com nome único é criada para armazenar o valor do texto. Uma vez completada a listagem dos textos em português, um novo arquivo é gerado contendo as mesmas variáveis,

porém com o texto traduzido para o inglês. Uma parte dos arquivos de recursos é mostrada na Figura 26.

Figura 26 – Partes dos arquivos de recursos elaborados para a tradução

Nome	Valor	Nome	Valor
AssembleLoadError	An error happened loading the assemblies	AssembleLoadError	Erro ao carregar assemblies!
boxAddRemove	Add/Remove (?)	boxAddRemove	Adicionar/Remover (?)
boxConfig	General configuration	boxConfig	Configurações gerais
boxUserData	User data (?)	boxUserData	Dados do usuário (?)
cbmArchitectural	Architectural	cbmArchitectural	Arquitetônico
cbmDiscipline	Phase	cbmDiscipline	Etapa
cbmElectrical	Electrical	cbmElectrical	Elétrico
cbmFireSafety	Fire Safety	cbmFireSafety	PPCI
cbmHydraulic	Hydraulic	cbmHydraulic	Hidráulico
cbmHVAC	HVAC	cbmHVAC	Climatização
cbmOther	Other	cbmOther	Outro
cbmProject	Project	cbmProject	Projeto
cbmStructural	Structural	cbmStructural	Estrutural
cbmTask	Task	cbmTask	Tarefa
custom	Custom	custom	Personalizado

(fonte: elaborado pelo autor)

Com os arquivos de recursos definidos, o último passo consiste na alteração do código nos pontos com texto identificado. O texto digitado é substituído por uma função que busca a variável nos arquivos de recurso, de acordo com o idioma que está sendo utilizado no Revit®. Apesar da tradução ter sido feita somente para o inglês, a utilização do *ResourceManager* faz com que a tradução para outras línguas seja feita através da criação de arquivos específicos para outras línguas.

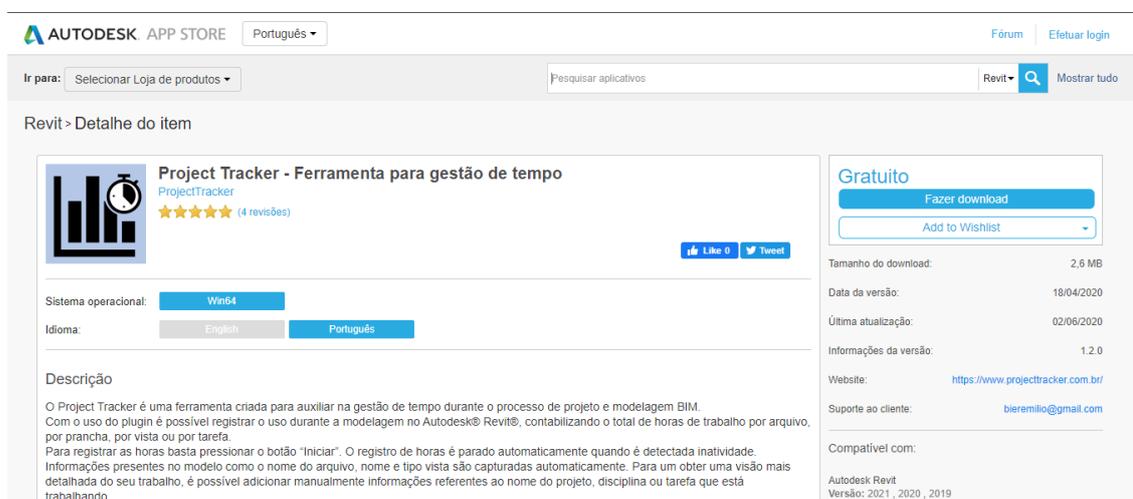
5.3.4 Publicação do *plug-in*

O último passo do desenvolvimento do artefato consistiu no processo de publicação do *plug-in* no repositório oficial da Autodesk, a Exchange Store. A publicação tem como objetivo disponibilizar o *plug-in* para todos os usuários de Revit® que tenham interesse em registrar dados do seu processo de projeto.

O processo de publicação de um *plug-in* na loja da Autodesk também possui um guia passo a passo disponível no canal Autodesk DevTV (2013). Para isso, os arquivos que compõem o *plug-in* devem ser organizados e nomeados de acordo com as diretrizes fornecidas. Após organizados os arquivos, o *plug-in* é enviado para avaliação por membros da Autodesk.

Nessa etapa é verificado se o *plug-in* funciona conforme sua descrição. Caso sejam identificadas inconformidades ou *bugs*, o desenvolvedor é notificado para realizar as correções necessárias. O *plug-in* é então enviado e avaliado novamente, sendo aprovado para publicação caso não haja problemas. No caso do *plug-in* Project Tracker foram necessárias duas iterações para a correções de *bugs* principalmente relacionados à implementação da tradução. Com a publicação do *plug-in* (Figura 27), a etapa de desenvolvimento do artefato foi dada como concluída.

Figura 27 – *Plug-in* publicado na Autodesk App Store



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.5 Site e divulgação

Após o processo de publicação, o *plug-in* foi divulgado em grupos e comunidades virtuais de usuários de Revit®. A publicação foi acompanhada da criação da página da internet www.ProjectTracker.com.br, onde é explicada a utilização e o funcionamento do *plug-in*, além de uma seção de perguntas frequentes. A página conta ainda com uma seção dedicada à visualização de dados, onde são apresentados guias para a utilização de softwares como o Excel® e PowerBI® para uma melhor compreensão dos dados. A captura da inicial do site é mostrada na Figura 28.

Figura 28 – Página inicial do site ProjectTracker.com.br



(fonte: elaborado pelo autor)

5.3.6 Conclusão e considerações sobre a etapa

Nesta etapa foram abordados os passos finais do desenvolvimento do plugin, incluindo a tradução e a publicação do *plug-in* desenvolvido no repositório oficial da Autodesk. Com a publicação, o desenvolvimento da ferramenta foi dado como concluído, no entanto, percebeu-se a necessidade de fornecer um guia para que os usuários possam compreender o funcionamento da ferramenta e tirar maior proveito dos dados registrados. Com isso, foi elaborado o site, contendo a seção de perguntas frequentes sobre o funcionamento do *plug-in* e dois guias ilustrando possibilidades da utilização dos dados obtidos.

6 ANÁLISE

Conforme descrito na seção 4.4, a análise da solução desenvolvida será feita de duas diferentes maneiras. Primeiramente será apresentada a análise descritiva, que busca demonstrar o funcionamento e a utilidade da solução através da construção de diferentes cenários. Em seguida são apresentadas as análises baseadas nas respostas do questionário aplicado com usuários do *plug-in*.

6.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Nesta seção são apresentados cenários que buscam demonstrar a utilidade da solução proposta em um cenário real a partir do ponto de vista de engenheiros, arquitetos e equipes que utilizam o *software* Revit© para a elaboração de projetos. Nos cenários são apresentados dois diferentes métodos de extração de informações relevantes e de análise de dados obtidos pelo Project Tracker: através do uso de editores de planilhas eletrônicas ou de *softwares* de *Business Intelligence (BI)*.

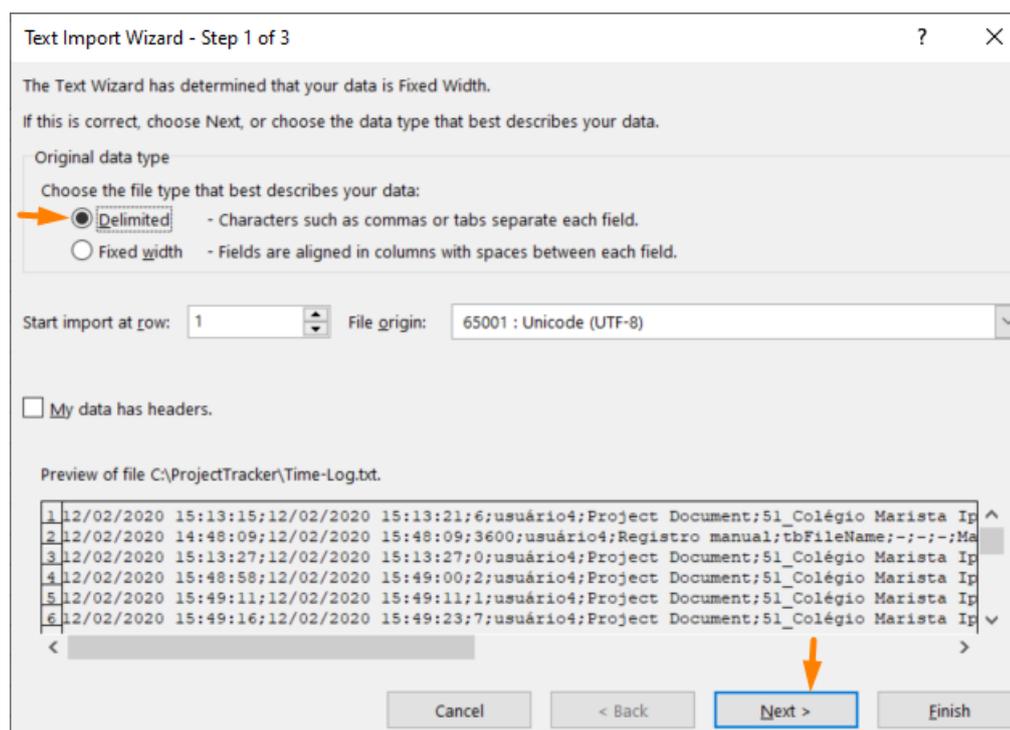
Em ambos os casos, os métodos são apresentados a fim de exemplificar algumas conclusões relevantes a respeito do processo de projeto que podem ser extraídas a partir dos dados. Apesar da tentativa de ilustrar casos mais gerais, as conclusões que podem ser tiradas a partir dos dados estão diretamente ligadas aos dados obtidos, ou seja, podem variar de acordo com processo de projeto de cada usuário ou escritório. Para a elaboração dos exemplos a seguir, foram utilizados dados anonimizados fornecidos por diferentes usuários.

6.1.1 Utilizando planilhas eletrônicas

No ramo da arquitetura e da engenharia, editores de planilhas eletrônicas como o Microsoft Excel©, são ferramentas amplamente utilizadas. As planilhas podem ser utilizadas de diversas maneiras, como a organização de tarefas, gestão de horas de projeto, ou ainda, controle de custos. Considerando isso, nesta seção será demonstrado como os dados registrados pelo *plug-in* podem ser utilizados desta maneira.

O primeiro passo consiste na importação do banco de dados de registros para o Excel© através do assistente presente no programa. No assistente, a opção de campos delimitados é selecionada, informando ao programa que as colunas de dados estão separadas pelo caractere de ponto e vírgula, conforme mostrado na Figura 29.

Figura 29 – Assistente de importação CSV do Excel



(fonte: elaborado pelo autor)

Após importados, os dados podem ser organizados utilizando a opção “Formatar como uma tabela”, fornecendo uma maneira simples de filtrar e ordenar as informações de acordo com a necessidade. Dessa forma, o total de horas em um projeto específico registrada por um usuário específico pode ser consultada com facilidade, conforme mostrado na figura 30.

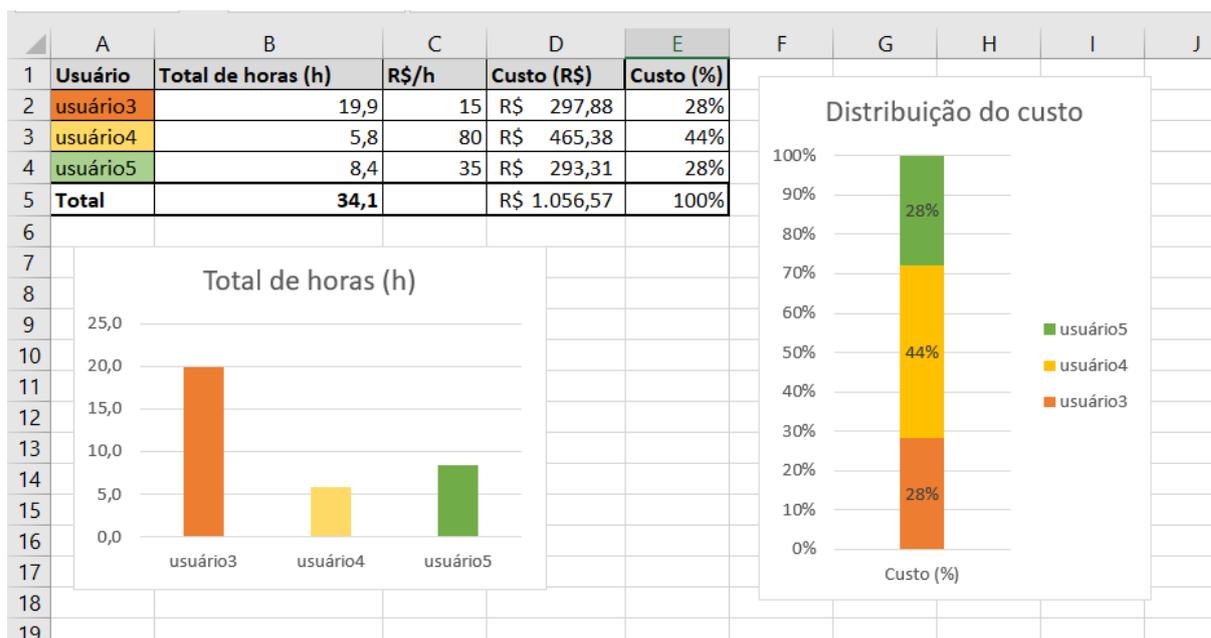
Figura 30 – Dados formatados como tabela filtrados por usuário

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Início	Fim	Duração	Usuário	Tipo de documento	Arquivo	ID	Nome da vista
2	12/02/2020 15:1				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
3	12/02/2020 14:4				Registro manual	tbFileName	-	-
4	12/02/2020 15:1				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
5	12/02/2020 15:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
6	12/02/2020 15:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
7	12/02/2020 15:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
8	12/02/2020 15:5				Project Document	RAC_basic_sample_project	959510	Title Sheet
9	12/02/2020 14:5				Registro manual	tbFileName	-	-
10	12/02/2020 15:5				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
11	12/02/2020 15:5				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
12	12/02/2020 16:0				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	4246776	Rodapé R05
13	13/02/2020 14:3				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	230	Vista do projeto
14	13/02/2020 14:3				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	1741949	Corte A10 - RM-IP-PE-CC
15	13/02/2020 14:3				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	5773041	Corte F10 - RM-IP-PE-CO
16	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
17	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	1741949	Corte A10 - RM-IP-PE-CC
18	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
19	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	2231858	05,10m - Setor F - RM-IP-
20	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	3681279	{3D - contatoP3J2P}
21	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	4226523	ESCADA E01 F - Corte 1 -
22	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	5773041	Corte F10 - RM-IP-PE-CO
23	13/02/2020 14:4				Project Document	51_Projeto Colégio_ARQ_cc	6383198	Corte 22

(fonte: elaborado pelo autor)

Além da utilização dos filtros rápidos, uma vez importados, os dados podem ser agrupados e manipulados através das funcionalidades de edição de planilhas disponível no Excel®. Por exemplo, o total de horas registradas por cada membro da equipe pode ser calculados através de fórmulas condicionais, como o “SOMASE”, que como o nome diz, somente realiza a soma de valores se um critério definido for verdadeiro (Figura 31). Com isso, é possível a elaboração de gráficos e relatórios que resumam a atividade registrada durante o mês descrita em horas, ou ainda, descrita como o custo, a partir da multiplicação do total de horas de cada membro pelo custo da sua hora.

Figura 31 – Relatório de horas e custos elaborado no Excel©



(fonte: elaborado pelo autor)

6.1.2 Business Intelligence

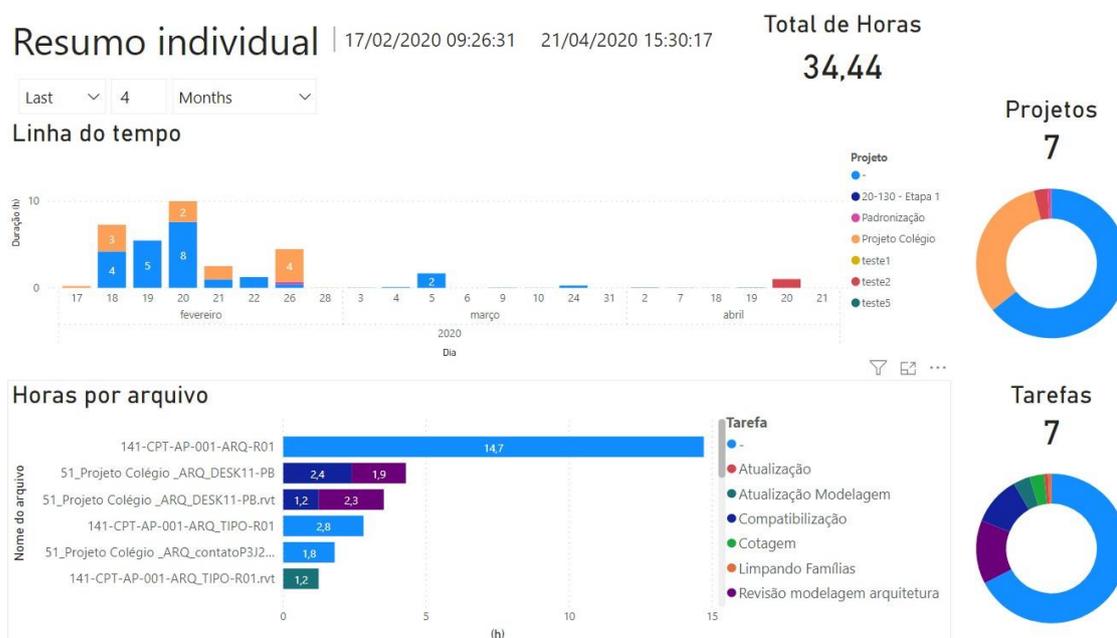
As ferramentas de *Business Intelligence* (BI) não são tão amplamente conhecidas nos ramos da arquitetura e engenharia, mas que têm sido gradualmente adotadas em diferentes áreas para a visualização e análise de grandes volumes de dados. Neste tipo de ferramenta, diversas bases de dados podem ser utilizadas para a realização do cruzamento de informações, criação de gráficos interativos e painéis de visualização, facilitando a análise de dados e apoiando tomadas de decisão.

A fim de demonstrar potenciais usos dos dados registrados pelo Project Tracker, foram elaborados quatro painéis de visualização (*dashboards*) no *software* Microsoft Power BI. Neles estão dispostos diversos gráficos a fim de possibilitar a análise dos dados sob diferentes perspectivas. Tendo em vista que as conclusões que podem ser tiradas a partir dos gráficos dependem diretamente dos dados coletados, nas seções a seguir os *dashboards* são descritos de maneira mais abrangente, de acordo com cada perspectiva.

O primeiro painel de visualização (Figura 32) foi pensado de maneira a oferecer uma visão geral a respeito dos dados individuais de um usuário. No topo da página o usuário pode filtrar os dados referentes a um período específico, por exemplo, o último

mês. Ao lado é mostrada a data inicial e final do período analisado, junto com o total de horas registradas.

Figura 32 – *Dashboard* resumo individual

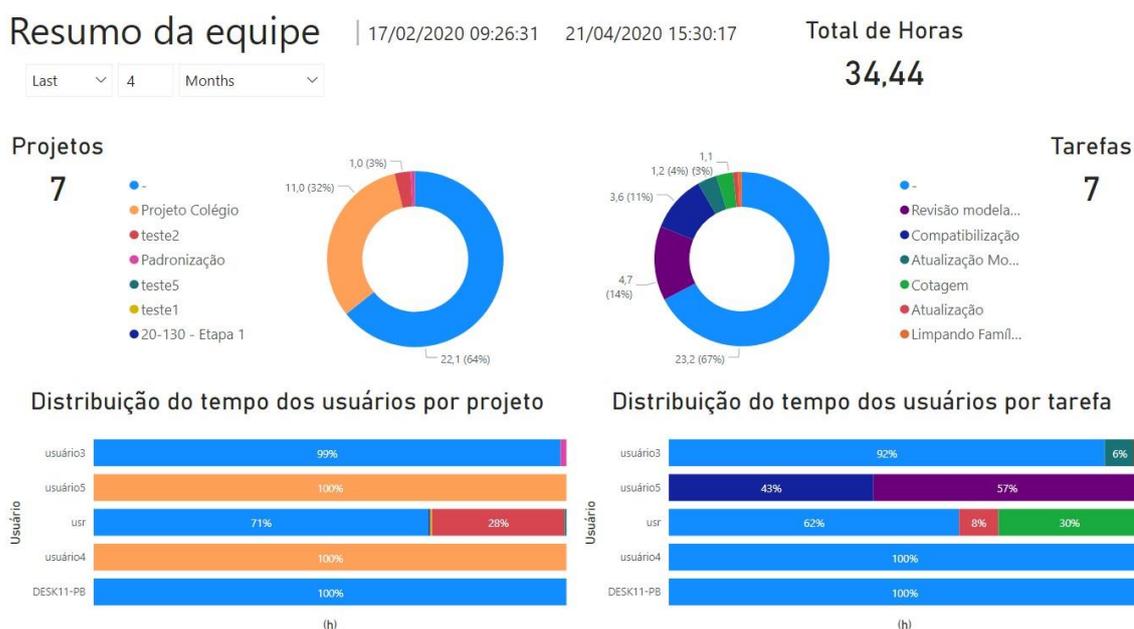


(fonte: elaborado pelo autor)

Logo abaixo, no gráfico “Linha do tempo”, são apresentadas as horas registradas entre diferentes projetos ao longo dos dias. Logo à direita, no gráfico de rosca, essas informações são agrupadas, facilitando a identificação das proporções da distribuição do tempo entre os diferentes projetos. O gráfico de barras horizontais apresenta o total de horas de trabalho em cada arquivo, dividido de acordo com as tarefas realizadas neles. À direita, o gráfico de rosca apresenta as informações referentes a distribuição do tempo entre tarefas.

O segundo painel de visualização (Figura 33) foi pensado de forma a oferecer uma visão geral da distribuição de esforço dos membros de uma equipe entre diferentes projetos e tarefas. De maneira similar ao painel anterior, no topo da tela é mostrado o período referente aos dados exibidos, seguido do total de horas.

Figura 33 – Dashboard resumo da equipe



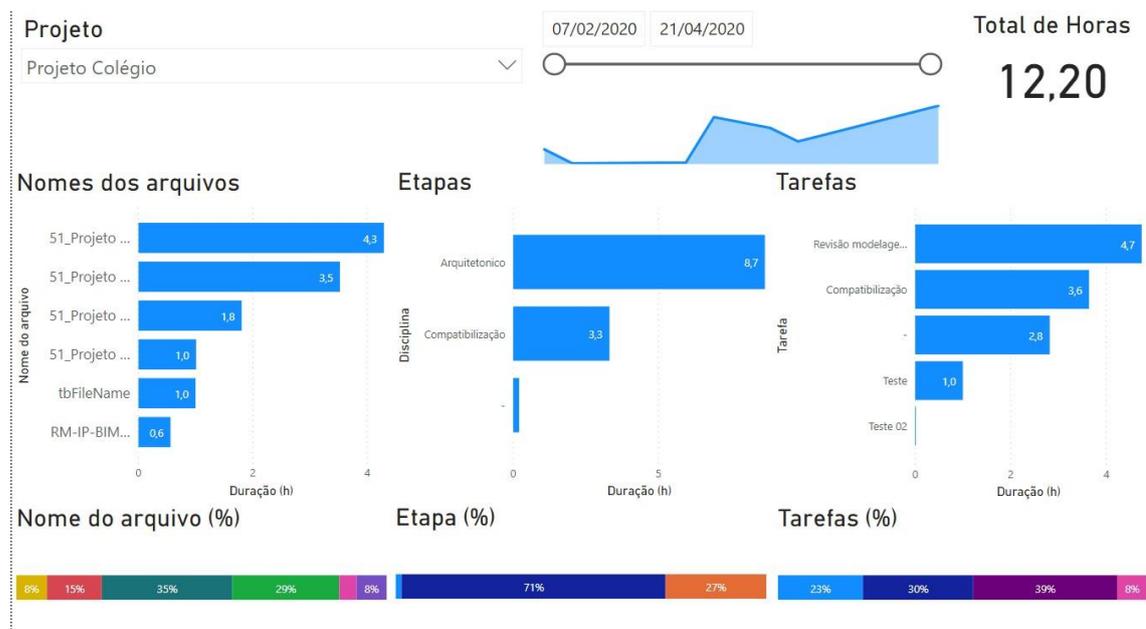
(fonte: elaborado pelo autor)

No lado esquerdo, no gráfico de setores são exibidas as informações agrupadas de acordo com o nome dos projetos. No gráfico de rosca pode-se identificar a divisão geral da equipe entre os projetos, enquanto no gráfico de barras percentuais é possível visualizar a distribuição do tempo de cada membro da equipe. Ao lado direito, de maneira similar, os gráficos apresentam as informações agrupadas de acordo com as tarefas desempenhadas.

Nos gráficos de distribuição de tempo por usuário o gestor pode identificar, por exemplo, membros da equipe que estão divididos entre muitos projetos ao mesmo tempo. Ou ainda, membros da equipe que estão realizando tarefas não condizentes com o seu cargo, por exemplo: um engenheiro sênior investindo 30% do seu tempo inserindo cotas em plantas baixas.

O terceiro e quarto painéis de visualização foram pensados a fim de oferecer uma visão sob o ponto de vista dos projetos. Na figura 34, são mostradas as informações detalhadas de um projeto selecionado. No gráfico de barras é possível identificar os arquivos, etapas e tarefas com mais horas registradas. Abaixo do gráfico de barras é mostrada a distribuição percentual das mesmas variáveis.

Figura 34 – Dashboard detalhado de projeto



(fonte: elaborado pelo autor)

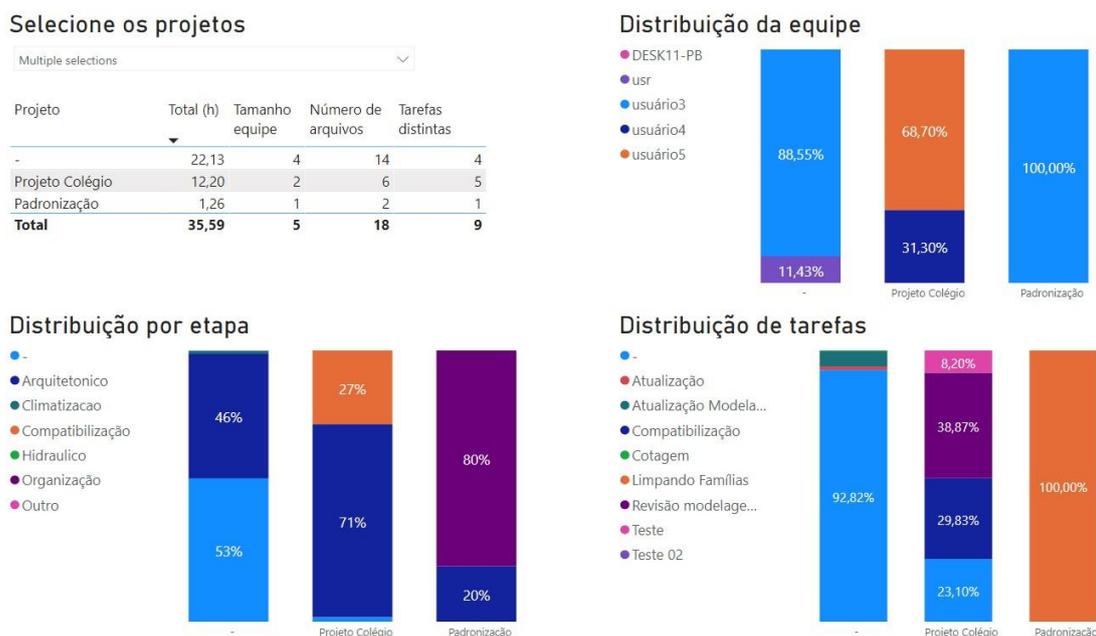
O ponto chave deste painel está na interatividade proporcionada pelo PowerBI, que oferece uma maneira de analisar os dados de maneira mais profunda. A interação com os dados se dá através do clique em uma série do gráfico, fazendo que a informação selecionada seja destacada nos outros gráficos do painel. Por exemplo, ao selecionar a etapa “Compatibilização”, os gráficos “Nomes dos arquivos” e “Tarefas” são atualizados para exibir somente as informações referente a etapa selecionada (Figura 35). Dessa forma, o processo exploratório dos dados é facilitado, possibilitando a identificação de padrões ou relações entre as variáveis.

Figura 35 – Exploração dos dados através da interatividade com os gráficos



(fonte: elaborado pelo autor)

O último painel de visualização (Figura 36) foi pensado de forma a permitir a comparação entre múltiplos projetos. Os projetos são escolhidos através de caixas de seleção no topo da página. Um resumo do total de horas, número de membros, arquivos e tarefas é apresentado no formato de tabela. Nos gráficos, cada projeto é representado por uma barra dividida de acordo com os membros da equipe, etapa e tarefas.

Figura 36 – *Dashboard* comparativo entre projetos

(fonte: elaborado pelo autor)

Este painel foi pensado principalmente para facilitar a identificação de padrões entre projetos. Tendo conhecimento de informações adicionais dos projetos, como por exemplo, rentabilidade, método construtivo ou empresa contratante, os projetos podem ser agrupados e comparados lado a lado. Através da comparação entre projetos, um gestor pode identificar, por exemplo, que os projetos mais rentáveis do escritório são aqueles onde a maior parte do tempo é gasta em uma determinada etapa. Ou que os projetos entregues no prazo são elaborados majoritariamente por determinados membros da equipe.

Os painéis de controle apresentados nessa seção buscaram ilustrar maneiras que os dados registrados pelo *plug-in* Project Tracker podem ser utilizados para uma melhor compreensão do processo de projeto de maneira geral. Considerando o contexto real, diferentes análises e conclusões poderão ser feitas de acordo com as particularidades presentes no processo de projeto de cada profissional ou equipe. Os *dashboards* apresentados nesta seção estão disponíveis para *download* na página do Project Tracker.

6.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

A fim de compreender melhor o contexto de uso e a utilidade da solução desenvolvida, os usuários do Project Tracker foram convidados a participar de um questionário. Após 71 da publicação do *plug-in* Project Tracker, a coleta de dados para o questionário foi encerrada, contabilizando 18 respostas no questionário aplicado em português e 9 respostas no questionário em inglês. Nesta mesma data, um relatório contendo dados sobre os *downloads* do *plug-in* foi extraído a partir da página da Autodesk App Store. Durante este período, foram realizados 432 downloads em 65 países diferentes, conforme mostrado na Figura 37.

Figura 37 – Dados de *download* do Project Tracker



(fonte: elaborado pelo autor)

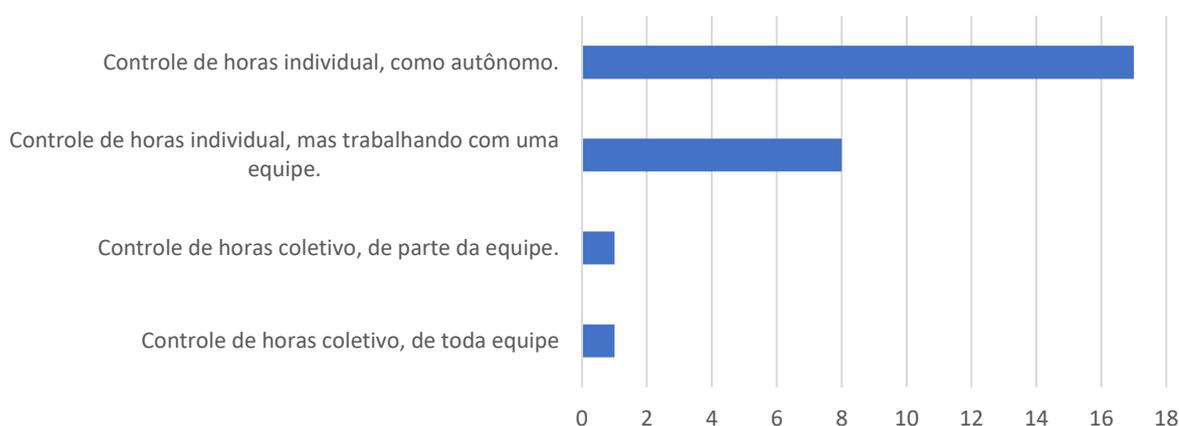
Na lista de países com mais downloads o Brasil ficou em primeiro lugar, com 98 downloads, no entanto, apenas 27% dos usuários realizaram o download da versão em português do *plug-in*. Relacionando a quantidade de respostas do questionário e com a linguagem utilizada para realizar o download, temos que 15% dos usuários da versão em português responderam o questionário, contra apenas 3% dos usuários da versão em inglês. Para fins de análise, as respostas foram traduzidas e agrupadas.

6.2.1 Caracterização dos usuários

A primeira seção do questionário teve como objetivo a caracterização dos usuários e como eles estão utilizando o *plug-in*. Segundo os dados coletados, 92% dos respondentes estão utilizando o Project Tracker para o controle pessoal das suas horas de trabalho. Destes, 61% trabalham de maneira autônoma e 31% trabalham em conjunto com uma equipe. A alta adesão de usuários autônomos pode ser entendida como um indicativo da importância do controle do tempo de projeto para esses profissionais, uma vez que este é seu principal recurso.

Em relação ao controle das horas da equipe (múltiplos usuários), apenas 8% dos respondentes estão utilizando o *plug-in* desta maneira (Figura 38). A pouca adoção para o monitoramento de equipes pode ser compreendida dadas dificuldades e riscos envolvidos em adotar uma nova ferramenta em uma equipe. Com isso, é compreensível que gerentes de projetos desejem testar a ferramenta em uma escala menor antes de decidir se vão adotá-la como parte do seu processo de projeto, ficando assim fora da janela de coleta de respostas do questionário.

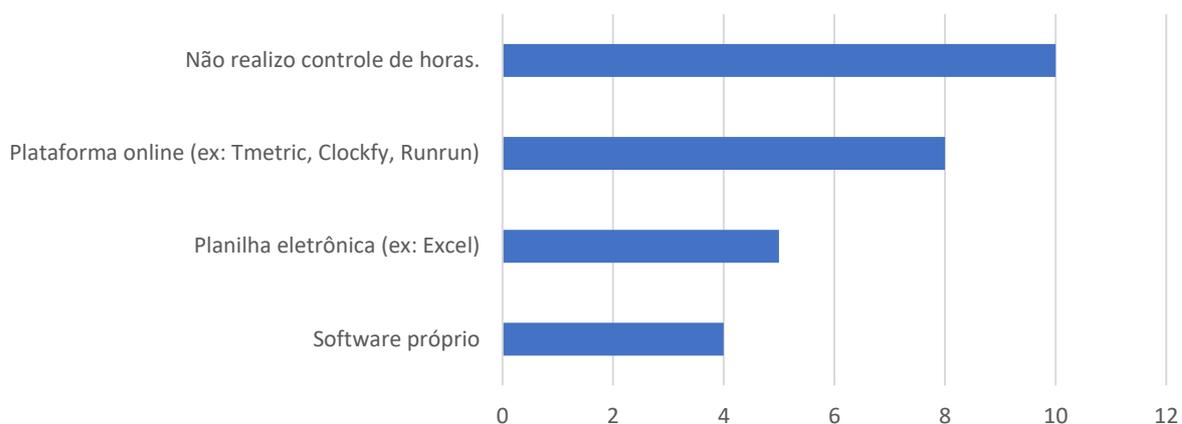
Figura 38 – Contexto de uso do Project Tracker



(fonte: elaborado pelo autor)

Ainda em relação ao controle de horas, 45% dos respondentes utilizam *softwares* específicos para o registro e controle de horas de trabalho (Figura 39). Esta porcentagem alta é contrastada pela quantidade de usuários que não realizavam nem um tipo de registro antes de utilizar o Project Tracker (37%). O restante dos usuários (19%) realiza o controle de horas de maneira manual, através de planilhas eletrônicas.

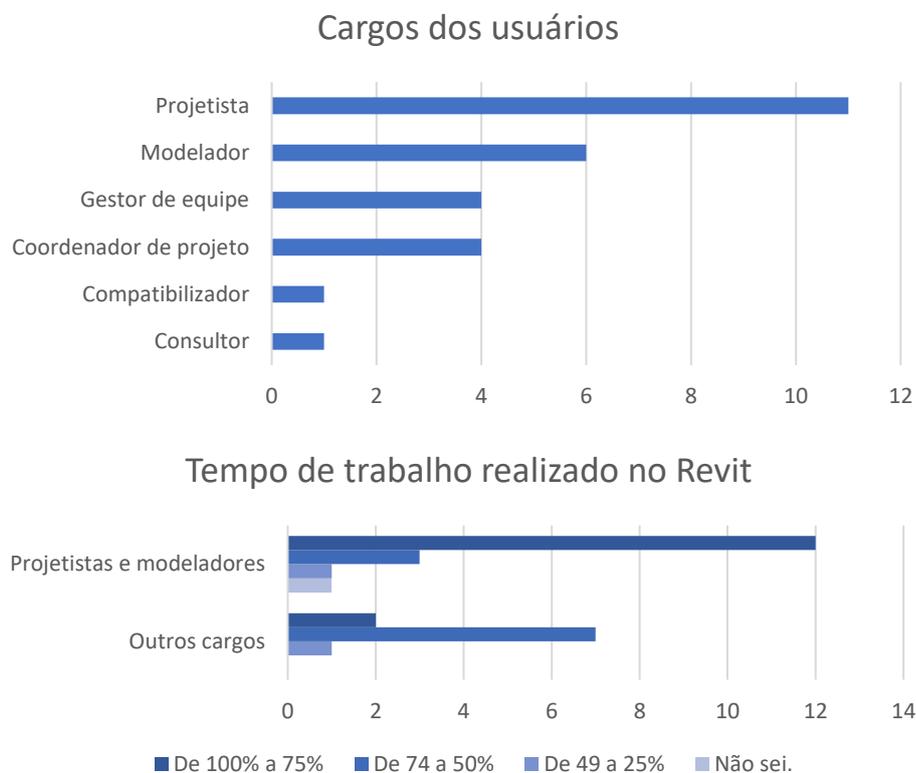
Figura 39 – Principal ferramenta de registro e controle de horas



(fonte: elaborado pelo autor)

Quanto ao perfil dos usuários, a maior parte dos respondentes classificaram seus cargos como projetista (41%) ou modelador (22%), enquanto o restante (37%) se divide entre cargos de compatibilização, coordenação, gestão de equipe ou consultoria (Figura 40). Ao relacionar o cargo dos usuários com a porcentagem do tempo de trabalho realizado no Revit®, é possível notar que o Project Tracker foi mais adotado pelos cargos que utilizam o *software* na maior parte do seu tempo. Esta distribuição pode ser entendida como a busca destes profissionais por um melhor entendimento como o seu tempo é despendido.

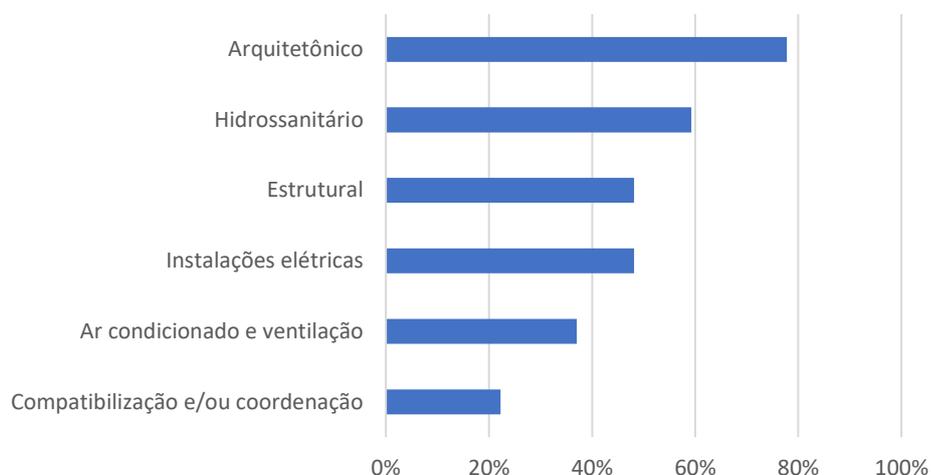
Figura 40 – Relação entre cargo e a porcentagem tempo de trabalho realizado no Revit©



(fonte: elaborado pelo autor)

Quanto às diferentes disciplinas de projeto, é possível notar que 78% dos respondentes utilizaram o Project Tracker para o registro de horas em projetos de arquitetura (Figura 41). O segundo tipo de projeto mais utilizado foi o de instalações hidrossanitárias (59%), seguido pelos projetos de estruturas e instalações elétricas, ambos com 48%.

Figura 41 – Disciplinas de projeto monitoradas com o Project Tracker



(fonte: elaborado pelo autor)

6.2.2 Avaliação da usabilidade

Conforme descrito na seção 4.4, a análise da usabilidade do Project Tracker foi feita através do questionário padronizado SUS proposto por Brooke (1996). Segundo a metodologia, as perguntas pares são pontuadas através do valor respondido na escala Likert subtraído por um, enquanto as perguntas ímpares são calculadas partindo de cinco sendo subtraído do valor da resposta. A pontuação do questionário é calculada a partir do somatório da pontuação das questões multiplicado por 2,5. A tabela com as pontuações e o cálculo da pontuação é mostrada na Tabela 1.

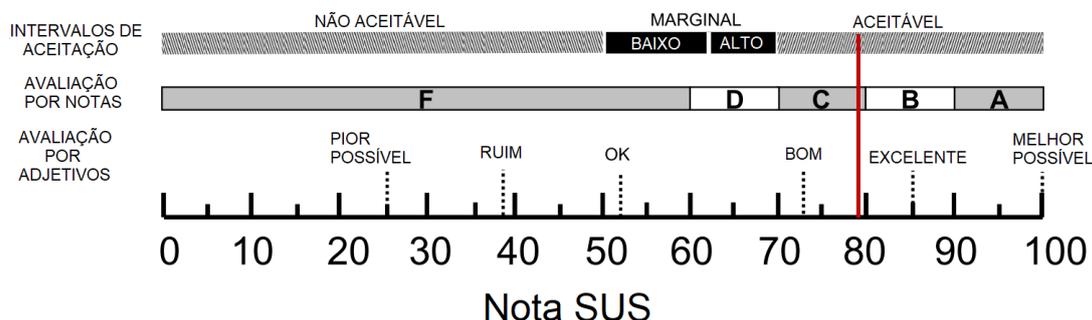
Tabela 1 – Pontuação das perguntas do SUS

Respondente	Perguntas										SUS
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
Usuário 1	4	3	4	4	4	4	4	4	2	4	92,5
Usuário 2	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	92,5
Usuário 3	2	3	3	4	3	2	4	4	2	4	77,5
Usuário 4	4	4	3	4	2	3	3	4	3	4	85,0
Usuário 5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100,0
Usuário 6	3	4	3	4	2	3	4	4	2	4	82,5
Usuário 7	4	3	4	3	3	4	3	4	4	4	90,0
Usuário 8	4	4	4	4	4	4	0	0	4	4	80,0
Usuário 9	3	2	1	1	4	4	2	1	4	4	65,0
Usuário 10	3	3	3	4	3	2	3	3	3	4	77,5
Usuário 11	3	3	3	3	3	3	4	3	2	4	77,5
Usuário 12	4	4	4	3	4	4	2	4	3	1	82,5
Usuário 13	4	3	3	2	2	3	3	3	3	2	70,0
Usuário 14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100,0
Usuário 15	3	2	3	1	2	2	3	1	3	1	52,5
Usuário 16	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	85,0
Usuário 17	4	4	4	4	3	2	4	2	4	4	87,5
Usuário 18	4	3	3	4	3	4	4	4	4	2	87,5
Usuário 19	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2	90,0
Usuário 20	3	3	3	4	3	3	2	4	2	2	72,5
Usuário 21	3	2	2	3	2	3	3	2	2	2	60,0
Usuário 22	3	1	3	0	1	2	1	1	0	2	35,0
Usuário 23	2	2	2	1	3	2	3	2	2	4	57,5
Usuário 24	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	97,5
Usuário 25	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	97,5
Usuário 26	3	3	1	4	1	3	4	4	3	4	75,0
Usuário 27	4	4	4	3	2	3	3	3	2	2	75,0
Média											79,4
Desvio padrão											15,5

(fonte: elaborado pelo autor)

A partir das respostas obtidas, o SUS calculado para o Project Tracker foi de 79,4. Considerando as escalas de interpretação do resultado propostas por Bangor et al. (2009), a usabilidade do *plug-in* desenvolvido está entre boa e excelente, conforme mostrado na Figura 42. O bom resultado do SUS pode ser atribuído ao processo de desenvolvimento da solução, onde na segunda etapa (versão de testes) foram realizadas diversas mudanças, visando a melhoria da usabilidade.

Figura 42 – Interpretação do SUS do Project Tracker



(fonte: adaptado de Bangor et al., 2009)

6.2.3 Avaliação da relevância dos dados obtidos

A última seção do questionário teve como objetivo avaliar a relevância dos dados registrados pelo Project Tracker. Para isso, foram realizadas quatro perguntas cujas respostas foram dadas em uma escala de um (pouco relevante) a cinco (muito relevante). A partir dos resultados obtidos (Figura 43) é possível notar que, de acordo com os usuários, a maior relevância dos dados registrados está na elaboração de um histórico de projetos que possa ser consultado para análises futuras. O item considerado menos relevante foi o uso dos dados para identificação de ineficiências no processo de projeto, ainda assim, considerado “muito relevante” por 81% dos usuários. Estes resultados indicam que os usuários do Project Tracker, de modo geral, consideram os dados registrados pela ferramenta muito relevantes.

Figura 43 – Relevância dos dados registrados



(fonte: elaborado pelo autor)

Além das perguntas sobre a relevância dos dados, os respondentes foram questionados sobre qual o principal benefício, na opinião deles, em utilizar o Project Tracker. No questionário, a resposta para esta questão foi feita de forma aberta, permitindo que os usuários descrevessem em suas próprias palavras o que eles identificam como principal benefício.

A maior parte dos usuários (78%) apontou como principal benefício a obtenção dos dados para estimativa e/ou mensuração do esforço de projeto através de respostas como: “Conseguir estimar futuras propostas de serviço com maior precisão e embasamento“, “Conseguir estimar o tempo de cada tarefa em próximos trabalhos“, “Controle de tempo para precificar e evitar a procrastinação“, “Verificação de custo lucro dos projetos”. Três usuários (11%) apontaram como maior benefício as funcionalidades relacionadas à integração como Revit®: “Ter o nome do projeto registrado automaticamente”, “Separar tempo por *viewtype*” e “Fazer o registro no mesmo ambiente do trabalho”. O restante dos usuários (11%) não respondeu à questão.

7 CONCLUSÃO

Esta pesquisa, com o objetivo geral de propor, desenvolver e avaliar a ferramenta Project Tracker, foi desenvolvida a partir do desdobramento do mesmo em objetivos específicos, conforme apresentado no primeiro capítulo. Primeiramente, ao pesquisar o processo de projeto, foi identificada a existência de atrasos nos projetos de distintas áreas, como design de produto, desenvolvimento de softwares e projetos de engenharia. No cenário comercial o atendimento dos prazos é crítico para o sucesso do projeto, sendo que os atrasos podem causar o cancelamento ou fracasso de um projeto. De acordo com a revisão bibliográfica identificou-se que a baixa qualidade de estimativa do esforço de projeto consta como uma das principais causas dos atrasos.

As estimativas de esforço do projeto, na maioria dos casos, são elaboradas de maneira subjetiva, muitas feitas a partir de adivinhações, e com isso, acabam sendo sujeitas à vieses, resultando em estimativas demasiadamente otimistas. Tendo em vista este problema, foram exploradas algumas metodologias baseadas em métricas qualitativas para estimativas de esforço mais precisas e acompanhamento do andamento do projeto. No entanto, apesar das potenciais vantagens do uso de tais metodologias, o processo de coleta dos dados necessários é usualmente feito de maneira manual, sendo assim, um processo trabalhoso, sujeito a erros e omissões. Estas dificuldades se mostram mais exacerbadas no uso de métricas para acompanhamento do projeto, que necessitam que os dados sejam registrados com uma alta frequência. Com isso, o processo se mostra oneroso em um cenário empresarial, muitas vezes tornando o processo inviável.

Desta forma, foi identificada a importância de ferramentas que facilitem ou automatizem a coleta de dados referentes ao processo de projeto. O tema foi delimitado ao setor de projetos de engenharia e arquitetura, que está passando por mudanças profundas no processo de projeto devido à disseminação do BIM. Neste contexto de transição, dados que proporcionam um melhor entendimento sobre o esforço de projeto se mostram essenciais para o controle dos custos e prazos nos escritórios de projeto.

A fim de compreender o processo de projeto BIM buscou-se na literatura estudos que apontam por métricas que auxiliem a prever o esforço de projeto, sendo então

identificada a possibilidade da coleta automatizada de dados através da programação de *plug-ins* para os *softwares* utilizados na elaboração de projetos. Com isso, tendo como base a metodologia da *Design Science Research*, uma ferramenta para a coleta de dados referentes ao processo de projeto BIM foi proposta. A ferramenta desenvolvida, denominada Project Tracker, se deu na forma de um *plug-in* para Revit®, que possibilita o registro de horas de projeto de maneira facilitada e detalhada, sendo distribuída abertamente para uso através da sua publicação no repositório de *plug-ins* Autodesk App Store.

Para fins de validação, a ferramenta foi analisada descritivamente quanto às suas funcionalidades e da ilustração de cenários nos quais a análise dos dados obtidos, realizada através de gráficos e planilhas, oferece informações relevantes referentes ao processo de projeto BIM. O Project Tracker foi ainda analisado quanto aos quesitos de usabilidade e relevância dos dados obtidos através de um questionário com usuários.

7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FERRAMENTA E O DESENVOLVIMENTO

Conforme observado na análise da solução (capítulo 6), o Project Tracker atende aos requisitos de funcionalidade definidos, facilitando o processo de coleta de dados referentes ao processo de projeto BIM. De acordo com os usuários que participaram do questionário, a ferramenta apresenta uma boa usabilidade além de registrar dados considerados muito relevantes por eles. Apesar do reduzido número de respondentes do questionário, a quantidade de *downloads* realizados (mais de 600 no momento da conclusão do texto) demonstra que o Project Tracker se mostra uma ferramenta útil para arquitetos, engenheiros e projetistas que desejam compreender melhor o seu processo de projeto.

Além da utilização em escritórios de projeto, o Project Tracker se mostra uma ferramenta que pode apoiar o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas que visam à compreensão do processo de projeto BIM. Nestes casos, as pesquisas podem se beneficiar de dados históricos de empresas que utilizam o Project Tracker, ou ainda, utilizar o Project Tracker como ferramenta de coleta de dados especificamente para a pesquisa.

7.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A importância do controle do fator tempo no desenvolvimento de projetos é algo discutido na literatura há décadas, no entanto em 2020, devido à pandemia do vírus COVID-19, o controle sobre o tempo ganhou uma nova relevância. Devido às medidas de distanciamento social, profissionais de diversas áreas deixaram de ir aos escritórios e passaram a trabalhar de suas casas. Uma das consequências desta mudança para muitos profissionais é a falta da divisão de ambientes (e momentos) de trabalho e lazer, causando a sensação de estar constantemente trabalhando. Neste contexto, para estes profissionais, registrar as horas de trabalho pode funcionar uma ferramenta para explicitar intencionalidade daquele momento: se estou registrando horas estou trabalhando. Além disso, os dados obtidos oferecem aos profissionais maneiras de ter mais controle sobre o seu tempo e de prestar contas quanto ao serviço desempenhado.

Além da ferramenta desenvolvida, uma das maiores contribuições da pesquisa está na demonstração do potencial do conceito por trás do Project Tracker: a utilização de APIs para o registro de dados do processo de projeto. Com base neste conceito, soluções similares podem ser implementadas para *softwares* utilizados no desenvolvimento de projetos em outras indústrias, como design gráfico e de produto. Com isso, *plug-ins* para *softwares* como Photoshop, InDesign, Illustrator, Rhinoceros 3D e Blender poderiam ser desenvolvidos para fornecer um melhor entendimento sobre o processo de projeto nestas áreas.

No contexto da elaboração de projetos em BIM, considerando os dados presentes em um modelo e seu potencial na identificação de fatores que influenciam o esforço de projeto, em trabalhos futuros, ferramentas similares poderiam oferecer maneiras de monitorar dados específicos de elementos ao longo do desenvolvimento do projeto BIM. Por exemplo, para realizar uma análise mais profunda do esforço envolvido na elaboração de projetos estruturais, a ferramenta poderia registrar o número vigas, lajes, pilares e o volume total de concreto modelado ao longo do tempo.

Além de modificações na ferramenta de coleta de dados, há um grande potencial para trabalhos futuros envolvendo a análise dos dados obtidos. Através da análise, questões referentes ao processo de projeto BIM podem ser exploradas, como por exemplo: Como o esforço de projeto se divide entre as diversas disciplinas? Como o

esforço de projeto se divide entre tarefas de modelagem, compatibilização e documentação? Dentro destas tarefas, quais subtarefas consomem mais tempo? Qual a taxa de retrabalho no projeto e quais suas principais causas?

RECONHECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da bolsa de Mestrado oferecida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ACELLO. Time is money: A revealing study into the cost of today's poor time tracking habits & technology. ACELLO, 2014. Disponível em: <https://www.accelo.com/assets/Uploads/Time-is-Money-White-Paper-Accelo.pdf>. Acesso em 28 mai. 2020.
- ADVENSER. BIM Modeling Services, Architectural, Structural, MEP BIM, Steel Detailing. 2020. Disponível em: <https://www.advenser.ae/bim-services/>. Acesso em: 21 fev. 2020.
- AUTODESK. **APP Store**. [S. l.]: Autodesk, c2018. Disponível em: <https://apps.autodesk.com/RVT/pt/List/Search>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- AUTODESK. **Revit Developer Center**. [S. l.]: Autodesk, c2019a. Disponível em: <https://www.autodesk.com/developer-network/platform-technologies/revit>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- AUTODESK DEVTV. Publish Your Revit Apps to Autodesk Exchange Store, **YouTube**, 17 dez. 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/playlist?list=PL4CYqBFefhpJakE-DAuchu785fU_RkAfs. Acesso em: 26 mai. 2020.
- AUTODESK. **Revit Products**: my first Revit plug-in overview. [S. l.]: Autodesk, c2019b. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/simplecontent/content/my-first-revit-plug-overview.html>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- AUTODESK. **Revit API Forum**. [S. l.]: Autodesk, c2019c. Disponível em: <https://forums.autodesk.com/t5/revit-api-forum/bd-p/160>. Acesso em 15 mai. 2019.
- AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks and challenges for the AEC Industry. **Leadership and Management in Engineering**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 241-252, 2011.
- BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. **Journal of Usability Studies**. v. 4, p.114-123, 2009
- BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to measure the benefits of BIM: a case study approach. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 24, p. 149-159, June 2012.
- BASHIR, H. A.; THOMSON, V. Metrics for design projects: a review. **Design Studies**, v. 20, n. 3, p. 263–277, 1999.
- BASHIR, H. A.; THOMSON, V. Estimating design effort for GE hydro projects. **Computers & Industrial Engineering**, v. 46, p. 195–204, 2004.
- BITTENCOURT, A. SOARES, C. A.; FINOCCHIO, J.; SILVA, F. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 2 ed. Editora FGV, 2010.

BERNSTEIN, H. M. (ed.). **The Business Value of BIM in North America: Multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012)**. Bedford, USA: McGraw Hill Construction, 2012. Design and Construction Intelligence Smart Market Report.

BERNSTEIN, H. M. (ed.). **The Value of BIM for Construction in Major Global Markets: how contactors around the world are driving innovation with Building Information Modelling**. Bedford, USA: McGraw Hill Construction, 2014a. Design and Construction Intelligence Smart Market Report.

BERNSTEIN, H. M. (ed.). **The Business Value of BIM for Owners**. Bedford, USA: McGraw Hill Construction, 2014b. Design and Construction Intelligence Smart Market Report.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Estratégia BIM BR: construção inteligente**. Brasília, DF: 2018a. Disponível em: http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf Acesso em: 26 jun. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto n. 9.377**, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*. Brasília, DF, 2018b. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>. Acesso em: 26 jun. 2019.

BRASIL. **Resolução Nº 510**, de 7 de abril de 2016. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 98, p. 44-46, 24 mai. 2016.

BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. **Usability Evaluation in Industry**, [S.I.], p. 189-194, 1996.

BUEHLER, R.; GRIFFIN, D.; ROSS, M. Exploring the “planning fallacy”: Why people underestimate their task completion times. **Journal of Personality and Social Psychology**, n. 67, p. 366–381, 1994.

CHOU, J.-S.; WU, C.-C. Estimating software project effort for manufacturing firms. **Computers in Industry**, v. 64, n. 6, p. 732–740, 2013.

CLOCKIFY. Time tracking software. 2020. Disponível em: <https://clockify.me/feature-list/>. Acesso em: 23 fev. 2020.

CRNKOVIC, G. D. Constructive Research and Info-computational Knowledge Generation. In: MAGNANI, L.; CARNIELLI, W.; PIZZI, C. (ed.). **Model-Based Reasoning in Science and Technology. Studies in Computational Intelligence**. Berlin: Springer, 2010. v. 314.

CZMOCH, I.; PEKALA, A. Traditional design versus BIM based design (2014) **Procedia Engineering**, [S. I.], v. 91, p. 210-215, 2014.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

EASTMAN, C.; LISTON, K.; SACKS, R.; TEICHOLZ, P. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** 2nd ed. [S. l.]: Wiley, 2011.

GHAFFARIANHOSEINI, A.; TOOKEY, J.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; NAISMITH, N.; AZHAR, S.; EFIMOVA, O.; RAAHEMIFAR, K. 2017. Building Information Modelling (BIM) uptake: clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 75, n. C, p. 1046-1053, 2017.

GONÇALVES, A. AEC DevBLOG. **Localized applications for the Revit Exchange Store**, 2013. Disponível em: <https://adndevblog.typepad.com/aec/2013/08/localized-applications-for-the-revit-exchange-store.html>. Acesso em: 13 mai. 2020.

GOUGH, D.; THOMAS, J.; OLIVER, S. Clarifying differences between review designs and methods. **Systematic Reviews**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 28, 2012.

GRAY, C. F.; LARSON, E. W. **Project Management: The Managerial Process**, 5e. 5th edition ed. New York: McGraw-Hill Irwin, 2011.

GRIFFIN, A. Metrics for measuring product development cycle time. **Journal of Product Innovation Management**, v. 10, n. 2, p. 112–125, 1993.

HELLENBRAND, D.; HELTEN, K.; LINDEMANN, U. **Approach for development cost estimation in early design phases.** DS 60: Proceedings of DESIGN 2010, the 11th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia. **Anais...Croatia: 2010.** Disponível em: https://www.designsociety.org/publication/29423/approach_for_development_cost_estimation_in_early_design_phases. Acesso em: 26 abr. 2020.

HEVNER, A.; MARCH, S.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in Information Systems Research. **Management Information Systems Quarterly**, [S.l.], v. 28, p. 75-105, 2004.

ISO. **ISO 19650-1:2018: organization and digitization of information about buildings and civil engineering Works, including Building Information Modelling (BIM) – information management using Building Information Modelling – part 1: concepts and principles.** Geneva: ISO, 2018.

LEITE, F. **BIM for Design Coordination: A Virtual Design and Construction Guide for Designers, General Contractors, and MEP Subcontractors**, John Wiley & Sons, Hoboken, 2019.

LEITE, F.; ACKAMETE, A.; AKINCI B.; et al. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. **Automation in Construction**, v.20, p. 601-609, 2011.

LIVE CHARTS. [S. I.], c2020. Disponível em: <https://lvcharts.net/>. Acesso em: 22 fev. 2020.

LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In: OJALA, L.; HILMOLA, O-P. (ed.). **Case Study Research in Logistics**. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003. p. 83-101. Series B1.

McCULLA, P. The estimating process. **International Journal of Project Management**, v. 7, n. 1, p. 36–38, 1989.

McGEORGE, J. F. Design productivity: a quality problem. **Journal of Management in Engineering**, [S. I.], v. 4, n. 4, Sept. 1988.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity**, 2017.

MEREDITH, J. R.; MANTEL, S. J. **Project Management: A Managerial Approach**, John Wiley & Sons, Hoboken, 2011

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDINGS SCIENCES. **National BIM Standard-United States® – Version 3**. Washington, DC, 2015.

NBS. **National BIM Report 2019**: the definitive industry update. United Kingdom: National BuildingSO Specifications, 2019.

OLIVEIRA, O. J. de; MELHADO, S. B.. **Como Administrar Empresas de Projeto de Arquitetura e Engenharia Civil**. São Paulo: Pini, 2006. 64 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos: (Guia PMBOK®). 6. ed. Newtown Square, PMI, 2017.

RILEY, D.; VARADAN, P.; JAMES, J.; THOMAS, H. Benefit-cost metrics for design coordination of mechanical, electrical, and plumbing systems in multistory buildings, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 8, p. 877–889, 2005.

SALAM, A. et al. Estimating design effort for the compressor design department: a case study at Pratt & Whitney Canada. **Design Studies**, v. 30, n. 3, p. 303–319, maio 2009.

SANTOS, R.; AGUIAR COSTA, A.; GRILO, A. Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction*, Amsterdam, v. 80, 118-136, 2017.

SILVA, J. L. da; MUSSI, A. Q.; RIBEIRO, L. A.; SILVA, T. L. da. Plug-ins State of Art in BIM Software: Repositories Assessment and Professional Use Perspective. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN: FUTURE TRAJECTORIES IN COMPUTACION IN DESING. 17th, 2017, Istanbul. **Proceedings [...]**. Istanbul: Springer, 2017.

STACK OVERFLOW. [S. I.], c2019. Disponível em: stackoverflow.com. Acesso em: 15 mai. 2019.

STERMAN, J. D. **System dynamics modeling for project management** MIT - Massachusetts Institute of Technology, 1992. Acesso em: 25 abr. 2020.

THE BUILDING CODER. [S. l.], c2019. Disponível em: <https://thebuildingcoder.typepad.com/>. Acesso em: 15 mai. 2019.

TALARICO, G. Revit API Docs. Disponível em: <https://www.revitapidocs.com/>. Acesso em: 15 mai. 2019.

UNITED KINGDOM. Cabinet Office. Government Construction Strategy. London, 2011. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/61152/Government-Construction-Strategy_0.pdf. Acesso em: 13 ago. 2019.

WACKER, J.; HERSHAUSER, J.; WALSH, K. D.; SHEU, C. Estimating professional service productivity: theoretical model, empirical estimates and external validity. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 2, p. 482-495, 2014.

YARMOHAMMADI, S.; CASTRO-LACOUTURE, D. Automated performance measurement for 3D building modeling decisions. **Automation in Construction**, [S. l.], n. 93. Aug. 2018.

YARMOHAMMADI, S.; POURABOLGHASEM, R.; CASTRO-LACOUTURE, D. Mining implicit 3D modeling patterns from unstructured temporal BIM log text data. **Automation in Construction**, [S. l.], n. 81. Aug. 2017.

ZHANG, L.; ASHURI, B. BIM log mining: discovering social networks, *Automation in Construction*, [S. l.], n. 91, June 2018.

ZHANG, L.; WEN, M.; ASHURI, B. BIM log mining: measuring design productivity. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [S. l.], v. 32, n. 1, Jan. 2018.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

SEÇÃO 1: CARACTERIZAÇÃO

- 1) Em qual contexto você está utilizando o Project Tracker?
 - a. Controle de horas individual, como autônomo.
 - b. Controle de horas individual, mas trabalhando com uma equipe.
 - c. Controle de horas coletivo, de parte da equipe.
 - d. Controle de horas coletivo, de toda a equipe.
 - e. Outro (campo preenchível)

- 2) Qual das opções a seguir melhor descreve o seu cargo?
 - a. Modelador
 - b. Projetista
 - c. Compatibilizador
 - d. Coordenador de projeto
 - e. Gestor de equipe
 - f. Outro (campo preenchível)

- 3) Quais os tipos de projeto que você está monitorando com o Time Tracker?
(seleção múltipla)
 - Arquitetônico
 - Ar condicionado e ventilação
 - Compatibilização e/ou coordenação
 - Estrutural
 - Hidrossanitário
 - Instalações elétricas
 - Outro (campo preenchível)

- 4) No seu trabalho, qual a principal ferramenta utilizada para registro e controle de horas?
 - a. Plataforma online (ex: Tmetric, Clockfy, Runrun)
 - b. Software próprio
 - c. Planilha eletrônica (ex: Excel)
 - d. Não realizo controle de horas.
 - e. Outro (campo preenchível)

- 5) Considerando as tarefas durante a elaboração de um projeto (ex. cálculo, modelagem, conferência, detalhamento, reuniões), quanto do seu trabalho é feito no Revit?
 - a. De 75 a 100%
 - b. De 50 a 74%
 - c. De 25 a 49%
 - d. Até 24%
 - e. Não sei

SEÇÃO 2: AVALIAÇÃO DE USABILIDADE (SUS)

Nesta seção, todas as questões são respondidas em uma escala Likert entre 1 (discordo fortemente) e 5 (concordo fortemente).

1. Eu acho que usaria este sistema frequentemente.
2. Achei o sistema desnecessariamente complexo.
3. Eu achei o sistema fácil de usar.
4. Acho que eu precisaria da ajuda de uma pessoa da área técnica para usar esse sistema.
5. Eu achei que as várias funções deste sistema estavam bem integradas.
6. Achei que havia muita inconsistência neste sistema.
7. Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.
8. Eu achei este sistema muito desajeitado de usar.
9. Me senti muito confiante usando este sistema.
10. Tive que aprender muitas coisas antes de conseguir usar este sistema.

SEÇÃO 3: AVALIAÇÃO DOS DADOS REGISTRADOS

- 1) O quão relevante você considera os dados registrados para o planejamento de prazos e durações de tarefas?

	1	2	3	4	5	
Pouco relevante	<input type="radio"/>	Muito relevante				

- 2) O quão relevante você considera os dados registrados para análise do custo do projeto?

	1	2	3	4	5	
Pouco relevante	<input type="radio"/>	Muito relevante				

- 3) O quão relevante você considera os dados registrados para a identificação de ineficiências no processo de projeto?

	1	2	3	4	5	
Pouco relevante	<input type="radio"/>	Muito relevante				

- 4) O quão relevante você considera possuir um histórico dos dados registrados durante diversos projetos para análise posterior?

	1	2	3	4	5	
Pouco relevante	<input type="radio"/>	Muito relevante				

- 5) Para você, qual o maior benefício em registrar os dados com o Project Tracker? (resposta aberta)

6) O quanto você recomendaria o Project Tracker para um amigo ou colega?

	1	2	3	4	5	
Jamais recomendaria	<input type="radio"/>	Recomendaria muito				

7) Deixe aqui comentários gerais sobre o uso, sugestões de funcionalidades ou melhorias. (resposta aberta)