INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO
DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

AISLAN EVONÉSIO ESPÍNDOLA

DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA AUTOMAÇÃO EM PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS NO AUTODESK REVIT®

Florianópolis - SC
2022

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

AISLAN EVONÉSIO ESPÍNDOLA

DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA AUTOMAÇÃO EM PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS NO AUTODESK REVIT®

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação.

Professor Orientador:
Professor Glauco Cardozo, Dr.

FLORIANÓPOLIS - SC
12/2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Espíndola, Aislan Evonésio
DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA AUTOMAÇÃO EM PROJETOS **HIDROSSANITÁRIOS NO AUTODESK REVIT® / Aislan Evonésio** Espíndola; **orientação de Glauco Cardozo.** - Florianópolis, **SC,** 2022.
55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal **de Santa Catarina, Câmpus** Florianópolis. CST **em Gestão da Tecnologia da Informação.** Departamento **Acadêmico de Saúde e** Serviços.
Inclui Referências.

1. Projeto Hidrossanitário. 2. BIM. 3. Programação **Visual. 4. Dynamo. I. Cardozo, Glauco. II.** Instituto **Federal de Santa Catarina. III. DESENVOLVIMENTO DE** PLUGIN **PARA AUTOMAÇÃO EM PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS** NO AUTODESK REVIT®.

DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA AUTOMAÇÃO EM PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS NO AUTODESK REVIT®

AISLAN EVONÉSIO ESPÍNDOLA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Tecnologia da Informação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis-SC, 18 de novembro de 2022.

_____
Professor Egon Sewald Júnior, Dr.
Coordenador do CST em Gestão da Tecnologia da Informação
Instituto Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

_____
Professor Glauco Cardozo, Dr.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

_____
Prof. Juliano Lucas Gonçalves, Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

_____
Prof. Marco Antonio Neiva Koslosky, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a minha família, que me apoiou em todos os momentos e me incentivou a realizá-lo, mesmo quando quis desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo que conquistei até agora, mas peço a Ele para me dar sabedoria para conquistar muito mais.

À minha esposa Sabrina que nunca me recusou amor, apoio e incentivo. Obrigado, todo o amor do meu coração, por compartilhar os inúmeros momentos de ansiedade e estresse. Sem você ao meu lado o trabalho não seria concluído.

Aos colegas do curso de Gestão da Tecnologia da Informação, conhecê-los foi muito gratificante.

Agradeço a esta instituição de ensino, ao corpo docente e a todos os que fizeram parte da minha vida acadêmica.

A todos que tentaram me atrapalhar. Foram com as pedras que lançaram que construí meu caminho.

“Não viva para que a sua presença seja notada, mas para que a sua falta seja sentida.”

Robert Nesta Marley

RESUMO

O uso da tecnologia da informação associado ao desenvolvimento de softwares proporcionou um grande avanço para a indústria de projetos do ramo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AOC) e significou uma transformação imprescindível para a área. Os sistemas baseados em *Computer Aided Design* (CAD) foram pioneiros no uso de computadores para a representação de projetos de arquitetura e engenharia. Mais recentemente, a modelagem BIM (*Building Information Modeling*) permitiu melhorar os gráficos e agregar funcionalidades ao projeto, possibilitando representações virtuais paramétricas e integradas de edifícios. Mesmo com toda a mudança, ainda se percebe problemas em algumas disciplinas, sendo o projeto sanitário um deles, causando retrabalhos e falta de flexibilidade na compatibilização dos projetos. O objetivo deste trabalho é a criação de um *plugin* no software BIM, Autodesk Revit®, para agilizar um processo no projeto sanitário, criando uma rotina automatizada por meio de programação visual, através do Dynamo. O *plugin* permite a conexão automática entre duas caixas de esgoto, seguindo as normas técnicas brasileiras e boas práticas de projeto. O processo de desenvolvimento foi demonstrado passo a passo, mostrando a facilidade da programação visual, podendo ser empregada às mais diversas áreas da engenharia, desta forma, tornando a programação um item indispensável para projetistas na adaptação às peculiaridades de cenários adversos. A validação do plugin foi realizada em ambiente controlado e conclui-se a eficácia do mesmo. Os resultados alcançados são de grande valia para a área de projetos sanitários, evitando a morosidade, os erros e retrabalhos.

Palavras-chave: Projeto Hidrossanitário, BIM, Programação Visual, Dynamo

ABSTRACT

The use of information technology associated with software development provided a great advance for the architecture, engineering and construction (AOC) project industry and meant an essential transformation for the area. Computer Aided Design (CAD) based systems pioneered the use of computers for the representation of architectural and engineering designs. More recently, BIM (Building Information Modeling) modeling allowed improving graphics and adding functionality to the project, enabling integrated and parametric virtual representations of buildings. Even with all the change, there are still problems in some disciplines, the sanitary project being one of them, causing rework and lack of flexibility in the compatibility of projects. The objective of this work is the creation of a plugin in the BIM software, Autodesk Revit®, to speed up a process in the sanitary design, creating an automated routine through visual programming, through Dynamo. The plugin allows the automatic connection between two sewage boxes, following Brazilian technical standards and good design practices. The development process was demonstrated step by step, showing the ease of visual programming, which can be used in the most diverse areas of engineering, thus making programming an indispensable item for designers in adapting to the peculiarities of adverse scenarios. The plugin validation was performed in a controlled environment and its effectiveness is concluded. The results achieved are of great value to the area of sanitary projects, avoiding delays, errors and rework.

Key-words: Hydro Sanitary Project, BIM, Visual Programming, Dynamo

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caos de informação (Projeto CAD) e informações compartilhadas (Projeto BIM).....19
Figura 2 – Etapas da pesquisa.....23
Figura 3 - Interface do Revit®.....26
Figura 4 – Comparativo de programação visual e textual 28
Figura 5 – Interface do Dynamo.....29
Figura 6 – Fluxo de trabalho do Dynamo (Fonte: Kensek).....30
Figura 7 – Programação visual com a utilização de nós. 30
Figura 8 – Nós (Fonte: Dynamo primer) 31
Figura 9 – Fios (Fonte: Dynamo primer).....32
Figura 10 – Exemplo de Criação de Interface 33
Figura 11 – Planta Baixa e Modelo 3D 35
Figura 12 – Planta Baixa Rede de Esgoto.....36
Figura 13 – Projeto para desenvolvimento do plugin 37
Figura 14 – Iniciando o Dynamo 38
Figura 15 – Tela Inicial do Dynamo 38
Figura 16 – Nó de seleção do elemento 39
Figura 17 – Nós de seleção do elemento e conectores do elemento 40
Figura 18 – Nós mostrando a seleção e os conectores 40
Figura 19 – Nó com o tipo do sistema dos conectores.....41
Figura 20 – Nó de conversão de objeto para sequência de caracteres.....42
Figura 21 – Nó Code Block ou Bloco de Código 42
Figura 22 – Nó Filtro por Parâmetro Booleano 43
Figura 23 – Seleção das Caixas 44
Figura 24 – Nó para escolha da tubulação 44
Figura 25 – Nó para escolha do pavimento 45
Figura 26 – Nó para criação de tubos.....46
Figura 27 – Fluxograma do plugin 46
Figura 28 – Caixas sem ligação.....47
Figura 29 – Botão Executar do Dynamo.....48
Figura 30 – Caixas interligadas.....49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura Engenharia, Construção
AECO	Arquitetura Engenharia, Construção e Operação
API	Application Programming Interface
BIM	Building Information Modelling
CAD	Computer Aided Design
NBR	Norma Brasileira
VB	Visual Basic
VPL	Visual Programming Language

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **12**
1.1. Justificativa 13
1.2. Definição do problema 14
1.3. Objetivos 15
1.3.1. Objetivo geral 15
1.3.2. Objetivos específicos 15
1.4. Estrutura do trabalho 15
2. REVISÃO DA LITERATURA **17**
2.1. Plataforma BIM 17
2.2. Plugin 20
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS **22**
3.1. Caracterização da pesquisa 22
3.2. Delimitação da pesquisa 22
3.3. Etapas da pesquisa 23
3.3.1. Estudo das Necessidades 23
3.3.2. Análise da Forma de Trabalho e Levantamento de Requisitos 23
4. ESTUDOS DOS SOFTWARES UTILIZADOS **25**
4.1.1. Autodesk® Revit® 25
4.1.2. Dynamo 28
4.1.3. Dyno Browser 32
4.1.4. Data Shapes 32
5. ESTUDO E CONSTRUÇÃO DO PLUGIN **35**
5.1. Modelagem 35
5.1.1. Projeto Arquitetônico 35
5.1.2. Projeto Hidrossanitário 35
5.2. Desenvolvimento do *plugin* 36
5.2.1. Primeiros Passos 37
5.2.2. Seleção das caixas 39
5.2.3. Escolha do tipo de tubulação 44
5.2.4. Escolha do pavimento 45
5.2.5. Conexão entre as caixas 45
6. TESTE E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS **47**
6.1. Validação do *plugin* 49
7. CONCLUSÕES **50**
7.1. Trabalhos futuros 51
7.2. Disponibilização do *plugin* 51
REFERÊNCIAS **52**
APÊNDICE 1 - Código Fonte para o Dynamo **55**

1. INTRODUÇÃO

À medida que a tecnologia avançava, a necessidade de criação de projetos na área de construção civil, sejam arquitetônicos, estruturais ou hidrossanitários, tornou-se mais precisa e realista, necessitando sair das pranchetas e partir para os computadores.

Em 1982, a Autodesk® criou e começou a comercializar o AutoCAD®, que é uma ferramenta para a elaboração de desenhos técnicos em duas dimensões (2D) e em três dimensões (3D). O software é do tipo Computer Aided Design (CAD), amplamente difundido entre engenheiros, arquitetos, indústria automotiva, entre outros profissionais.

Todavia, segundo Eastman et al. (2014), apesar da automatização de desenhos, o método representativo CAD é passível de falhas e inconsistências.

Da busca por prazos mais curtos e da busca constante pela excelência e eficiência na engenharia civil, fica clara a necessidade de novas tecnologias para apoiar o processo de projeto da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Com o advento da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*, traduzido para o português, Modelagem da Informação da Construção), a partir do ano de 2002, os projetos, na área da construção civil, não são mais simples esquemas e representações gráficas e várias etapas da construção, agora, podem ser simuladas virtualmente. Desta forma, a edificação, em fase de projeto, passou a ser um modelo computacional completo, ao invés de diversas plantas em formato AutoCAD®, com inúmeras informações sobre seus elementos.

Como dito por Farias (2018, pg. 5), “Esta plataforma abrange geometria, relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas e pode ser utilizada para demonstrar todo o ciclo de vida da construção.” Complementando Farias, Alves et al. (2012), “BIM pode ser utilizado para demonstrar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação. Um projecto realizado em BIM é, a nível de interacção, uma conversação contínua entre todos os protagonistas envolvidos.”

Na tecnologia BIM, existem inúmeros softwares disponíveis no mercado. Dentre os diversos existentes, o que mais se destaca, em número de usuários, é o Autodesk® Revit®, por ser da mesma desenvolvedora do AutoCAD®, até então detentor do título do software de CAD mais utilizado do mundo. E apesar das inúmeras

bibliotecas existentes, dos diferentes *templates*, e da existência de incontáveis comandos, que abrangem diferentes tarefas, muitos apresentam algum tipo de problema, em que o usuário, seja ele, arquiteto, engenheiro ou um projetista, é forçado a realizar a atividade de forma manual, que, por vezes, gera retrabalho, diminuição de produtividade e aumento no tempo de execução das atividades.

1.1. Justificativa

A indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é uma área abrangente que fornece uma ampla gama de recursos e serviços ao mercado. Porém algumas atividades, como os projetos, acabam sendo prejudicadas pela falta de ferramentas que processem todos os dados ou realizem parte das atividades automaticamente. A inexistência deste tipo de ferramentas, gera demora na execução dos trabalhos e, em alguns casos, o retrabalho, aumentando o custo da execução.

A plataforma BIM, e neste caso o software Autodesk Revit®, permite a criação e desenvolvimento de *plugins* que automatizem processos que seriam feitos manualmente. Desta forma a utilização de uma ferramenta capaz de acelerar os processos de desenvolvimento dos projetos, bem como de uniformizar os modelos de trabalho traz consigo avanços em nível de mercado, e torna-se imprescindíveis nos escritórios de arquitetura e engenharia.

Segundo Farias (2018, p. 6), “O Revit é um arquivo de dados que pode ser partilhado entre vários usuários, ou seja, são todos interligados”. Em outros termos, a partir do momento que uma disciplina, seja a arquitetura, o estrutural e as instalações (hidrossanitárias, mecânica, elétrica ou comunicações), fizer qualquer modificação no projeto, os demais usuários responsáveis pela sua área, podem observar a alteração, pois o software atualiza automaticamente todas as disciplinas.

Apesar das constantes atualizações, os programas comerciais que utilizam a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) não contemplam todas as demandas necessárias à elaboração de um projeto, nem em todas as disciplinas envolvidas, com isso, inúmeros problemas especificados por projetistas, como a não visualização de interferências entre os projetos, a não ligação, de forma automática, entre caixas de inspeção, caixas de gorduras e sistemas de tratamento de efluentes, entre outros, não são contemplados nas interfaces básicas de suas plataformas, em que funcionalidades apresentam-se demasiadamente conservadoras (FERREIRA; LEITÃO, 2015).

Segundo Santos (2019, p.18, apud BONI e FABRICIO, 2011):

> (...) no ramo da construção civil há diversos projetos para produção, em destaque estão os projetos de alvenaria, esta disciplina rege que todos os outros subsistemas estejam compatibilizados. Os autores destacam que os sistemas prediais estão entre os mais complexos e carecem de muitos requisitos para uma completa integração, pois o projetista deve atentar a todas as disciplinas envolvidas no empreendimento a fim de proporcionar uma melhor qualidade ao produto.

Como citado por Medeiros (2017, p. 34), a modelagem de tubulações de esgoto no Revit, é uma das mais trabalhosas e dispendiosas entre os sistemas prediais de um modelo.

1.2. Definição do problema

Por meio de pesquisa realizada no escritório de arquitetura e engenharia BMT AEC-TEC de Florianópolis, e com os relatos de diferentes profissionais da área de projetos da construção civil, obteve-se uma lista com alguns problemas frequentemente encontrados no Autodesk® Revit®, são eles:

- não produzir uma visualização de interferências entre os projetos sanitário e estrutural;
- não fazer a ligação, de forma automática, entre caixas de inspeção, caixas de gorduras e sistemas de tratamento de efluentes;
- não representação automática dos desenhos isométricos das tubulações de água fria ou água quente;
- não identificação dos pilares, do projeto estrutural, para adição de barras de proteção de descargas elétricas;
- entre outros.

Percebeu-se, durante a pesquisa, que diversos projetos complementares já possuíam algum comando ou *plugin* para a ligação automática entre elementos, exceto o projeto sanitário.

A partir de relatos e da pesquisa realizada, a problemática do estudo é: Como desenvolver uma ferramenta que resolva o problema da ligação automática entre as caixas de inspeção, no projeto sanitário, melhorando a integração entre os projetos?

1.3. Objetivos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram definidos os seguintes objetivos: geral e específicos.

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é a criação de um *plugin*, que faça de forma automática a ligação das diferentes caixas no projeto sanitário, dentro do software Autodesk® Revit®.

1.3.2. Objetivos específicos

Para que o objetivo geral do trabalho seja atingido, alguns objetivos específicos deverão ser alcançados:

- Analisar as formas de trabalho dos usuários e levantar os requisitos para a elaboração do *plugin*.
- Estudar minuciosamente a estrutura de funcionamento do software Autodesk® Revit®.
- Estudar a construir o plugin utilizando o Dynamo.
- Testar e verificar os resultados, os testes serão realizados pelo autor.

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo:

1. O capítulo 1 é introdutório e apresenta a justificativa, a definição dor problema, os objetivos (geral e específicos) e a estrutura do trabalho aqui descrito.
2. O Capítulo 2, Revisão de Literatura, onde foi realizado o levantamento de material bibliográfico através da plataforma de pesquisa acadêmica Researchgate.net, Google Acadêmico e nos repositórios acadêmicos de universidades brasileiras, com palavras chave que remetessem ao tema a ser estudado.
3. Capítulo 3, Procedimentos Metodológicos, onde foi caracterizado a pesquisa, a delimitação e população pesquisada, as etapas da pesquisa e os softwares utilizados para a realização deste trabalho.
4. Capítulo 4, Desenvolvimento do *Plugin*, apresenta o desenvolvimento do caso apresentado neste trabalho. Neste capítulo, pode-se observar ainda

a metodologia detalhada no desenvolvimento do *plugin* para a automação desejada.

5. No quinto e último capítulo, são discutidas as considerações finais, conclusões e análises obtidas através da pesquisa realizada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Plataforma BIM

A tecnologia BIM é o resultado de diversas pesquisas científicas de países altamente desenvolvidos tecnologicamente na década de 1970, com o intuito de melhorar a tomada de decisões devido à quantidade de informações disponíveis e as novas exigências de qualidades e especialidades que eram ponto de diferenciação no mercado desses países como segurança, certificações ambientais, sustentabilidade, conforto e outros fatores (CAMPESTRINI, 2015).

Somente, a partir de 2002, a plataforma BIM que constitui uma tecnologia voltada a projetos no ramo da Arquitetura, Engenharia e Construção, começa a ser implementada corretamente e passa a se destacar, desta forma, sendo exigidas por diversos órgãos públicos, e consequentemente sendo obrigatória a adoção nos escritórios de arquitetura e engenharia. Segundo Cezar (2017, p. 13):

> É a tecnologia de modelagem de informação da construção, tem se tornado uma ferramenta de trabalho cada vez mais importante para engenheiros, arquitetos e todos envolvidos nos processos da construção civil. O BIM traz consigo a ideia de se ter um protótipo digital da obra que, através de parâmetros interligados, é capaz de interpretação simples, clara e direta das informações.

A principal diferença entre os processos tradicionais, com a utilização de softwares CAD, e os modelos BIM, é a aplicação de objetos paramétricos. Os tradicionais softwares CAD representam informações por meio de elementos geométricos, como pontos, linhas e retângulos. Esses programas não possuem dados sobre as entidades do que está sendo modelado (KHEMLANI, 2004).

Em contraponto, um modelo BIM é desenvolvido com o uso de objetos paramétricos que consistem em definições geométricas com dados e regras associadas. Não permitindo inconsistências na geometria desses objetos e as regras paramétricas alteram automaticamente a geometria associada. Ademais, estes objetos tem a capacidade de vincular-se ou receber outros objetos e de divulgar ou exportar um conjunto de atributos (EASTMAN et al, 2014).

Atualmente, inúmeros softwares utilizam esta plataforma de trabalho. Como exemplo temos (Tabela 1):

Tabela 1 – Principais desenvolvedoras de softwares BIM

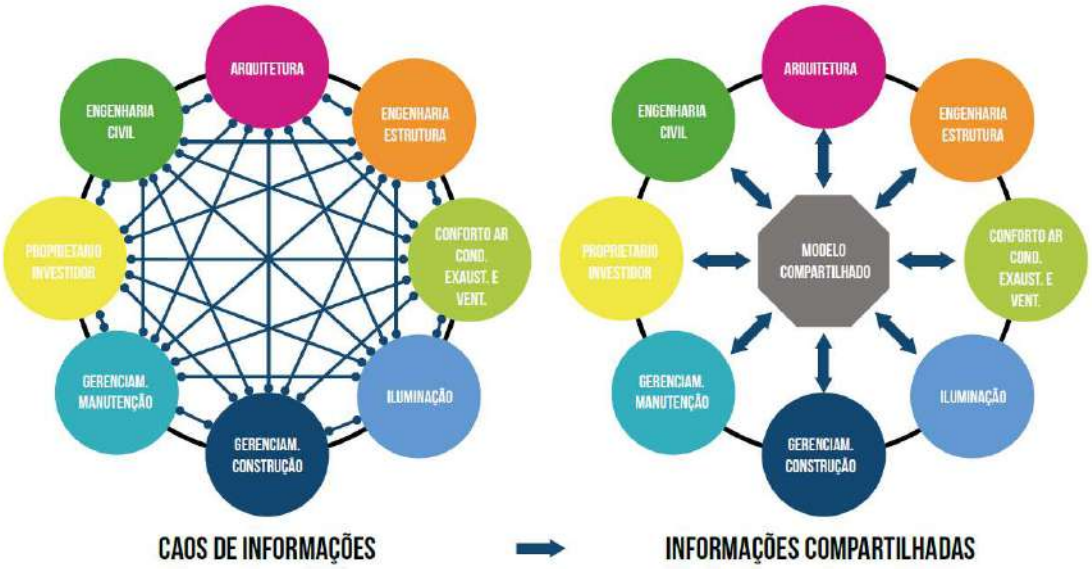
Empresa	Software
AUTODESK	AutoCAD, Revit, Formit 360 Pro, Recap Pro, Dynamo Studio, Robot Structural Analysis Pro, Advance Steel, Advance Concrete, Navisworks, Point Layout, Infraworks 360, Vehicle Tracking, 3ds Max, Showcase, Green Building Studio, Inventor.
Bentley	AECOsim Building Designer – Architecture, Structures, MEP
GRAPHISOFT A NEMETSCHEK COMPANY	Scia Engineer, Allplan, Solibri, Vectorworks, Archicad, BIMx.
Trimble Tekla	SketchUp, Tekla, Trimble Connect, Trimble PipeDesigner 3D, Trimble DuctDesigner 3D, Autobid, Accubid, VICO Office, Manhattan, Vulcan.
Outras	TQS, Synchro, SOFiSTiK, IBM, Archibus e outros

No Brasil, um dos softwares que avançou nos escritórios de arquitetura e engenharia foi o Autodesk® Revit®, o software foi desenvolvido pela Autodesk, a mesma desenvolvedora do AutoCAD®, sendo atualmente um dos softwares mais utilizados do mercado (PINHEIRO, 2022).

Os softwares BIM, possibilitam a inclusão de parâmetros para cada material incluído no projeto, permitindo que todos os componentes de um empreendimento sejam especificados durante a fase de projeto. O processo é um arranjo virtual colaborativo que reúne profissionais de diferentes disciplinas, garantindo que o conhecimento agregado de cada um deles seja integrado em uma única fonte de dados, o modelo paramétrico da edificação.

A integração de informações leva a um compartilhamento e troca de dados mais eficiente, conforme mostrado na Figura 1, onde o gráfico da esquerda ilustra o processo de trocas de informações entre as diferentes disciplinas envolvidas em um projeto, enquanto que o gráfico da direita ilustra um modelo compartilhado para a troca de informações.

Figura 1 - Caos de informação (Projeto CAD) e informações compartilhadas (Projeto BIM)



O BIM não contém apenas o projeto em si (relações geométricas e espaciais), mas também informações geográficas, quantidades e propriedades construtivas de cada componente (densidade do material, custo, dimensões, especificações técnicas, etc.) (FAZLI et al., 2014).

O BIM é utilizado principalmente para melhorar o detalhamento, detecção de incompatibilidades entre projetos e falhas (HARDIN e MCCOOL, 2015), visualização e simulação de cenários (EASTMAN et al., 2011), além de melhorar a comunicação e coordenação entre os diferentes projetistas (KRYGIEL e NIES, 2008).

O BIM permite que diferentes layouts e detalhes sejam gerados, permitindo que cada equipe de projeto inclua informações importantes no desenho. Esses layouts podem ser referenciados para formar um projeto só, onde podem ser verificadas incompatibilidades físicas, dos materiais, de localização, etc. (FAZLI et al. 2014).

Além de auxiliar nas etapas de projeto e planejamento, os benefícios da tecnologia BIM se estendem a todas as macroetapas da construção.

Na maioria dos casos, as ferramentas que integram a tecnologia BIM possuem recursos adaptados às necessidades de cada cliente. Assim, o cliente pode desenvolver um novo recurso chamado *plugin*, para auxiliar em sua prática diária. O *plugin* aumenta a eficiência e produtividade do usuário, desta forma, tornando seu trabalho mais competitivo.

Devido a isso, por vezes, se torna inevitável a busca por soluções customizadas, e esta situação impede que as soluções, possam ser desenvolvidas pelos próprios envolvidos no projeto.

2.2. Plugin

Para conseguir customizar e solucionar os problemas descritos na sub-seção anterior, pode-se fazer a utilização de *plugins* ou add-ons. Segundo Silva (2014, p. 2):

> (...) plug-in é um programa que funciona dentro de outro programa. Assim como na maioria dos navegadores web podemos instalar extensões (plug-ins) que são pequenos programas que nos auxiliam em alguma tarefa que fazemos na web como, notificar recebimento de e-mail, traduzir uma página ou mesmo nos proteger de ameaças como vírus e spywares. Da mesma forma os plug-ins para AutoCAD e Revit realizam tarefas que só poderiam fazer sentido dentro dessas plataformas, como desenhar uma linha, mover um objeto, carregar um bloco ou uma família. Embora muitos plug-ins conhecidos façam tarefas simples, os plug-ins para AutoCAD e Revit podem realizar tarefas realmente complexas e podem até se tornar grandes sistemas que operam dentro do AutoCAD ou do Revit capazes de otimizar inúmeras tarefas de desenvolvimento de um determinado projeto.

De acordo com Prada (apud Silva Júnior, 2017, p. 28), *plugins* podem ser definidos como sendo, qualquer software, ferramenta ou extensão, que de alguma forma se conecta a um programa principal com a finalidade de adicionar novas funcionalidades e recursos ao mesmo. Via de regra, os *plugins* possuem tamanho bastante reduzido se comparado ao software principal.

O desenvolvimento de *plugins* para o ambiente Revit possui uma vasta quantidade de recursos disponíveis, a fim de suprir as possíveis necessidades dos desenvolvedores. Para isso, o Revit precisa fazer uso de uma API (*Application Programming Interface*) que pode interagir com as funções internas da plataforma por meio do desenvolvimento de *plugins* e extensões. Ainda segundo Silva (2014, p. 2), o API “é uma biblioteca que dá acesso via programação as funcionalidades do programa”. Conforme menciona Gonçalves (2011, p.3): “Autodesk Revit tem uma API .NET que significa que você pode usar qualquer linguagem de programação (C#, VB.NET, F #, etc.) compatíveis com .NET para desenvolver um plug-in. [...]. Usando a API do Revit, a interface permite acesso a várias ferramentas disponíveis no app,

propiciando o manuseio e o processamento de dados gráficos e alfanuméricos (AUTODESK, [s.d.]).

Os *plugins* do Revit são aplicativos criados por desenvolvedores, fora da Autodesk, para realizar certas tarefas que o Revit não realiza. A criação do *plugin* pode ser efetuada por qualquer usuário, não obrigatoriamente por um desenvolvedor autorizado Autodesk, desde que tenha um conhecimento básico sobre o assunto.

Como dito por Menezes et al. (2016, p. 2):

> [...] para realizar funções específicas e complementares ao programa principal, existem também extensões de programas, ou plug-ins, que podem ser instalados paulatinamente no software, podendo ser produzidos pelo próprio fabricante ou por terceiros.

Assim como o uso dos *templates* e das bibliotecas, pode reduzir o tempo gasto na formatação e no desenho das representações, os *plugins* ajudam no trabalho diário, otimizam o processo, melhoram a usabilidade do software, a eficiência na execução dos trabalhos. Em outras palavras, estes recursos facilitam o processo criativo de arquitetos, engenheiros e projetistas, gerando qualidade, clareza e continuidade do projeto.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa foi caracterizada como sendo de natureza científica e aplicada, qualitativa, apresentando cunho exploratório.

A pesquisa qualitativa não se concentra em definições numéricas, está diretamente ligada a apresentações, promovendo assim a compreensão de um determinado tópico. Segundo Minayo (2001, p.14):

> A pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Quanto ao procedimento se enquadra em pesquisa experimental. A pesquisa bibliográfica foi utilizada para fundamentar conceitos e dar sustentação teórica à pesquisa, procedendo a realização de um levantamento em campo para aumentar a base de dados.

3.2. Delimitação da pesquisa

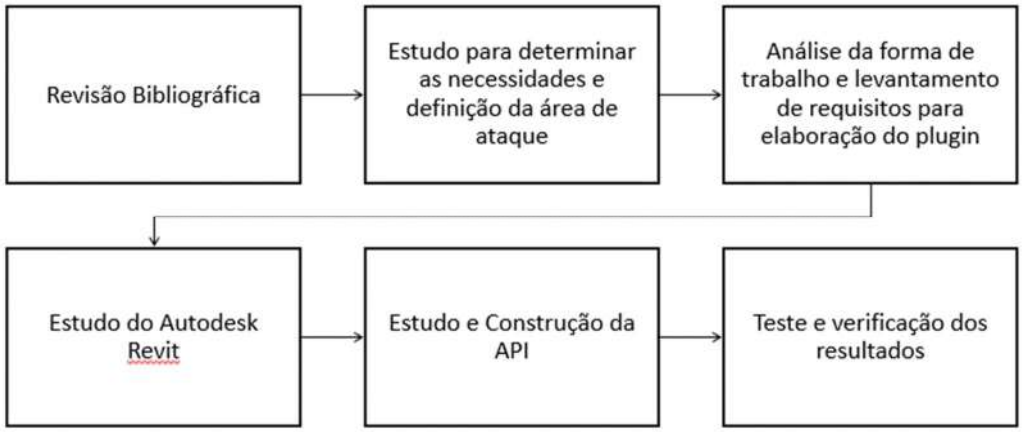
Projetos colaborativos são essenciais em negócios de alto desempenho. Para integração de projetos em BIM, é necessário, a inclusão de fluxos de trabalho exclusivos e a promoção da participação ativa e organizada das partes interessadas. Esses projetos são mutuamente compatíveis e discutidos em detalhes, melhorando consideravelmente a viabilidade técnica e econômica do projeto. O processo de integração de informações traz compartilhamento e troca de dados mais eficiente, e tem o intuito de aproximar as áreas envolvidas na elaboração dos projetos de engenharia, criando um ambiente cooperativo ao desenvolvimento.

Desta forma, o levantamento de necessidades, isto é, os problemas encontrados pela falta de automatização de algumas ferramentas, foi realizado entre os meses de outubro e dezembro de 2021, onde foi discutido quais os pontos, na elaboração dos projetos, necessitavam de maior intervenção.

3.3. Etapas da pesquisa

Para a realização desta pesquisa, as etapas a seguir foram definidas (Figura 2):

Figura 2 – Etapas da pesquisa



3.3.1. Estudo das Necessidades

Com a conclusão da primeira fase (revisão bibliográfica), iniciou-se, no escritório de arquitetura e engenharia BMT AEC-TEC, o estudo para determinar as necessidades para cada tipo de projeto, como arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, entre outros. Como a área de projetos tem muitas disciplinas, e cada uma delas tem inúmeros problemas a serem resolvidos, o estudo foi focado em apenas uma destas disciplinas, o projeto hidrossanitário, mais especificamente a parte sanitária. Nesta disciplina o processo que gera mais preocupação, devido ao retrabalho, foi a interligação entre caixas de inspeção, e este, foi o foco do estudo.

3.3.2. Análise da Forma de Trabalho e Levantamento de Requisitos

Posteriormente, foi efetuada uma análise minuciosa da forma de trabalho do projetista, através do acompanhamento do lançamento dos elementos pertinentes ao projeto. O primeiro passo foi o carregamento, dentro do Revit, do *template* específico do projeto hidrossanitário. Com o projeto iniciado, a segunda parte a ser feita é o referenciamento, ou carregamento, do arquivo do projeto arquitetônico, que servirá como base para o lançamento dos elementos pertinentes ao projeto hidrossanitário, o projeto hidrossanitário é iniciado pela parte hidráulica e posteriormente pela parte sanitária, com o lançamento dos equipamentos sanitários e

tubulações, finalizando com a ligação do projeto sanitário ao sistema de tratamento de esgoto. Os dois projetos têm suas normas específicas carregadas no Revit, um facilitador para a elaboração do projeto. A vantagem desta forma de trabalho, é a integração entre as disciplinas, onde a verificação digital automatizada de possíveis incompatibilidades nos projetos, permite avaliar o projeto sob um ponto de vista diferente dos projetistas, auxiliando na identificação de inconsistências, prevenindo retrabalhos e reduzindo custos na hora da execução da obra. Além disso, foi necessário o estudo aprofundado da estrutura de funcionamento do software Revit®.

Com as análises realizadas, partiu-se para a próxima etapa, onde foi elaborado o levantamento de requisitos para o desenvolvimento do *plugin*, são eles:

- O *plugin* precisa ter uma interface simples e leve;
- O *plugin* precisa selecionar uma caixa de cada vez para o direcionamento do esgoto;
- O *plugin* deverá ser utilizado em qualquer versão do Revit.

Com as análises realizadas e os requisitos listados, estabeleceu-se a próxima etapa que foi o estudo e a construção da API, que significa Application Programming Interface ou, em português, Interface de Programação de Aplicativos. O Revit® possui sua própria API através do Dynamo, onde foram modelados a interface e os elementos que abrangem a necessidade.

Com o estudo definido, partiu-se para a construção do *plugin* propriamente dito com a utilização do Dynamo, que será descrito com capítulo 4.2 Desenvolvimento do *plugin*.

Com o *plugin* pronto, partiu-se para o teste e verificação dos resultados. O teste foi realizado pelo próprio autor deste trabalho com o auxílio do projetista do escritório de arquitetura e engenharia BMT AEC-TEC, no qual foi realizado o estudo e levantamento de necessidades. Confirmada a eficácia do *plugin*, será possível avaliar os resultados para verificar quais melhorias podem ser feitas.

4. ESTUDOS DOS SOFTWARES UTILIZADOS

Para a modelagem do projeto hidrossanitário, análise e desenvolvimento do *plugin*, foram utilizados os softwares Autodesk® Revit®, Dynamo, Dyno Browser e Data Shapes. Antes de iniciar o desenvolvimento do plugin foi necessário o aprofundamento do conhecimento acerca do funcionamento dos softwares, e a função de cada um dos softwares está descrito na Tabela 2 e suas descrições nos subcapítulos a seguir.

Tabela 2 – Softwares utilizados e suas funções

			
Autodesk® Revit®	**Dynamo**	**Dyno Browser**	**Data Shapes**
Geração de Modelo 3D de projetos	Seleciona elementos	Organiza, gerencia e executa as rotinas desenvolvidas no Dynamo	Cria uma interface amigável para a execução das rotinas.

4.1.1. Autodesk® Revit®

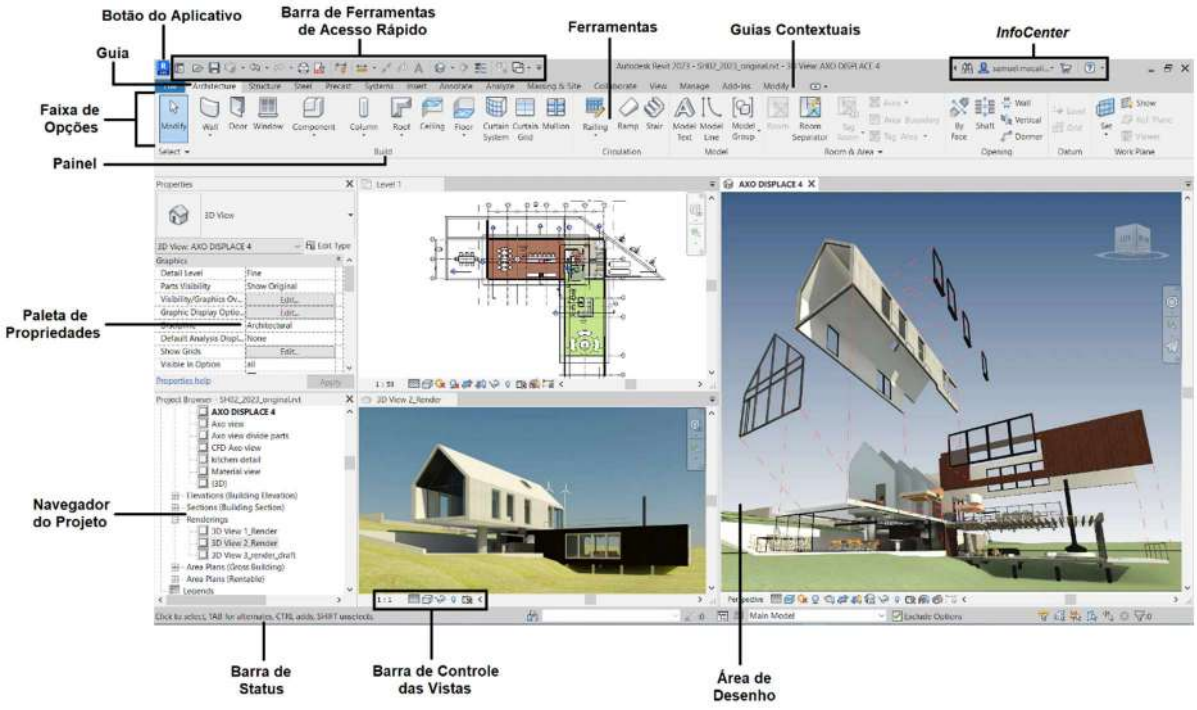
O Autodesk® Revit® é um software BIM (Building Information Modeling). Ao contrário dos softwares de tecnologia CAD (Computer Aided Design), o Revit® permite que os edifícios sejam construídos virtualmente. Todos os elementos que o compõem podem ser modelados, desde a arquitetura até os sistemas (hidrossanitários, mecânica, elétrica e comunicações) e estruturas.

Ao contrário dos projetos em CAD, os projetos no Revit® constituem um modelo com diversas informações. Entre eles, o tubo tem as mesmas características do tubo real (diâmetro externo, diâmetro interno, rugosidade), a parede tem as mesmas características de uma parede real (materiais utilizados, suas espessuras,

pelo e volume), a porta é completa, contendo largura, altura e espessura, além de todas as suas partes.

A Figura 3 ilustra a interface do Revit®.

Figura 3 - Interface do Revit®



A interface do Revit® consiste em um conjunto de barras de ferramentas projetadas para simplificar o fluxo de trabalho. Cada barra de ferramentas é organizada em faixas com várias funções e comandos.

Na figura acima, pode-se observar o projeto em diversas vistas (planta baixa, 3D, elevações, entre outras), e apesar de mostrar diferentes vistas, o projeto é um único modelo. Presumindo-se que o projeto seja aberto exatamente como demonstrado acima, a Paleta de *Propriedades* mostrará as propriedades da visualização. Se a vista selecionada for a vista de visualização 3D, suas propriedades serão mostradas (escala de vista, modo de exibição, nível de detalhe, etc.), se aplicando a qualquer outra vista que seja aberta. Quando um elemento é selecionado, a paleta Propriedades agora exibirá as propriedades do elemento.

Acerca das demais partes da interface do Revit®, tem-se:

- Botão do Aplicativo: acesso aos comandos típicos de aplicações do Windows, como Novo, Abrir, Salvar, Exportar, Imprimir, Sair, entre outros.

- Barra de Ferramentas de Acesso Rápido: acesso de forma rápida aos comandos que o usuário configura para acessar facilmente.
- Ferramentas: são as ferramentas que executam ações dentro do Revit®, organizadas em painéis dentro das guias contextuais.
- Guias Contextuais: organizam as ferramentas de acordo com sua funcionalidade. Por padrão tem-se: Arquitetura, Estrutura, Sistemas, Inserir, Anotar, Analisar, Massa e terreno, Colaborar, Gerenciar, Suplementos e Modificar. Contudo, outras guias são exibidas dependendo do comando ou do elemento selecionado.
- InfoCenter: botões que interagem com os conteúdos da Autodesk®.
- Barra de Opções: mostra as opções do comando em execução.
- Painel: organiza os comandos dentro das guias contextuais, de modo a dividir e agrupar ainda mais as funcionalidades.
- Navegador do Projeto: local para navegar no projeto, através das famílias, pranchas, tabelas e vistas.
- Barra de Controle da Vista: barra para controle da exibição da vista ativa.
- Área de Desenho: local onde é criado o projeto.

A modelagem dos projetos que serão utilizados como base para o desenvolvimento do *plugin*, foram realizadas no Autodesk® Revit®. Porém, cada disciplina utiliza sua aba específica. O software permite a simplificação deste tipo de trabalho, pois garante eficiência, agiliza a criação dos projetos e a obtenção de inúmeros dados referentes aos mesmos.

O software também pode ser utilizado com programas complementares que leem os modelos criados e utilizam parâmetros encontrados através da realização de cálculos específicos. Outra funcionalidade do programa é a possibilidade de instalação de *plugins*, utilização de aplicações como o Dynamo® e a capacidade de interação com o Microsoft Excel®.

Cheng e Ma (2013) destacaram a enorme aplicabilidade dos softwares BIM, destacando a possibilidade de integração de múltiplos tipos de informação em modelos virtuais de projetos.

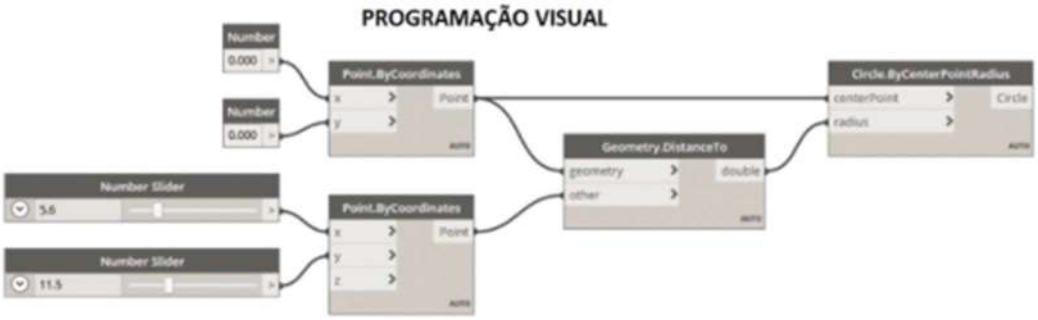
4.1.2. Dynamo

Apesar dos *plugins* serem úteis, o desenvolvimento deles ficava a cargo de uma pequena parcela de profissionais com conhecimento dos softwares de engenharia e habilidade com programação.

Com o surgimento de aplicativos voltados à programação visual, também conhecidas como “No code”, o poder de criar rotinas de programação também passou para as mãos dos profissionais da engenharia, o qual tem a possibilidade de criar os programas precisos exigidos pelas particularidades de seus projetos.

A Figura 4, a seguir, ilustra e possibilita a comparação das duas linguagens:

Figura 4 – Comparativo de programação visual e textual



PROGRAMAÇÃO TEXTUAL

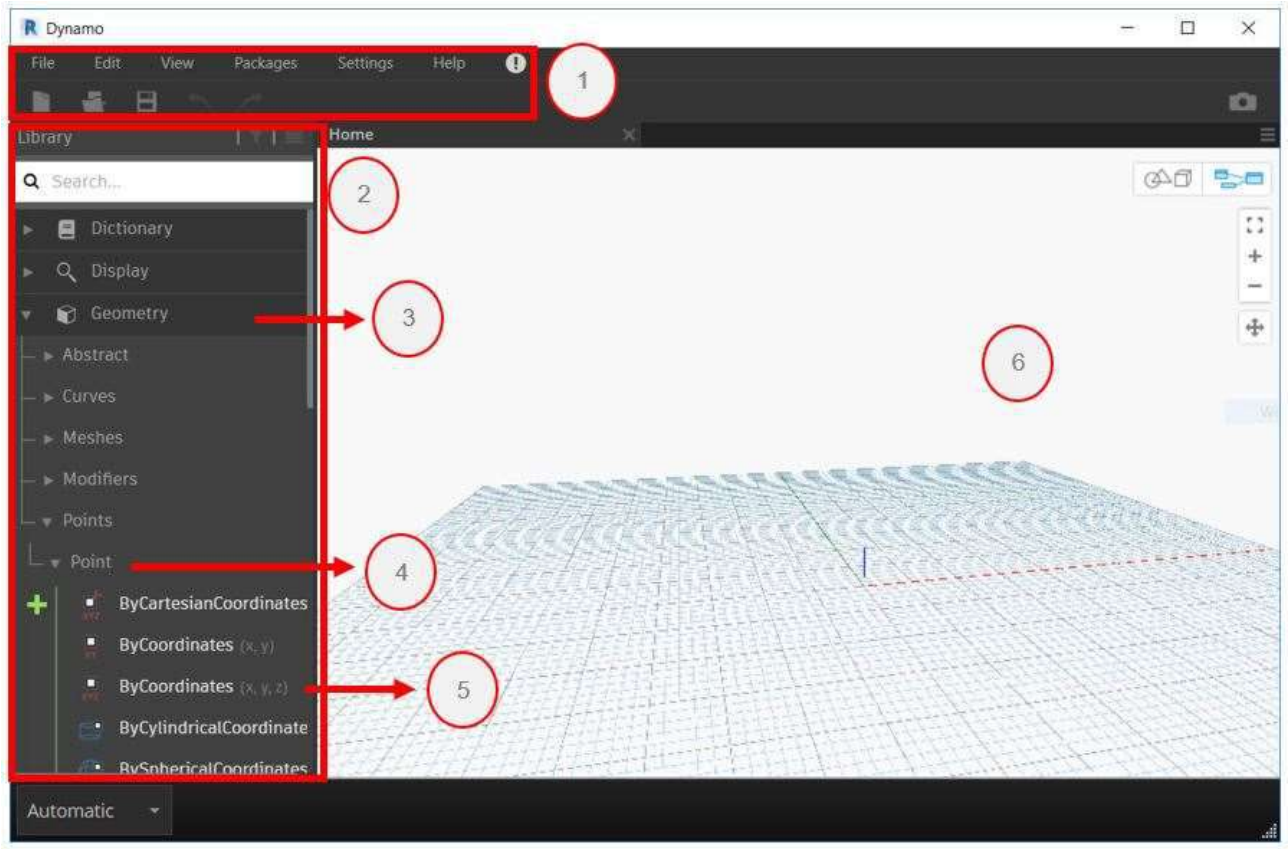
```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

Esse tipo de programação tem uma curva de aprendizado mais rápida do que a programação em texto, razão pela qual engenheiros e arquitetos são possibilitados a escreverem suas próprias rotinas.

O *Dynamo Visual Programming*, mais conhecido como Dynamo, é um software útil disponível como *plugin* para as plataformas Autodesk® Revit® e Autodesk Vasari. No Dynamo, os usuários podem usar o recurso para criar elementos geométricos automaticamente, usar dados externos para ajustar os parâmetros de cada família de elementos e compartilhar informações com diferentes plataformas de projeto.

O Dynamo é uma plataforma de programação visual com programação orientada a objetos, e sua principal característica é a fácil comunicação com o usuário.

Figura 5 – Interface do Dynamo



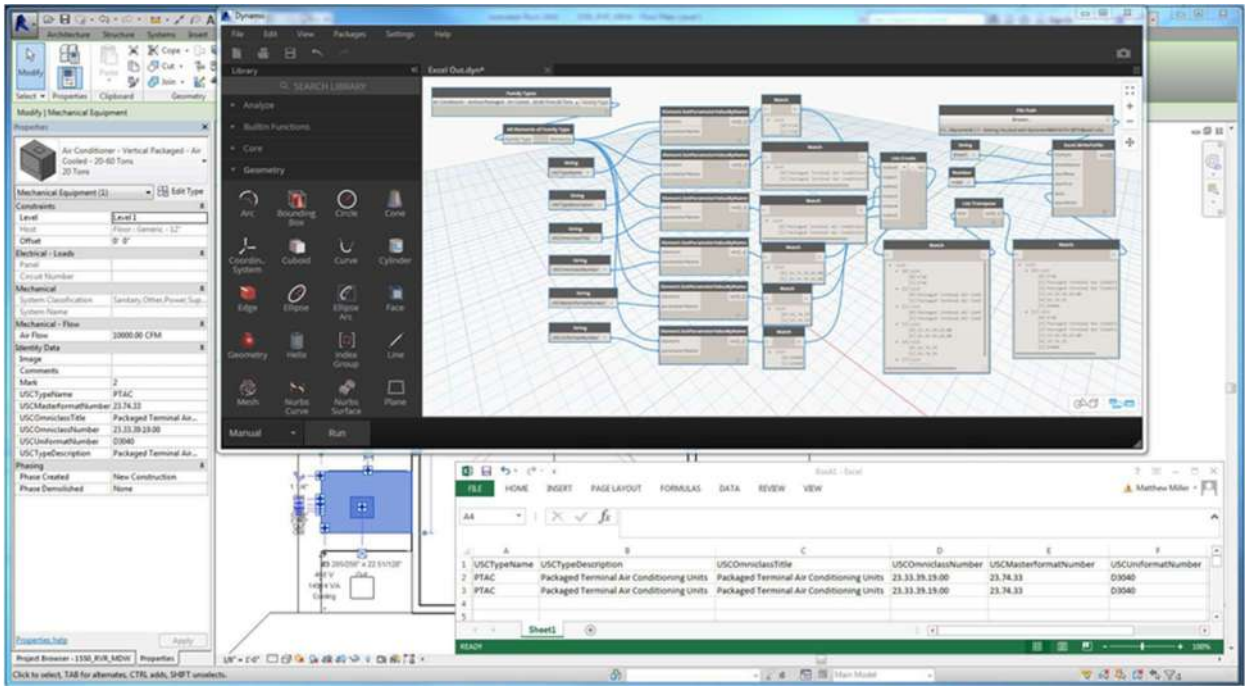
Onde:

1. Barra de menus e barra de ferramentas. São recursos padrão em programas do Windows.
2. Biblioteca do Dynamo. Aqui se encontra todos os nós disponíveis.
3. Categoria. O Dynamo agrupa os nós logicamente em categorias, permitindo que você encontre um nó mais facilmente.
4. Subcategoria. O Dynamo agrupa os nós em subcategorias menores.
5. Nó. Selecione um nó para colocá-lo em seu espaço de trabalho.
6. O Espaço de Trabalho. Desenvolvemos o programa aqui. Você também pode ver a geometria na área de trabalho.

O Dynamo foi desenvolvido para auxiliar nos processos realizados pelas áreas de arquitetura, engenharia e construção. Os projetos desenvolvidos no Revit

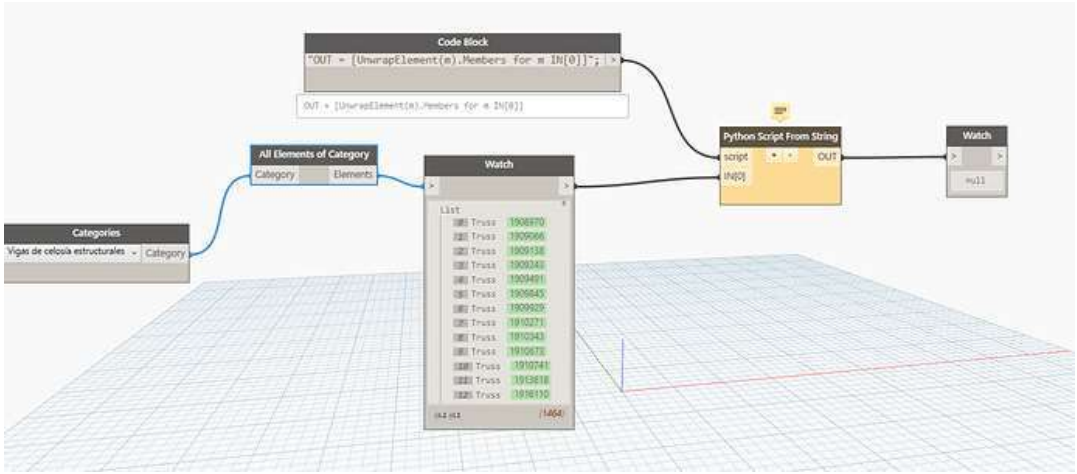
possuem um banco de dados robusto, sendo inacessível ao usuário comum. Sabendo que o Revit possui uma API, os desenvolvedores podem acessar esses dados e criar ferramentas que melhorem o processo de projeto. Na Figura 6, pode-se observar como os desenvolvedores utilizam usando a API do Revit (DYNAMO PRIMER, 2022).

Figura 6 – Fluxo de trabalho do Dynamo (Fonte: Kensek)



O fluxo lógico para programação visual é desenvolvido usando os operadores incluídos no Dynamo como nós (nodes) conectados por fios (wires), como exemplificado a Figura 7 a seguir:

Figura 7 – Programação visual com a utilização de nós.



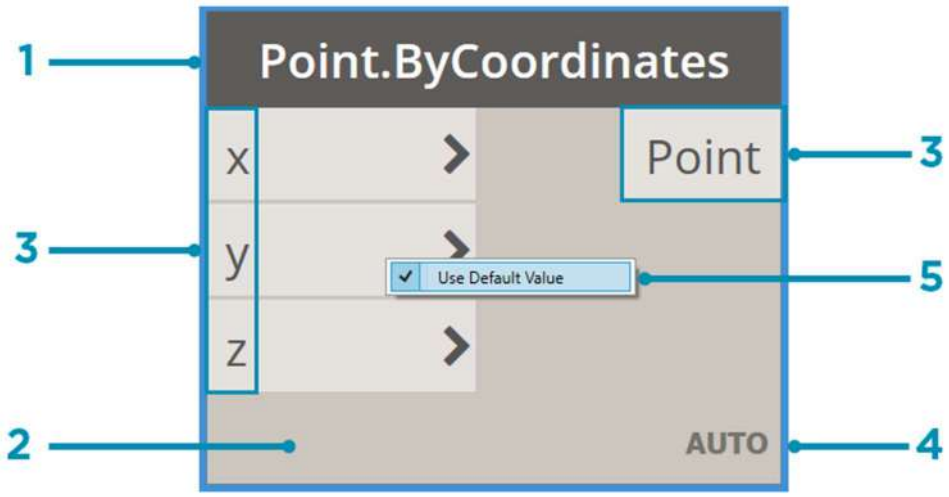
Os nós são objetos que conectados formam um programa visual. Cada nó executa apenas um comando, que pode conter dados básicos ou complexos. (DYNAMO PRIMER, 2022).

Examinando as propriedades do nó, verifica-se a existência de cinco partes conforme descrito na Tabela 3 e Figura 8.

Tabela 3 – Partes do Nó

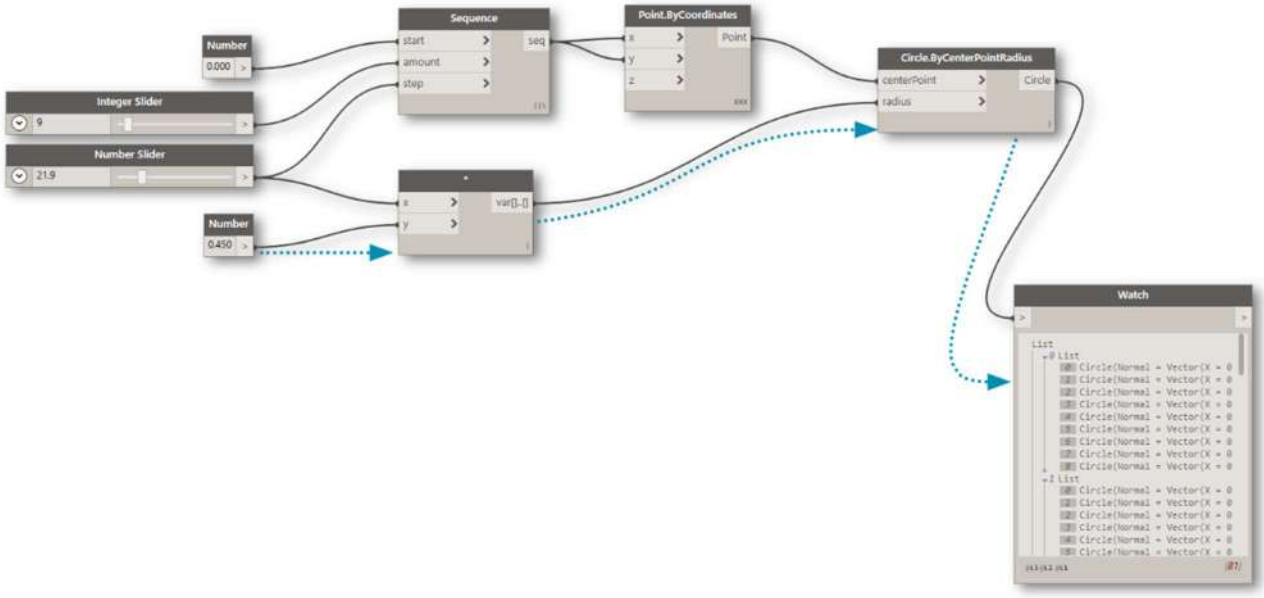
Partes	Descrição
Nome (Name)	o nome do nó com uma convenção conforme a nomenclatura, Category.Name;
Principal (Main)	o corpo principal do nó, apresenta opções no nível de todo nó;
Portas (Ports (In e Out))	os receptores para os fios que fornecem dados de entrada e saída;
Ícone Lacing (Lacing Icon)	indica a opção especificada para entradas de lista correspondentes
Valor Padrão (Default Value)	alguns nós possuem valores padrão que podem ser usados ou não

Figura 8 – Nós (Fonte: Dynamo primer)



A comunicação entre os nós é estabelecida através de fios, onde as informações do projeto são transportadas de uma caixa para a outra. Os fios conectam as entradas e saídas de dados (Figura 9).

Figura 9 – Fios (Fonte: Dynamo primer)



As conexões entre o Dynamo e o Revit são realizadas em tempo real, a comunicação contínua entre os programas proporciona um gerenciamento de dados de qualidade, e as alterações feitas no Dynamo são transferidas automaticamente para os modelos contidos no Revit (TEIXEIRA, 2018).

4.1.3. Dyno Browser

O Dyno Browser é um *plugin* desenvolvido para o gerenciamento, a organização e a execução de qualquer rotina desenvolvida no Dynamo. Suas principais funcionalidades incluem a criação de botões, a integração de kits e o controle de execução (SILVA, 2018).

O Dyno Browser é de suma importância neste trabalho, pois ajudou a tornar as rotinas desenvolvidas mais acessíveis aos usuários finais, com uma interface limpa e de aprendizado simples.

4.1.4. Data Shapes

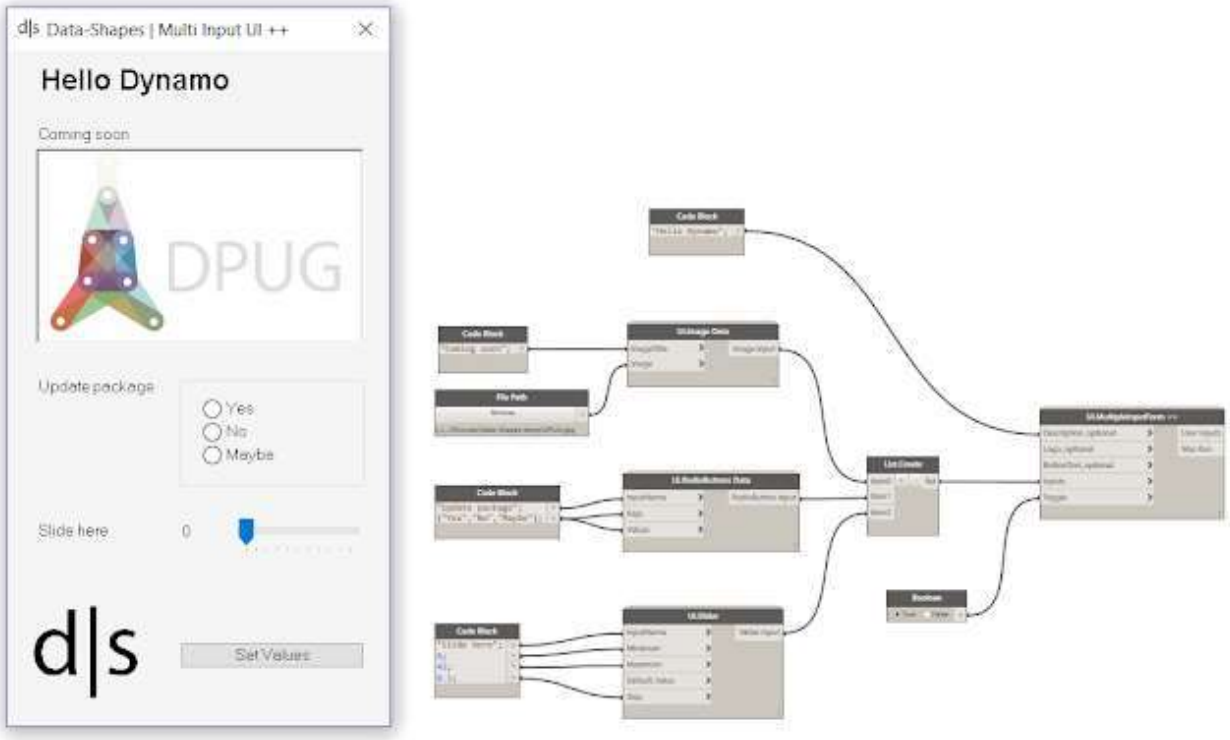
Um dos problemas encontrados trabalhando com dados por meio do Dynamo, foi a falta de uma interface estruturada para entrada de dados do usuário. As informações fornecidas na programação interna, através do Dynamo, utilizando apenas nós, proporcionam pouca customização em relação a utilização de pop-ups,

isso complica a criação de soluções de programação para usuários finais que não entendem os recursos do Dynamo.

Com esses problemas encontrados, um membro da comunidade de usuários do Dynamo, desenvolveu o pacote Data-Shapes (DATA-SHAPES, 2017), um conjunto de nós direcionados ao desenvolvimento de janelas e flexibilidade de entrada de dados pelos projetistas para aumentar a facilidade de uso dos *plugins* criados no Dynamo.

As operações dos nós no Data-Shapes permitem a criação de caixas de texto, checkboxes, menus dropdown, botões de busca de arquivos e pastas, e outras funções, com uma interface agradável, conforme mostrado na Figura 10. Isso é feito por meio de uma janela pop-up que pode ser apresentada ao usuário antes de executar a função da rotina do Dynamo (DATA-SHAPES, 2017).

Figura 10 – Exemplo de Criação de Interface



Assim, o papel de informar determinados parâmetros, definir restrições de regras, escolher como os programas realizam determinados cálculos ou validações (através de condições, e muitas outras aplicações) podem ser delegados ao usuário. Nesse caso, a entrada estará vinculada à decisão do usuário quando a rotina for

executada, ao invés da manipulação de valores, palavras e operações booleanas no ambiente de programação do Dynamo, aumentando a facilidade de uso.

Nesta pesquisa, o principal potencial observado deste pacote é orientar o processamento de rotinas com base em decisões tomadas pelo usuário através da flexibilidade de entrada por meio de janelas de interface.

Quando usado com o Dyno Browser, pode ser construída uma gama de ferramentas que, além de se integrarem à interface do Revit sem abrir o Dynamo, permitem que os usuários notifiquem alguns parâmetros, importem arquivos e estabeleça o comportamento desejado na rotina.

5. ESTUDO E CONSTRUÇÃO DO PLUGIN

5.1. Modelagem

5.1.1. Projeto Arquitetônico

Anteriormente ao desenvolvimento do *plugin*, foi necessário a modelagem do projeto arquitetônico e seus complementares, neste caso o projeto hidrossanitário e estrutural. Para isso, o escritório de arquitetura e engenharia BMT AEC-TEC, disponibilizou um projeto de pequeno porte, onde o modelo do projeto arquitetônico foi baseado na ABNT NBR 16.636-2:2017, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Planta Baixa e Modelo 3D



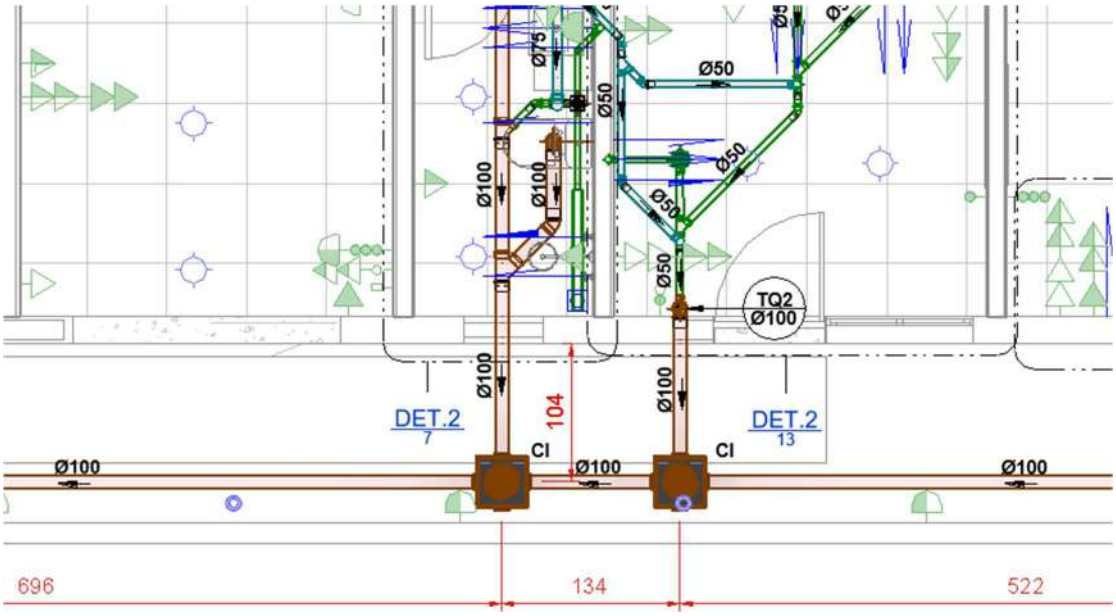
Durante a fase de modelagem, os elementos são devidamente nomeados de acordo com o tipo, pois isso fornece a base para o mapeamento dos componentes. Os componentes fornecem informações para cada elemento de construção no modelo BIM e essas informações são extraídas e processadas para levantamento de estimativa de materiais.

5.1.2. Projeto Hidrossanitário

Para o projeto hidrossanitário foram necessários a modelagem, os detalhamentos e os cálculos exigidos nas normas da ABNT. A modelagem é executada inserindo modelos de projeto arquitetônico e modelos dos projetos estrutural, elétrico e de incêndio, caso tenham sido realizados. Desta forma, na modelagem das tubulações e na locação dos componentes sanitários, evita-se interferência com a estrutura projetada e sua arquitetura. Quando essas interferências são inevitáveis, são projetadas para terem o menor impacto possível, tanto do ponto de vista estrutural, quanto do ponto de vista arquitetônico/estético.

O modelo sanitário segue as especificações utilizadas na norma de sistemas prediais de esgoto sanitário da ABNT NBR 8160:1999, conforme a Figura 12.

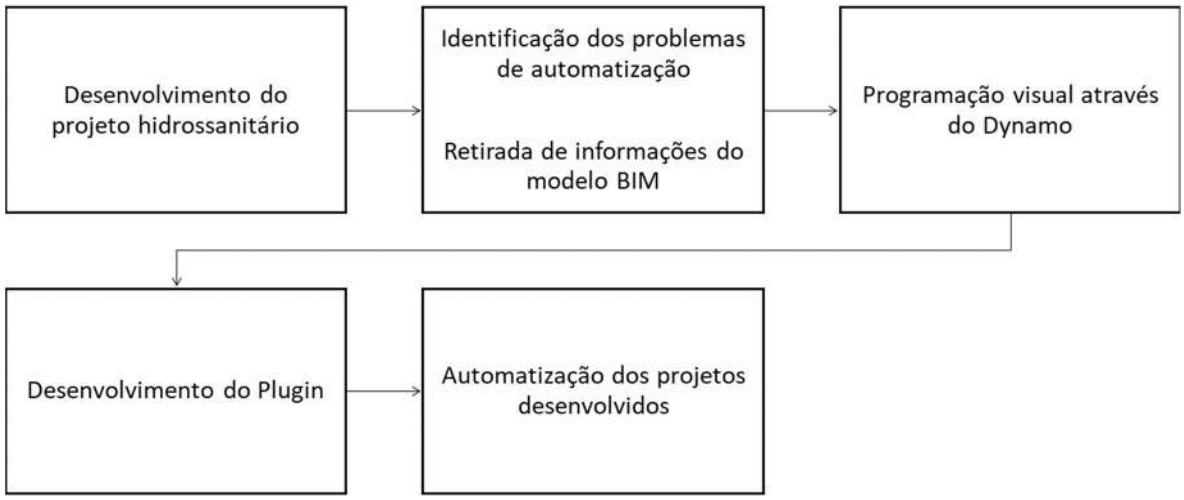
Figura 12 – Planta Baixa Rede de Esgoto



5.2. Desenvolvimento do *plugin*

Para o desenvolvimento do *plugin*, que realiza a conexão automática de duas caixas, independentemente de sua finalidade, procurou-se resolver alguns dos problemas no processo de projeto de instalações sanitárias, processos descritos no capítulo 3.3, com base nas normas brasileiras. Esses problemas estão relacionados aos processos tradicionais e a falta de componentes BIM que possam agilizar o processo de projeto, evitando o retrabalho e os erros que surgem com a pressa de conectar as caixas. O projeto que desenvolveu a ferramenta está representado na Figura 13.

Figura 13 – Projeto para desenvolvimento do plugin



Em geral, o funcionamento do *plugin* é baseado na forma com que o usuário modelou seu projeto arquitetônico e hidrossanitário, onde são extraídas as informações necessárias para operar através de programação visual no Dynamo, na forma de rotinas desenvolvidas pelo programador BIM. Após buscar os dados, a rotina realiza o processamento dessas informações, onde retorna a conexão entre as caixas.

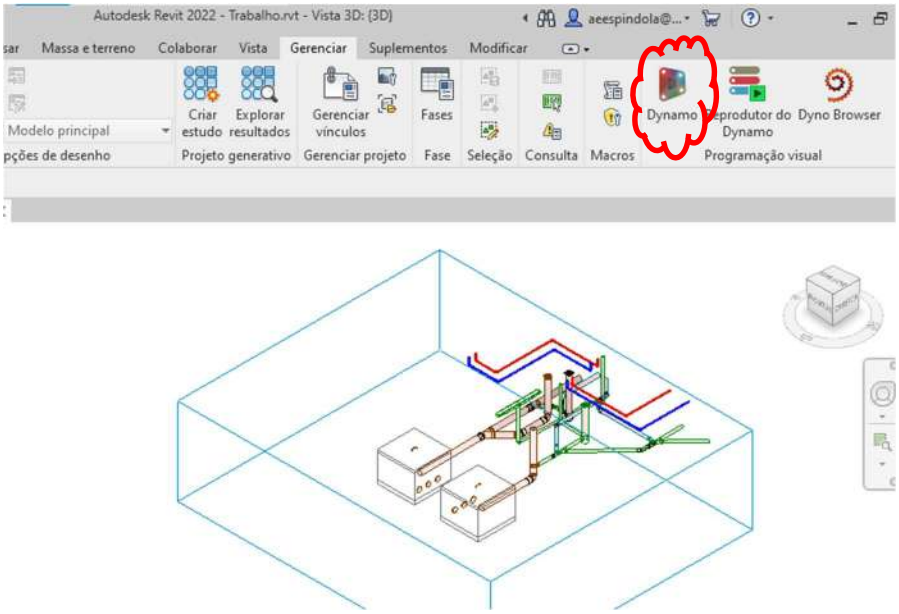
A inserção ou seleção de dados a serem processados pela rotina por meio da entrada do usuário foi mediada e organizada usando o Dyno Browser, em associação com o Data Shapes. Assim, qualquer usuário, mesmo sem conhecimento de programação e manipulação de dados podem usá-lo sem abrir o Dynamo.

Através da interface criada no Dyno Browser, a funcionalidade do *plugin* ajudará a automatização na conexão entre caixas no projeto sanitário.

5.2.1. Primeiros Passos

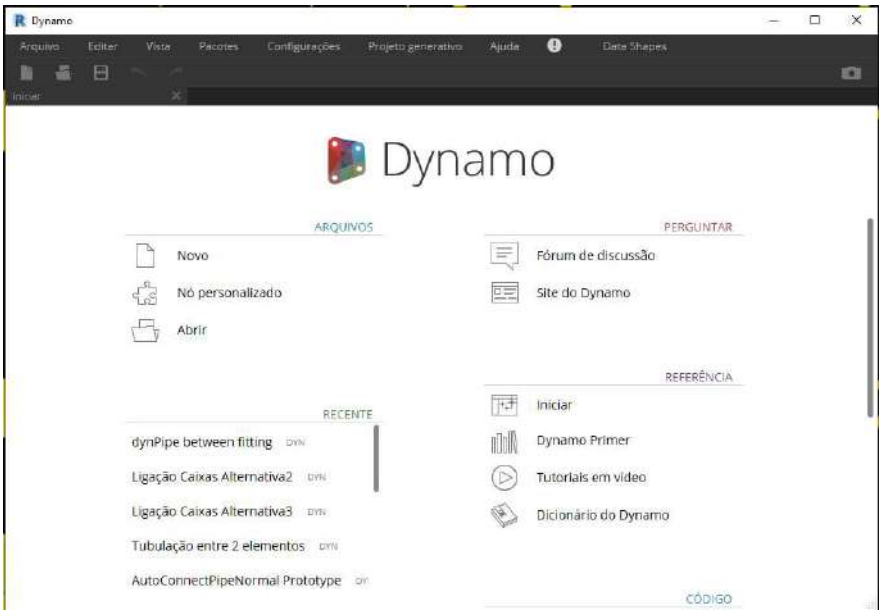
Com o modelo do projeto hidrossanitário aberto no Revit, inicia-se o Dynamo através da Aba Gerenciar, Programação Visual (Figura 14).

Figura 14 – Iniciando o Dynamo



O Dynamo será inicializado, como apresentado na Figura 15, e com isso a criação de um novo projeto.

Figura 15 – Tela Inicial do Dynamo

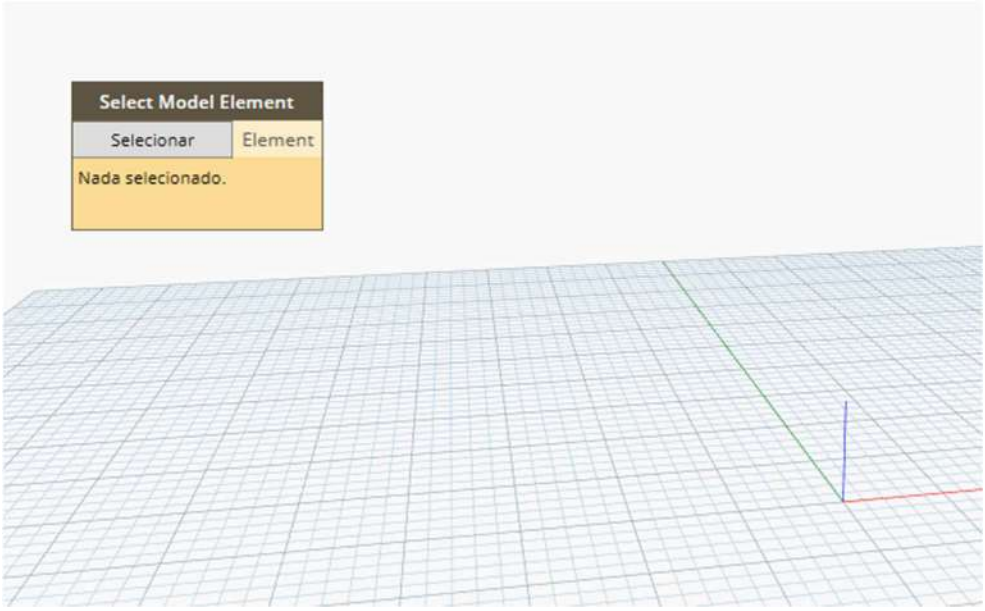


Com o novo projeto aberto, começou-se o desenvolvimento da rotina.

5.2.2. Seleção das caixas

Para o desenvolvimento do *plugin*, foi necessário estabelecer uma sequência lógica, que se inicia pela seleção das caixas. O primeiro nó inserido é chamado de *Select Model Element* (Figura 16).

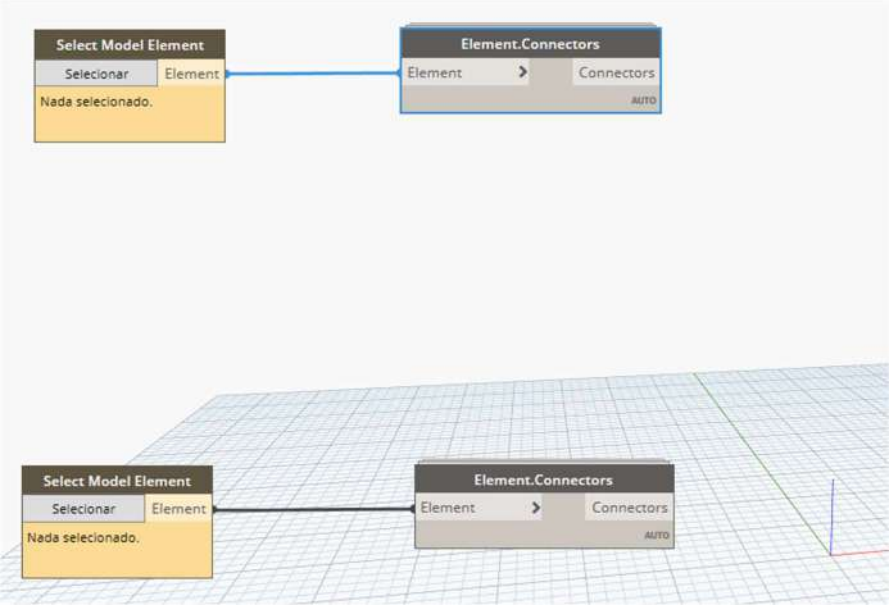
Figura 16 – Nó de seleção do elemento



O nó *Select Model Element* é utilizado para selecionar um elemento que possua um conector, como por exemplo conexões, caixas diversas e dispositivos hidrossanitários, dentro do projeto de forma rápida. Conectores são entidades lógicas capazes de unir, através de um duto, os dispositivos hidrossanitários. O Revit mantém as informações de cada conector, sendo necessário para a conexão dos dispositivos. Esse nó está localizado na Biblioteca de nós em Revit > Selection. Clicou-se em *Select Model Element* para colocar esse nó na área de trabalho.

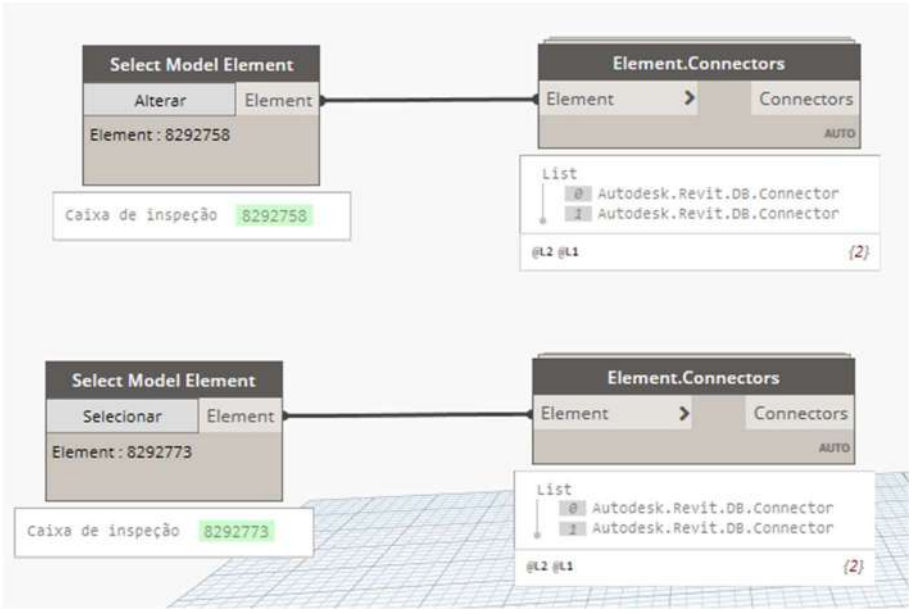
Os nós, para a seleção das caixas de inspeção, foram inseridos de forma a selecionar uma caixa por vez, como pode ser observado na Figura 17, esta ação se fez necessário para dar sequenciamento a ordem das caixas do projeto, ou seja, primeiro seleciona-se a caixa de inspeção de onde o esgoto sairá e após seleciona-se a caixa de inspeção onde o esgoto deverá adentrar.

Figura 17 – Nós de seleção do elemento e conectores do elemento



O passo seguinte, foi a inserção do nó *Element.Connectors*. Este nó foi conectado ao *Select Model Element* através de arame (wire) (Figura 18), e, ele, retorna todos os conectores em um elemento ou em um sistema hidrossanitário, e se fez necessário para a identificação do conector de entrada ou saída da tubulação. Esse nó está localizado na Biblioteca de nós em MEPover > Revit > Connectors > Element > Connectors.

Figura 18 – Nós mostrando a seleção e os conectores

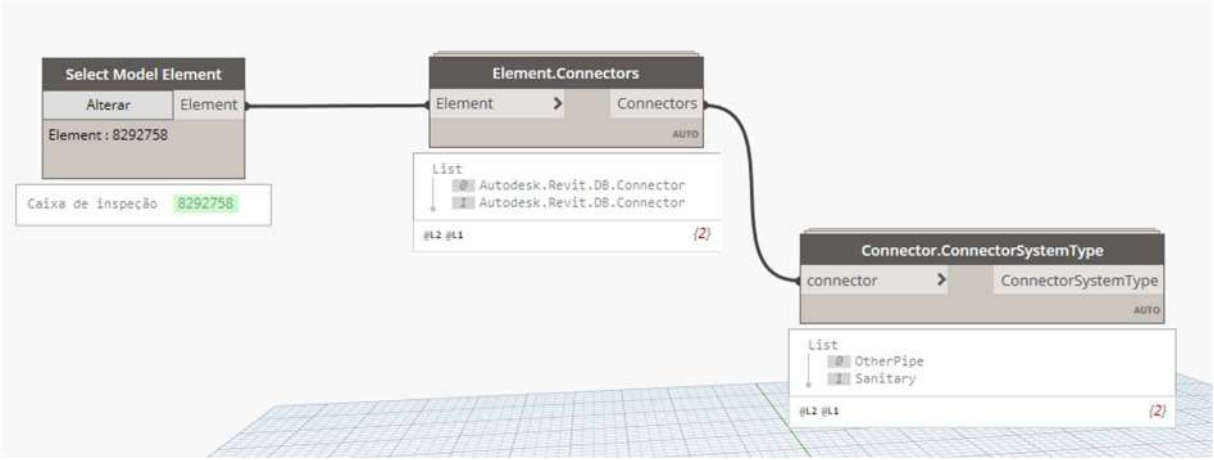


Abaixo de cada nó, pode-se observar uma listagem do que foi selecionado e encontrado até o atual momento da elaboração do *plugin*.

Na sequência, é inserido o nó *Connector.ConnectorSystemType* e, este, é conectado ao nó anterior. Este nó serviu para identificar os tipos de conectores encontrados na caixa, e foi listado um conector chamado *Sanitary* e outro chamado *OtherPipe*, sendo necessário para a diferenciação, onde o conector *OtherPipe* foi utilizado para a saída da caixa e o conector *Sanitary* utilizado para a entrada da caixa. A Figura 19 demonstra este passo da criação do *plugin*.

Esse nó está localizado na Biblioteca de nós em MEPover > Revit > Connectors > Connector > ConnectorSystemType.

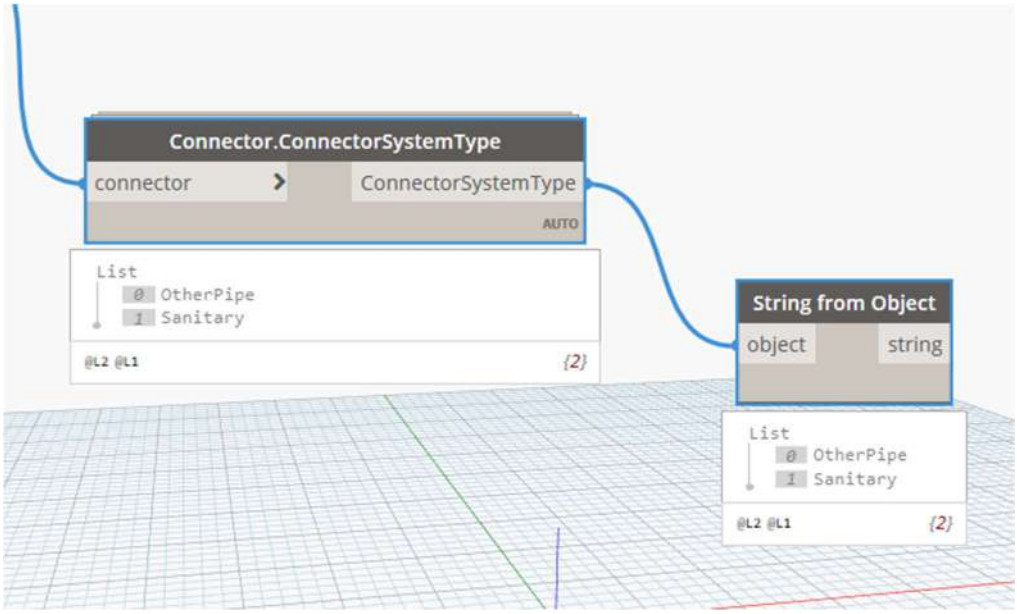
Figura 19 – Nó com o tipo do sistema dos conectores



A próxima etapa se fez necessária para o reconhecimento do sistema, transformando a informação retirada do nó anterior, que é reconhecida como objeto, e convertendo em uma representação de sequência de caracteres, desta forma o nó *String from Object* se tornou indispensável para a conversão destes dados, como pode ser observado na Figura 20.

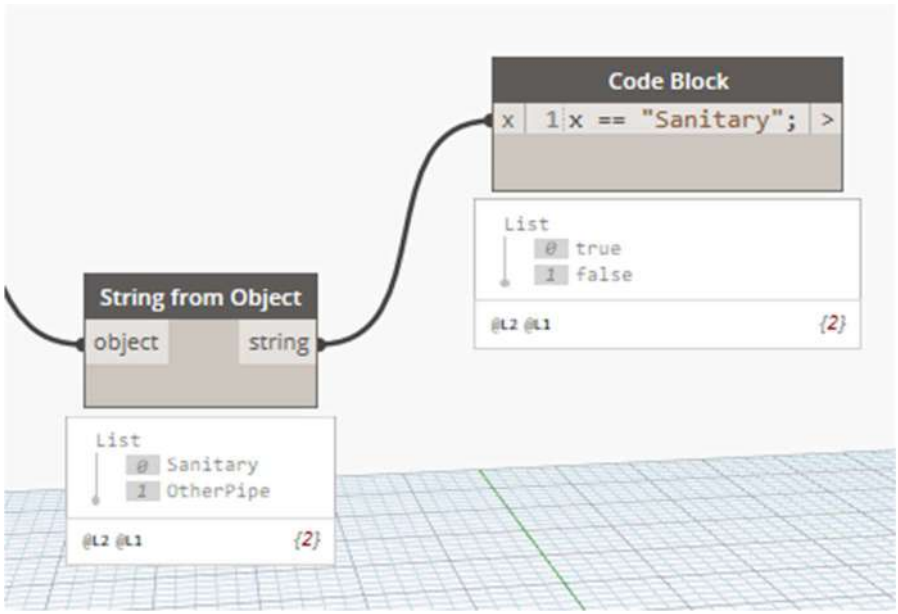
Esse nó está localizado na Biblioteca de nós em String > Generate > String from Object.

Figura 20 – Nó de conversão de objeto para sequência de caracteres



A seguir foi inserido o nó *Code Block*. O Code Block ou Bloco de Código são janelas que permitem a criação de variáveis ou linhas de comandos simples. No ponto onde encontra-se no desenvolvimento do *plugin*, o nó *Code Block* armazenará a cadeia de caracteres com o nome do sistema do conector contido na caixa e necessário para a realização da próxima etapa, optei por deixar o mesmo código nas duas seleções, *Sanitary*, e reportará uma lista booleana, verdadeiro ou falso, podendo ser observado na Figura 21.

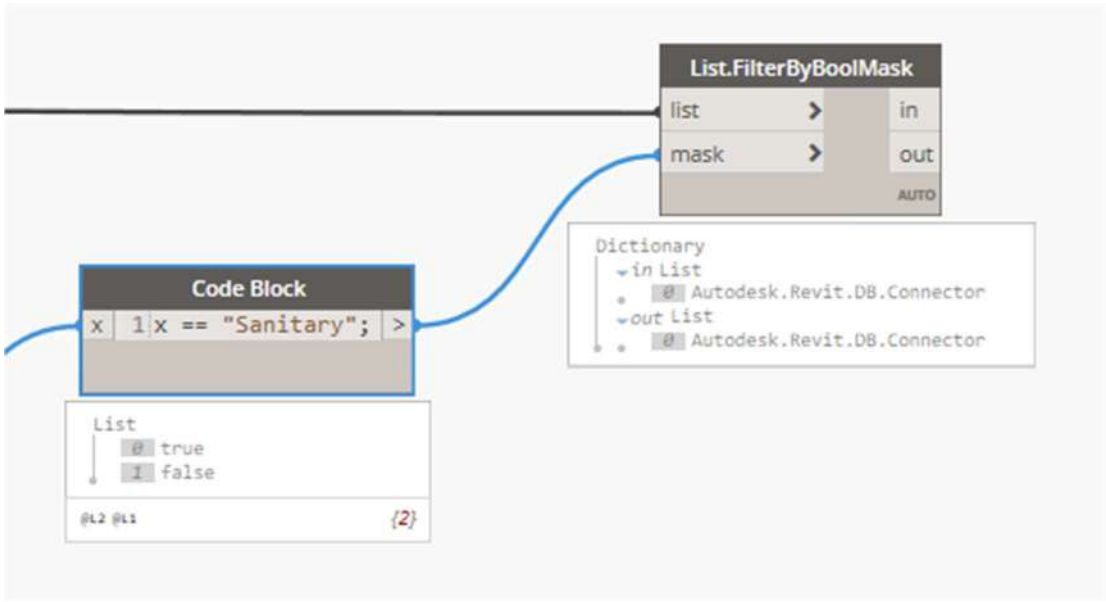
Figura 21 – Nó Code Block ou Bloco de Código



Esse nó está localizado na Biblioteca de nós em Editor > Code Block.

Após o armazenamento da cadeia de caracteres, foi inserido o nó *List.FilterByBoolMask.* Esse nó serviu para comparar a lista contida no nó *Element.Connectors*, onde apresenta os conectores contidos na caixa de inspeção, que são do tipo Autodesk.Revit.DB.Connector, e a lista de booleanos (valores verdadeiros e falsos) como entrada de máscara. Em seguida, o nó *List.FilterByBoolMask*, gera uma lista de entrada (onde o resultado booleano era verdadeiro) e uma lista de saída (onde o resultado booleano era falso). Neste momento, a lista resultará um valor falso pois o tipo de conector de saída da caixa é *OtherPipe* e o valor inserido no nó Code Block foi *Sanitary*. Este processo pode ser visualizado na Figura 22.

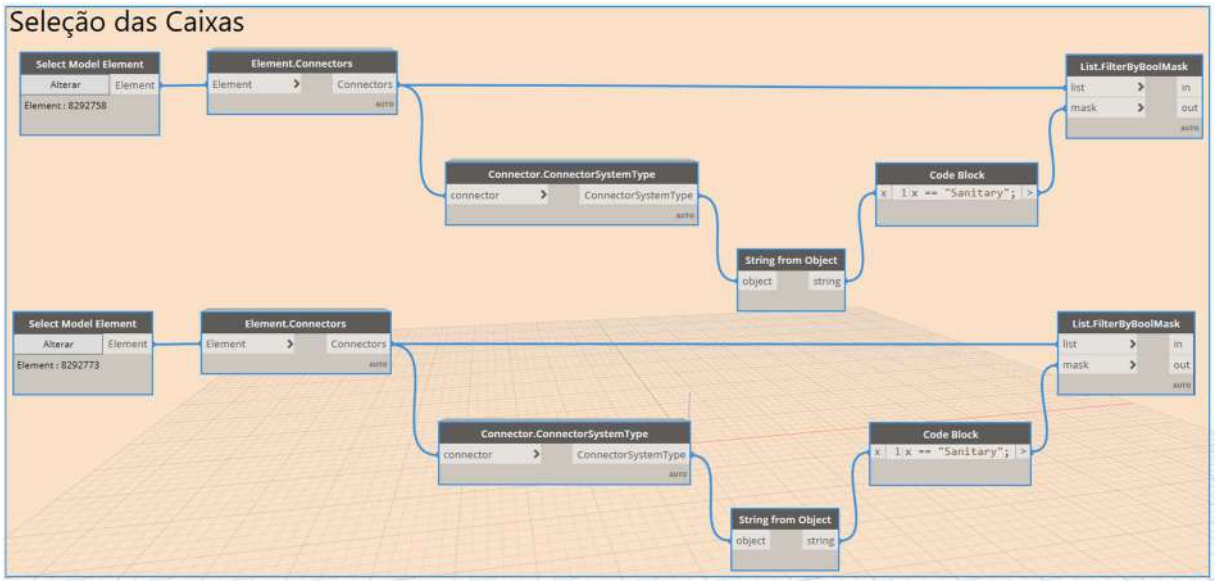
Figura 22 – Nó Filtro por Parâmetro Booleano



O nó específico para a listagem *FilterByBoolMask*, está localizado na Biblioteca de nós em List > Modify > FilterByBoolMask.

Ao final deste processo temos o diagrama abaixo contendo a seleção das duas caixas (Figura 23).

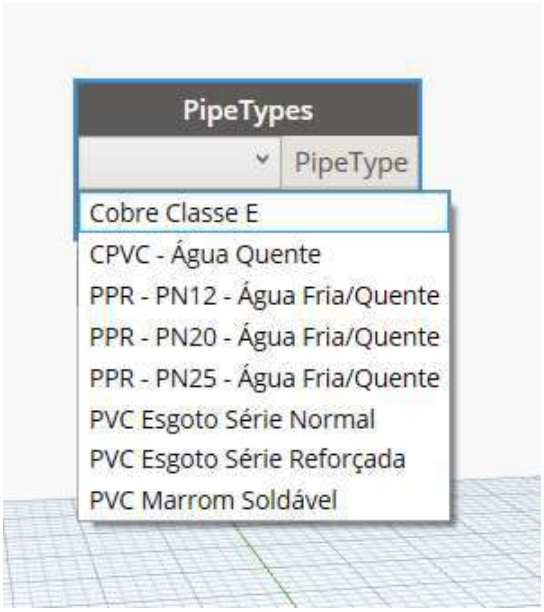
Figura 23 – Seleção das Caixas



5.2.3. Escolha do tipo de tubulação

Para a escolha da tubulação, que fará a conexão entre as caixas, foi utilizado apenas um nó, chamado *PipeTypes*. Este nó tem a finalidade de listar todos as famílias de tubulação carregadas no projeto hidrossanitário, como notado na Figura 24.

Figura 24 – Nó para escolha da tubulação



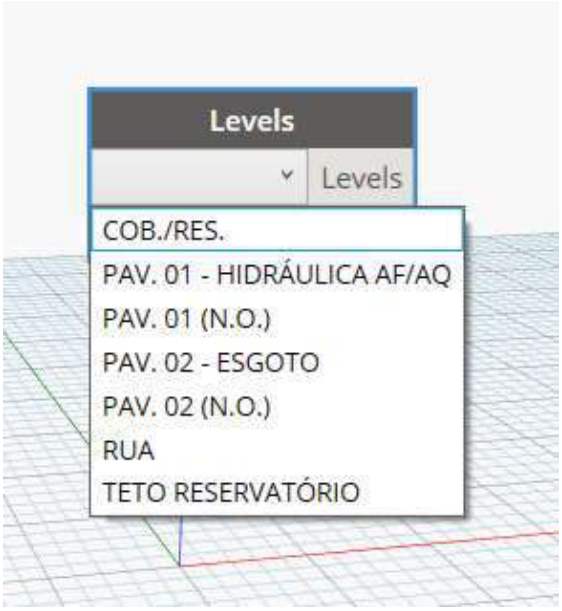
Para o caso específico, selecionei o tubo de PVC Esgoto Série Normal.

O nó para esta seleção está localizado na Biblioteca de nós em DynaMEP > MEP > Pipes > PipeTypes.

5.2.4. Escolha do pavimento

Assim como a escolha do tipo de tubulação, a escolha do pavimento foi simples, fazendo uso de somente um nó. Para esta etapa foi utilizado o nó *Levels,* nele estão listados todos os pavimentos contidos no projeto hidrossanitário, como percebido na Figura 25.

Figura 25 – Nó para escolha do pavimento



Como o tipo de caixa escolhido na pesquisa é utilizado apenas no pavimento térreo, escolhi o PAV.01 – HIDRÁULICA AF/AQ, pois o projeto não contava com o nível PAV.01 – ESGOTO.

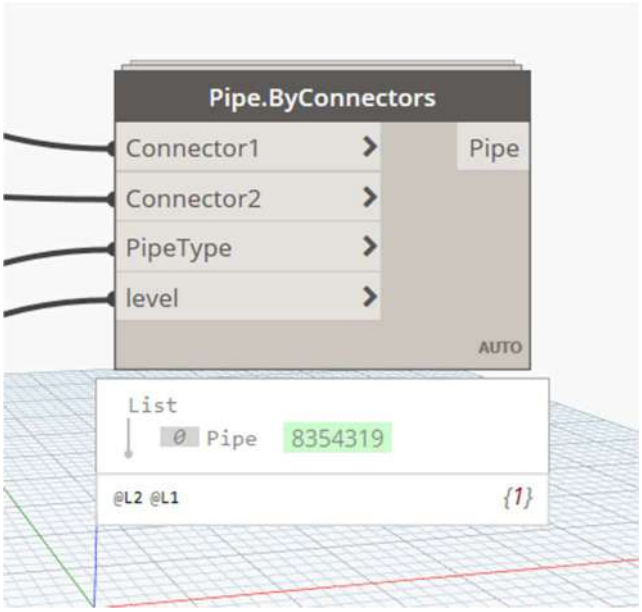
Este nó está localizado na Biblioteca de nós em Revit > Selection > Levels.

5.2.5. Conexão entre as caixas

Para a derradeira etapa na confecção deste *plugin*, foi inserido o nó para a conexão das caixas. Foi utilizado o nó *Pipe.ByConnectors*. Este nó tem a finalidade de criar um tubo através de alguns parâmetros (Figura 26), são eles:

- Dois conectores;
- Tipo de tubulação;
- Nível do projeto.

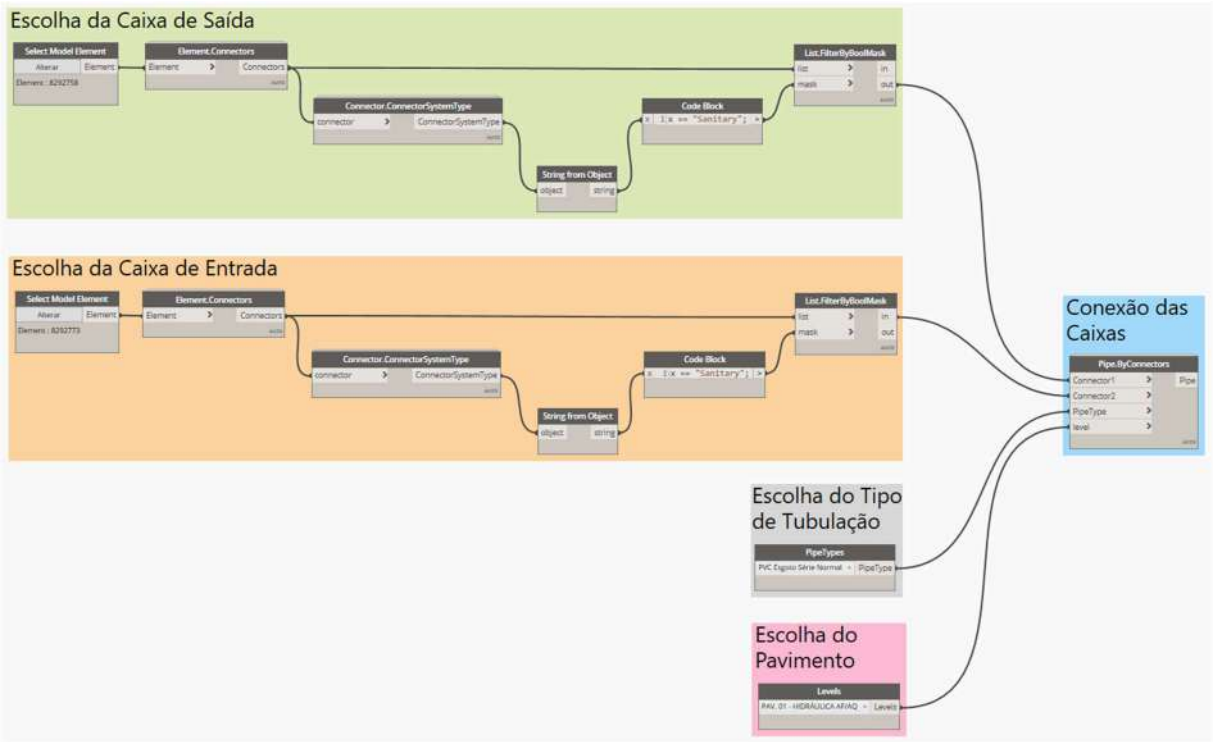
Figura 26 – Nó para criação de tubos



Este nó está localizado na Biblioteca de nós em: MEPover > Revit > Pipe > ByConnectors.

Com o nó inserido acima citado, efetuou-se a conexão das escolhas das caixas, escolha do tipo de tubulação e da escolha do pavimento como visto na Figura 27.

Figura 27 – Fluxograma do plugin



6. TESTE E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

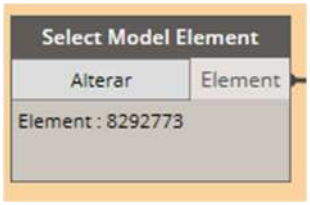
Antes de executar o *plugin*, se fez necessário a apresentação das caixas sem a devida ligação entre elas, como observado na Figura 28.

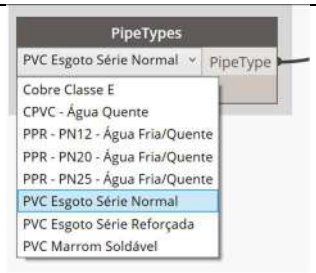
Figura 28 – Caixas sem ligação



Com a programação pronta, chegou o momento de testar e executar a rotina seguindo os passos da Tabela 4.

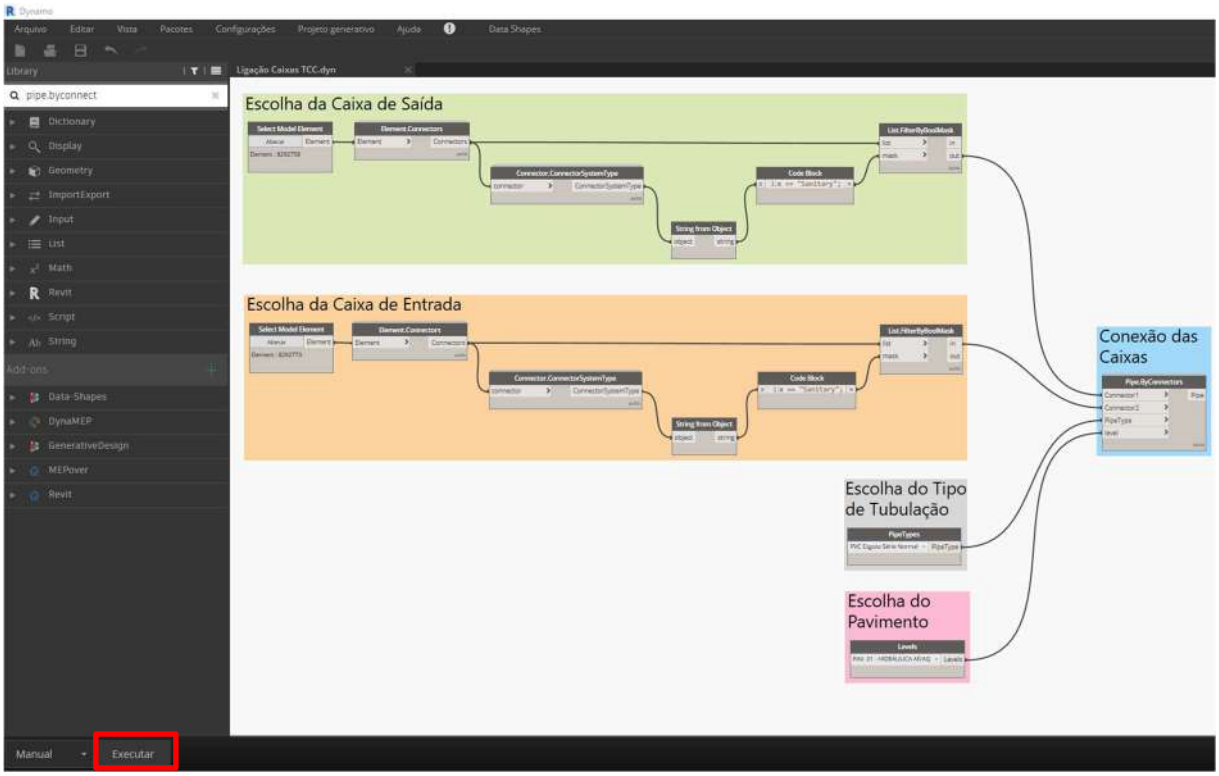
Tabela 4 – Etapas de execução

Etapa	Comando (Dynamo)	Ação (Revit)
1	Selecionar Caixa de Saída 	Clicar na Caixa de Saída 
2	Selecionar Caixa de Saída 	Clicar na Caixa de Entrada 
3	Selecionar o Tipo de Tubulação	-

		
4	Selecionar o Pavimento 	-
5	Executar 	-

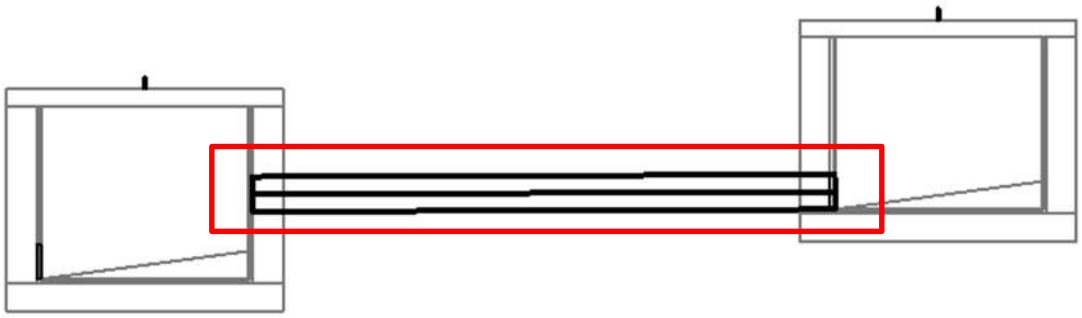
Ao se pressionar “Executar” (Figura 29), será criado um tubo conectando as duas caixas conforme o proposto neste trabalho e visto na Figura 30.

Figura 29 – Botão Executar do Dynamo



Conforme observado na Figura 30, o teste foi realizado com sucesso e o resultado foi exatamente o esperado.

Figura 30 – Caixas interligadas



6.1. Validação do *plugin*

Apesar dos testes terem sido considerados um sucesso, não foi possível a validação do *plugin* pelo engenheiro projetista do escritório BMT AEC-TEC, devido a grande demanda de projetos a serem entregues e pelo fato da interface gráfica do *plugin* não ter sido concluída.

7. CONCLUSÕES

O trabalho apresentado, teve como objetivo a criação de um *plugin* para a automatização da ligação das diferentes caixas no projeto hidrossanitário com a utilização do software Autodesk® Revit®. O plugin é apenas uma ferramenta complementar na utilização do Autodesk® Revit® que utilizando suas características, elementos e parâmetros, agrega ao *plugin* as mesmas vantagens de usar uma plataforma BIM como o Revit®.

Esta pesquisa, mostrou o quão vasto é o campo na área de desenvolvimento de aplicações em associação as informações retiradas de um projeto BIM, para solucionar problemas de Arquitetura, Engenharia e Construção. Mostrou também, que de uma forma geral, o Revit pode ser aprimorado com o uso de programação visual, enquanto em sua forma nativa os profissionais esbarram em problemas que podem ser facilmente resolvidos. Com o uso da programação visual, no auxílio de problemas, o Revit acaba se tornando mais dinâmico, evita retrabalhos desnecessários e simplifica o processo no início do ciclo de vida do projeto.

Com relação ao que foi acima exposto, o resultado obtido foi extremamente satisfatório apesar da pequena quantidade de estudos e trabalhos realizados nessa área.

Apesar dos resultados obtidos, a pesquisa apresentou algumas limitações no desenvolvimento de rotinas e na criação de *plugins*, incluindo o aprendizado da linguagem visual, a manipulação de pacotes relacionados ao *Dynamo* (encarregados pela criação da interface do usuário), mas tais limitações estão relacionadas ao tempo de desenvolvimento deste estudo.

Em suma, os objetivos foram alcançados e foi possível chegar ao resultado desejado, o que proporcionará uma facilidade e um ganho de tempo na execução de alguns projetos.

Espera-se que esta pesquisa possa auxiliar no desenvolvimento de trabalhos futuros relacionados à programação visual que utilizem a tecnologia BIM para aumentar a eficiência, produtividade e agilidade dos processos.

7.1. Trabalhos futuros

Diante dos resultados obtidos e com o intuito de maximizar a aplicação de automatizações nos projetos das áreas de Arquitetura, Engenharia e Construção, ficam como sugestões para trabalhos futuros:

- Melhorar o *plugin* desenvolvido neste trabalho realizando a conexão de diferentes elementos nos projetos complementares;
- Na compatibilização entre projetos – desenvolver uma rotina que destaque as interferências entre os projetos;
- Nos projetos hidráulicos – criar rotinas para a realização automática das vistas isométricas das tubulações de água fria ou água quente;
- Nos projetos estruturais – desenvolver rotinas para a realização automática de detalhes e identificação dos pilares que possam ser adicionadas barras de proteção de descargas elétricas.

7.2. Disponibilização do *plugin*

Futuramente, após a melhoria do *plugin*, o autor pretende disponibilizar uma cópia para testes na loja de aplicativos da Autodesk.

REFERÊNCIAS

ALVES, Celestino Maia Fradique et al. **O que são os BIM?** 2012. 16 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2012.

AUTODESK. Dynamo Primer. **The Dynamo Primer**. Disponível em: <http://dynamoprimer.com/en/> Acesso em: 28 agosto 2022.

CAMPESTRINI, T. F. (Org.). **Entendendo o BIM, 2015. Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1ª Edição, Curitiba, Paraná, Brasil, 2015, 115p.

CBIC. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1. Fundamentos BIM. Brasília. 2016.

CBIC. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.3. Colaboração e integração BIM. Brasília. 2016.

CEZAR, Ricardo Teixeira Almeida. **Estimativa inicial de custos através de características geométricas, programação visual por algoritmo e BIM. Universidade Federal da Bahia – UFBA**. Monografia apresentada ao Curso de graduação em Engenharia Civil. Salvador, 2017.

CHENG, Jack C.P.; MA, Lauren Y.H.; **A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning**. Waste Management, v. 33, n. 6, p. 1539-1551, mar. 2013.

DA SILVA, Juliano Lima. 2018. **BIM e Design Science Research: Plug-Ins de desempenho como ferramentas para customização do processo de projeto em Arquitetura.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade Meridional- IMED, Passo Fundo/ RS.

DATA-SHAPES. **Data|Shapes. 2017**. Disponível em: <https://data-shapes.net/>. Acesso em: 10 set. 2022.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley & Sons, 2011.

FARIAS, Guilherme Cardoso de. **Elaboração de um Template para Software Revit Aplicado a uma Residência Unifamiliar de Madeira**. 2018. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018.

FAZLI, Abdulsame; FATHIA, Sajad; ENFERADI, Mohammad H.; FAZLIB, Mayram; FATHIC, Behrooz. **Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management**. Procedia Technology, v. 16, p. 1116-1125, 2014.

FERREIRA, Bruno; LEITÃO, Antônio. **Generative Design for Building Information Modeling. In: Proceedings Of The 33RD ECAADE Conference**, Vienna, Austria, 2015.

GONÇALVES, Augusto. **Meu primeiro plug-in para Revit. 2011**. Disponível em: https://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2011/AUBR_81-Meu%20Primeiro%20Plugin%20Revit.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

HARDIN, Brad; MCCOOL, Dave. **BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows**. John Wiley & Sons, 2015.

KHEMLANI, Lachmi. **The IFC Building Model: A Look Under the Hood.** AEC Bytes, 2004.

KRYGIEL, Eddy; NIES, Brad. **Green BIM: successful sustainable design with building information modeling**. John Wiley & Sons, 2008. LAGE, Isabel M.; ABELLA, Fernando M.; HERRERO, Cristina V.; ORDÓÑEZ, Juan L. P. **Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain).** Waste Management, v. 30, n. 4, p. 636-645, abr. 2010.

MEDEIROS, Gabriel Rocha Lima. **PROJETO DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS EM BIM: ADEQUAÇÃO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO ÀS NORMAS BRASILEIRAS ATRAVÉS DA PROGRAMAÇÃO VISUAL**. 2017. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Integração Acadêmica e Tecnologia - Diatec, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MENEZES, Gilda Lúcia Bakker Batista de; SOUSA, M. R.; ANDRADE, S. S.; RIBEIRO, Sandra Albino; SOUZA, N. S. F. T.. **BIM 6D NA APRENDIZAGEM INTERDISCIPLINAR**. Nova Cruz: Ifrn, 2016.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

PINHEIRO, Igor. **Os Principais Softwares BIM e Suas Funções.** 2022. Disponível em: https://www.inovacivil.com.br/os-principais-softwares-bim-e-suas-funcoes/. Acesso em: 01 out. 2022.

PRADA, Rodrigo. **O que é Plugin?**, 2008. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/hardware/210-o-que-e-plugin-.htm>. Acesso em 15 set. 2021.

SILVA JÚNIOR, **Péricles Terto da. Desenvolvimento de um Plugin para AutoCAD®, para Cálculo de Quantitativos de Insumos e Auxílio no Projeto Orçamentário**. 2017. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2017.

TEIXEIRA, Alexandre Portugal. **Aplicação do BIM ao Projeto de Redes Prediais de Abastecimento de Água.** Universidade do Porto, [s. l.], 2018.

ZOMPERO, Eric. **Curso Eidea – Arquitetura Paramétrica Com Revit e Dynamo**. São Paulo: Eidea – Educação e Inovação Para Engenharia, Design e Arquitetura, 2007. 29 p.

APÊNDICE 1 - Código Fonte para o Dynamo

