



Modelagem Paramétrica De Ponte Pré-Moldada Via Programação Visual

Victor Moreno Lima¹, Diôgo Silva de Oliveira², Kléos Magalhães Lenz Cesar Júnior³, José Maria Franco de Carvalho⁴, José Carlos Lopes Ribeiro⁵, Bruno Souza Borges⁶, Guilherme Palla Teixeira⁷, Matheus Sant'Anna Andrade⁸, Leticia Negris Gardioli⁹, Darlane Ilvênia Ferreira¹⁰

¹ Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Engenharia Civil / victor.moreno@ufv.br

^{2,3,4,5,6,7,8,9,10} Universidade Federal de Viçosa / Departamento de Engenharia Civil / diogooliveira@ufv.br, kleos@ufv.br, josemaria.carvalho@ufv.br, jcarlos.ribeiro@ufv.br, bruno.s.borges@ufv.br, guilherme.palla@ufv.br, matheus.andrade@ufv.br, leticia.gardioli@ufv.br, darlane.ferreira@ufv.br.

Resumo

O avanço tecnológico tem impulsionado transformações significativas no desenvolvimento de softwares e na programação, democratizando o acesso a ferramentas avançadas e permitindo a participação ativa de um maior número de pessoas na criação de soluções inovadoras. Na engenharia civil, a Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem revolucionado o contexto da indústria 4.0, proporcionando uma abordagem inovadora para o planejamento, execução e gerenciamento de obras. O BIM possibilita a criação e gestão de informações digitais detalhadas, integrando diversas disciplinas em um modelo tridimensional, o que aprimora a comunicação, reduz erros e retrabalhos, e otimiza o planejamento e a utilização de recursos. Ferramentas como o Revit, amplamente utilizadas no contexto BIM, permitem a elaboração de modelos paramétricos e a colaboração em tempo real, oferecendo vantagens significativas em termos de qualidade, eficiência e redução de tarefas repetitivas. Contudo, devido à sua complexidade, o Revit pode representar desafios para alguns usuários. Nesse sentido, o Dynamo, uma ferramenta de programação visual, surge como um recurso complementar, automatizando tarefas rotineiras e permitindo a criação de algoritmos para modelagem de estruturas complexas, tornando o Revit ainda mais completo e eficiente. Este trabalho tem como objetivo otimizar e automatizar a modelagem de uma ponte pré-moldada por meio do uso de famílias paramétricas e, com o auxílio do Dynamo, estabelecer um fluxo direto de informação entre os dados dimensionais da ponte, provenientes de uma planilha do Excel, e um modelo de ponte no Revit. Essa abordagem resulta em um modelo otimizado, especialmente no que diz respeito à integração de dados e à eliminação de erros, facilitando o pré-dimensionamento e as alterações de projetos. A automação proposta minimizou a necessidade de replicação de dados, proporcionando um fluxo de trabalho mais ágil e compatibilizado, o que é altamente desejável para profissionais que utilizam o BIM como ferramenta de trabalho.

Palavras-chave

BIM, Programação Visual; Dynamo; Revit; Modelagem; Pontes Paramétricas.

Introdução

As evoluções tecnológicas vêm impulsionando diversas transformações no âmbito de desenvolvimento de softwares e da programação. Tal tendência não apenas ampliou as possibilidades técnicas, mas também fez com que o acesso a ferramentas avançadas seja democratizado, permitindo que mais pessoas tenham acesso e participem ativamente da criação de ideias inovadoras e simples.

No âmbito da engenharia civil, é comum o uso de ferramentas de modelagem que auxiliam na concepção de projetos, desde os mais simples até os mais desafiadores. O conceito de Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem transformado a indústria da construção civil, introduzindo uma abordagem inovadora para o planejamento, execução e gerenciamento de obras e projetos. Esse conceito refere-se ao processo de criação e gestão de informações digitais detalhadas sobre o projeto, abrangendo desde a concepção até a operação e manutenção.

Através do uso de modelos digitais tridimensionais integrados, o BIM permite uma visualização precisa, possibilitando a colaboração entre diversas áreas em um mesmo modelo, facilitando a coordenação de diferentes disciplinas e auxiliando na comunicação entre as partes envolvidas. Como consequência, esse avanço tecnológico reduz significativamente os erros e retrabalhos, otimizando o planejamento e a utilização de recursos, além de melhorar a eficiência e a qualidade do projeto. Hardin (2015) afirma que, antes da tecnologia BIM, todas as etapas de planejamento de um empreendimento eram prolongadas e apresentavam erros frequentes de compatibilização. Como resultado, a probabilidade de prejuízos e danos era consideravelmente maior.

Atualmente, ainda de acordo com Hardin (2015), o BIM está cada vez mais presente no mundo da engenharia uma vez que, auxilia na otimização dos processos produtivos constituintes de uma obra, do projeto à execução, economia de tempo utilizando automação, facilidade na integração, nas tomadas de decisões, entre outras vantagens. Além disso, segundo Eastman, et al. (2012) o BIM é uma das ferramentas mais promissoras desenvolvidas pela indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), sendo também uma das que mais utiliza a interoperabilidade a seu favor.

O Revit, software BIM mais popular do mercado, produzido pela Autodesk, por sua vez, é uma ferramenta avançada e amplamente utilizada no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM), permitindo a elaboração de modelos de forma satisfatória, com a possibilidade de atrelar as informações necessárias para diversas aplicações durante e após a elaboração dos projetos (HARDIN, 2015). Além disso, o software permite a interoperabilidade com outros programas desenvolvidos pela Autodesk e por outras empresas. Sua capacidade de gerar modelos paramétricos e de viabilizar a colaboração em tempo real proporciona um bom desempenho no desenvolvimento de projetos. Hardin (2015) afirma que o software oferece vantagens aos projetistas em termos de qualidade projetual, eficiência, ganho de velocidade e redução de tarefas desnecessárias. Todavia, por oferecer uma ampla gama de possibilidades, o Revit pode ser considerado uma ferramenta de alta complexidade, exigindo tempo para que alguns usuários dominem certas funcionalidades.

Dessa forma, ferramentas de programação visual, como o Dynamo, ampliam significativamente as funcionalidades do Revit, permitindo a automação de tarefas rotineiras e a criação de algoritmos personalizados para a modelagem de estruturas complexas (FARIAS, J.C, 2024). Com isso, o tempo de modelagem é reduzido e a precisão do projeto é aprimorada, já que tarefas repetitivas e processos manuais são otimizados. Além disso, o Dynamo permite a integração de dados externos, facilitando a colaboração entre diferentes áreas e melhorando a interoperabilidade com outros softwares. Isso torna o Revit uma ferramenta ainda mais poderosa, capaz de modelar, dimensionar, elaborar vistas e cortes detalhados, além de gerar planilhas orçamentárias e quantitativos com mais eficiência, tornando-o uma solução completa para diversos tipos de projetos.

Deste modo, o fluxo de trabalho que envolve a obtenção das dimensões via planilha Excel e a montagem dos elementos da ponte com a implementação dos valores nos parâmetros de cada família pode ser otimizado, facilitando alterações posteriores no projeto e o pré-dimensionamento, etapas essas indispensáveis para projetos estruturais, entre outros. Assim, de acordo com Souza, Amorim e Lyrio, (2009), com esse fluxo é eliminada a necessidade de réplica dos dados de entrada, facilitando, de forma automatizada, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos em um projeto. Isso contribui para a minimização da ocorrência de erros, um aspecto desejado por muitos profissionais que buscam adotar o BIM como ferramenta de trabalho, uma vez que os projetos são planejados, elaborados e modificados de maneira compatibilizada desde o início.

Fundamentação Teórica

O *Building Information Modeling* (BIM), em português, Modelagem da Informação da Construção, é uma abordagem inovadora para a gestão de informações na construção civil, que vai além do desenho de plantas, integrando dados tridimensionais e informações detalhadas em um modelo digital compartilhado. Sua adoção permite que profissionais de arquitetura, engenharia e construção colaborem de forma mais eficiente, visualizando e analisando todos os aspectos do projeto em um ambiente unificado e integrado. Underwood e Isikdag (2010) definem o BIM como um modelo de informação que abrange todas as informações necessárias para auxiliar os processos ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação, podendo ser interpretado diretamente por programas computacionais.

O BIM agrega valor ao setor de diversas formas, como a economia de tempo por meio de funções automatizadas, a redução da necessidade de deslocamentos para reuniões e a diminuição de custos, fornecendo informações precisas antecipadamente para decisões mais eficazes. Todos esses benefícios têm um objetivo

comum: alcançar melhores resultados. Atualmente, é difícil imaginar qualquer área da vida cotidiana que não seja impactada pela tecnologia, especialmente no ambiente de trabalho, e a construção civil não é exceção. O surgimento do BIM, aliado ao avanço das tecnologias baseadas em aplicativos, abriu novas oportunidades e proporcionou uma das transformações mais significativas do setor desde o lançamento do Microsoft Excel (HARDIN, 2015).

O BIM não só proporciona uma representação visual precisa dos elementos do edifício, mas também inclui informações sobre o desempenho, materiais e ciclo de vida dos componentes. Essa abordagem melhora a coordenação entre as equipes, reduz erros e retrabalho, além de facilitar a tomada de decisões informadas, desde o planejamento até a operação e manutenção do edifício. Em essência, o BIM transforma o processo de construção em uma prática mais eficiente, sustentável e colaborativa, promovendo uma visão holística e integrada do projeto.

De acordo com Hardin (2015), o propósito do BIM é construir uma estrutura virtual antes de sua construção física. Esse modelo permite que os projetistas analisem e explorem a estrutura virtual, onde o custo para alterações é significativamente menor do que durante a execução da obra.

Uma das diferenças entre os modelos BIM e os processos tradicionais está na utilização de objetos paramétricos. Programas de modelagem CAD tradicionais (*Computer-Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador) em 2D e 3D representam informações por meio de elementos geométricos, como pontos, linhas e retângulos, mas não contêm dados sobre as entidades modeladas (KHEMLANI, 2004).

Por outro lado, os modelos BIM são compostos por objetos paramétricos, que consistem em definições geométricas associadas a dados e regras. A geometria desses objetos é consistente, e as regras paramétricas ajustam automaticamente as geometrias associadas. Além disso, esses objetos têm a capacidade de se vincular a outros objetos e de divulgar ou exportar um conjunto de atributos (EASTMAN et al., 2012).

Atualmente, existem vários softwares que utilizam a tecnologia BIM. Para uma escolha adequada, o projetista deve avaliar as características de cada software de acordo com suas necessidades. Segundo Khemlani (2007, apud Andrade, 2009), os principais critérios para a escolha de um software BIM incluem a capacidade de produção completa sem a necessidade de outros softwares, objetos que permitam relações associativas e conectivas com outros objetos, e a disponibilidade de uma biblioteca de objetos. Eastman et al., (2012) destacam outras capacidades importantes, como:

- Interface do usuário: uma interface mal projetada resulta em longos períodos de aprendizagem e em uma maior frequência de erros.
- Facilidade na geração de desenhos, onde as mudanças no modelo se propagam diretamente para os desenhos e vice-versa, com a capacidade de gerar formatações automáticas conforme necessário.
- Facilidade para desenvolver objetos paramétricos personalizados, por meio de uma ferramenta de esboço eficiente.
- Escalabilidade: habilidade de lidar com projetos em grande escala e com alto nível de detalhamento.
- Interoperabilidade.
- Ambiente multiusuário, permitindo que múltiplos usuários criem e editem partes do mesmo projeto em um único arquivo, gerenciando o acesso de outros usuários a essas informações.

Eastman et al., (2012) apontam como pontos fortes do software a facilidade de aprendizado, a interface amigável, o amplo conjunto de bibliotecas, a geração e o gerenciamento de informações com base em atualizações tanto no desenho quanto nas vistas do modelo, além do suporte a operações simultâneas no mesmo projeto. No entanto, o autor observa que, por ser um sistema baseado em memória, o software pode apresentar lentidão ao trabalhar com projetos maiores. Além disso, o Revit possui limitações nas regras paramétricas que lidam com ângulos e não suporta superfícies curvas complexas.

Para ampliar e potencializar as funcionalidades de um software, otimizando tempo e recursos, muitos profissionais optam pelo uso de *plugins*. Ribeiro (2022) define plugin como uma extensão que adiciona novas ferramentas a um software, aumentando suas funcionalidades e proporcionando um diferencial em termos de produtividade e resultados. Um desses *plugins* é o Dynamo, uma ferramenta de programação que utiliza a estrutura de "programação visual", permitindo que o software seja utilizado sem a necessidade de conhecimento em linguagens de programação.

O Dynamo, ferramenta complementar ao Revit, é uma plataforma de programação visual que expande e auxilia diversas funcionalidades e ferramentas no software, permitindo a automação de tarefas e a personalização de fluxos de trabalho em BIM. Adquirida pela Autodesk, o Dynamo oferece uma interface

intuitiva baseada em Nós, onde os usuários podem criar scripts visuais para manipular dados, gerar geometrias complexas e otimizar processos repetitivos e longos. Além disso, sua integração com o Revit facilita a sincronização e a manipulação dinâmica de modelos, tornando-o uma ferramenta essencial para o gerenciamento e a automação de projetos em ambientes BIM.

É notório que o Dynamo apresenta uma interface intuitiva e de fácil aprendizado, graças à sua base em "programação visual". Isso significa que não é necessário conhecimento prévio em programação textual tradicional (usada em interfaces de programação como o Python ou C++, entre outras). Quanto à complexidade, o Dynamo se destaca como uma ferramenta de programação acessível tanto para programadores experientes quanto para usuários sem familiaridade com programação, pois utiliza um sistema de Nós como fundamento operacional (PRIMER, 2021). Segundo Ferreira (2022), cada um desses Nós (Figura 1), que compõem o desenvolvimento do código aberto, possui a seguinte estrutura:

1. Nome do Nó;
2. Dados de entrada ("input");
3. Corpo do Nó como um todo;
4. Dados de saída ou resultado ("output");
5. Ícone de laço, utilizado para trabalhar com listas e sublistas.

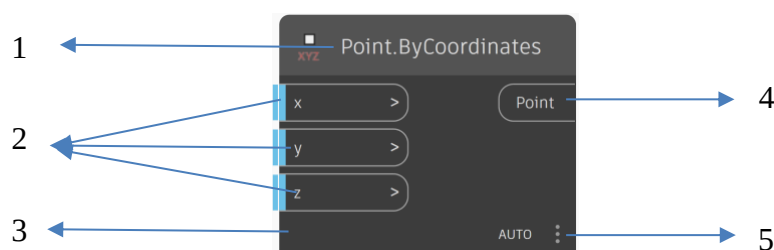


Figura 1 - Estrutura de um nó no Dynamo.

Dentro do plano de trabalho do Dynamo, os Nós estão organizados dentro de pacotes, também chamados de packages. A Figura 2 mostra a organização dos pacotes de Nós padrões do Dynamo. Tais Nós fazem parte da biblioteca nativa do Dynamo chamada DSCore. Segundo Anton (2020), os Nós podem ser acessados através do menu esquerdo. Eles estão separados em algumas categorias principais (*Dictionary*, *Display*, *Geometry*, *ImportExport*, *Input*, *List*, *Math*, *Revit*, *Script* e *String*).

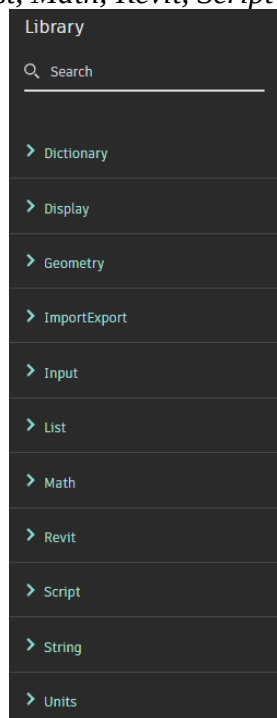


Figura 2 - Organização dos pacotes de Nós no Dynamo

A ferramenta apresenta a interface do usuário dividida em quatro regiões principais, de acordo com suas funcionalidades, conforme mostrado na Figura 3.

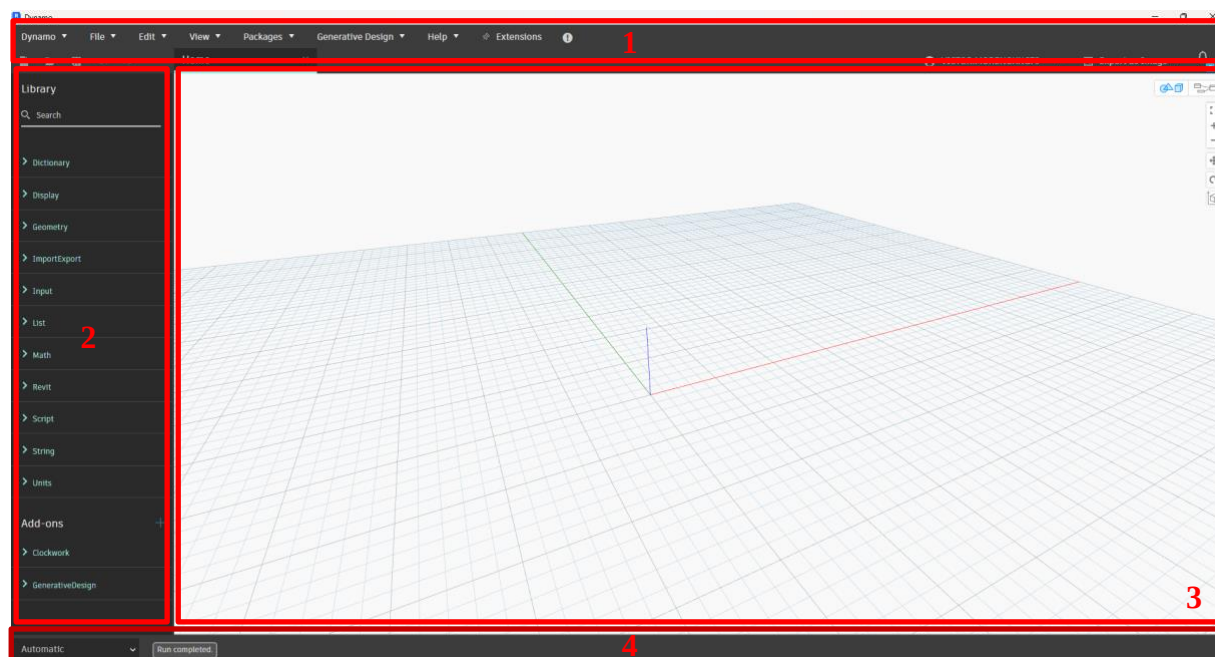


Figura 3 – Interface do Dynamo

Em que:

1: *Toolbar* (barra de ferramentas): Barra superior onde se localiza os botões de visualização, seleção e de salvamento do arquivo. Também, ao deixar o mouse sobre o botão, irá aparecer um pequeno resumo de sua função.

2: *Node Library* (Biblioteca de Nós): A Biblioteca de Nós é um repositório categorizado para todos os Nós disponíveis. Pode-se navegar pela Biblioteca de Nós clicando nos menus e sub- menus até revela um conjunto de Nós e suas descrições.

3: *Workspace* (Plano de Trabalho): O espaço de trabalho é onde se interage com Nós enquanto se desenvolve o algoritmo do Dynamo. O espaço de trabalho é uma área em que duas visualizações são sobrepostas: a vista de gráfico e uma pré-visualização em 3D, que podem ser acessadas separadamente através dos ícones no canto superior direito do plano de trabalho. Além disso, ambos são renderizados simultaneamente quando a rotina é rodada.

4: *Barra de Execução*: onde é executado a definição do Dynamo ou executa o processo definido na exibição. Uma nova definição é padronizada como automática. Isso significa que a definição está sendo executada automaticamente e é atualizada imediatamente quando é modificado. Caso alterado, para manual, um botão “Run” aparece e o usuário deverá executar manualmente as novas alterações realizadas, conforme Figura 4;

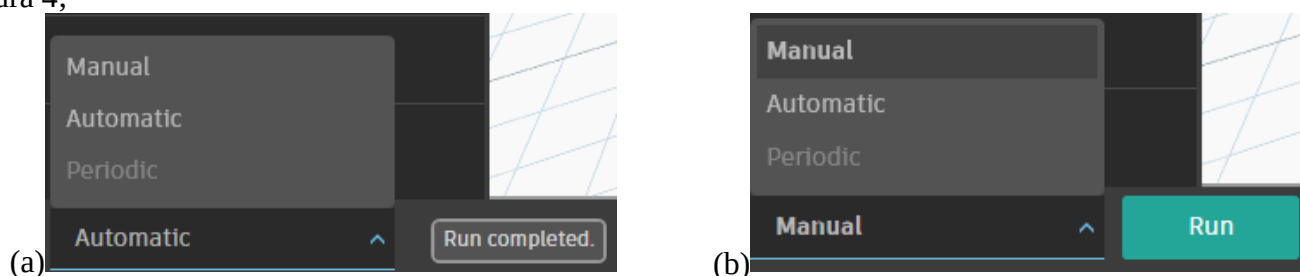


Figura 4 - Janela de execução onde: (a) Execução automática; (b) Execução Manual

Segundo Diniz e Andrade (2022), Application Programming Interface (API) é uma coleção de funções e procedimentos de um software, que podem ser acessados e executados. Logo, a API é definida como uma interface de códigos, totalmente documentada, que ajuda dois softwares diferentes a se comunicarem e trocarem dados entre si. Tendo em vista esta definição, o Revit API, permite que Dynamo receba e modifique informações do Revit. Em síntese, o Dynamo permite que o usuário acesse o API do Revit, permitindo que o mesmo interaja diretamente com o modelo por meio de programação (visual ou convencional) podendo criar,

editar, deletar, manipular dados, criar estruturas geométricas e realizar automatizações que não são possíveis utilizando somente o Revit.

De acordo com Farias (2024), o Dynamo, como plugin do Revit (Figura 12), possui diversas funcionalidades, dando destaque a três delas:

- Automação de tarefas repetitivas;
- Eficiência Energética;
- Explorar as opções de modelagem e design.

As famílias paramétricas no Revit são componentes que definem e gerenciam a geometria e o comportamento de elementos no modelo BIM, oferecendo uma flexibilidade e precisão indispensáveis para a criação e manutenção de projetos no geral. Tais famílias permitem que os usuários configurem parâmetros que controlam as dimensões, a forma e as propriedades dos objetos, facilitando a adaptação e a personalização de acordo com as necessidades do projeto.

As famílias parametrizadas são fundamentais para promover a consistência e a eficiência ao longo do ciclo de vida do projeto, possibilitando ajustes rápidos e automáticos com base em alterações de seus parâmetros e garantindo a integridade dos dados. Esse nível de controle e automação não apenas agiliza o processo de criação e documentação, mas também melhora a qualidade, agilidade e precisão dos modelos, tornando as famílias paramétricas uma ferramenta essencial para qualquer profissional que trabalhe com Revit.

Metodologia

Para este trabalho, foram realizadas as seguintes etapas como mostrado no fluxograma da Figura 5:

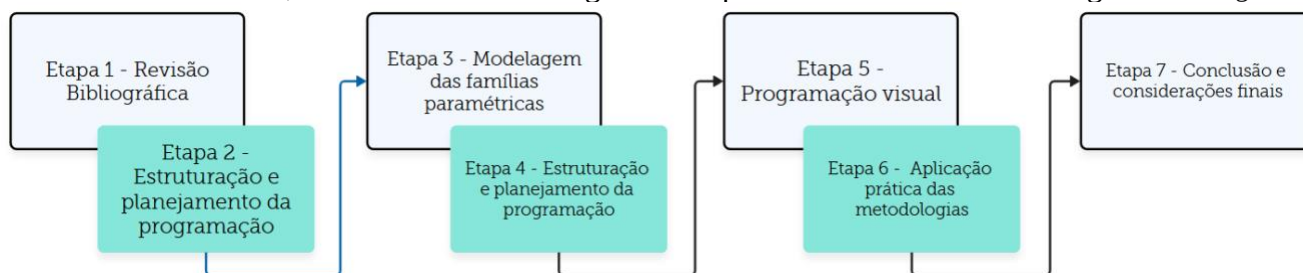


Figura 5 - Fluxograma da metodologia do trabalho

Na revisão bibliográfica foi realizado um embasamento teórico com o intuito de agregar conhecimento necessário para o desenvolvimento do trabalho abordando temas relacionados às famílias paramétricas, programação visual, Dynamo e conceitos referentes às pontes pré-moldadas com concreto protendido.

A estruturação consiste na definição de um fluxograma com a finalidade de guiar a rotina no Dynamo, desde a extração dos dados de planilha até a concepção da ponte.

A modelagem das famílias paramétricas é a etapa crucial para que a rotina seja processada. Nesta etapa do projeto, é realizada a construção de famílias paramétricas no Revit para os elementos que compõem a ponte pré-moldada protendida. O objetivo principal foi garantir a melhor parametrização possível, visando otimizar a integração entre o Dynamo e os dados da planilha do Excel. Com isso, busca-se assegurar uma gestão mais eficiente e automatizada das informações, facilitando a análise e a manipulação dos parâmetros estruturais da ponte, além de melhorar a precisão e a eficiência dos processos de modelagem e coordenação do projeto. A Figura 6 exemplifica uma vista de uma família parametrizada de defesa.

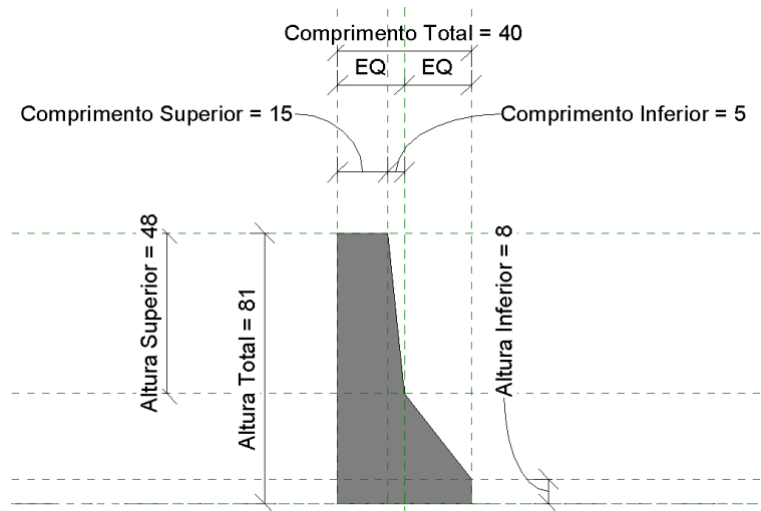


Figura 6 – Seção transversal do modelo paramétrico da defesa

A programação é a etapa de criação da rotina que irá importar os dados da planilha do Excel para o modelo Revit, de forma a criar, posicionar e modelar todos os elementos da ponte, realizada dentro do *plugin* do Revit, o Dynamo. Para a extração dos dados da planilha resumo, foi utilizada uma sequência de nós dividida em três etapas: Importação dos dados da planilha Excel; Organização da listagem de dados; Seleção e distribuição dos dados.

Na etapa de importação, utilizou-se o Nó (*File Path*), que permite ao usuário selecionar o documento desejado em seu computador. Este Nó fornece ao Dynamo o caminho completo até o arquivo. Em seguida, o usuário pode digitar o nome da aba desejada em um Nó de texto (*String*).

Com o arquivo carregado no Dynamo, o Nó (*Data.ImportExcel*), combinado com um Nó de criação de lista (*List Create*), gera uma lista contendo todas as informações da aba selecionada. Após a importação, alguns Nós de filtragem de dados são aplicados para organizar e listar as informações preparando-as para as etapas seguintes de seleção e distribuição. Por fim, os dados são distribuídos para as micro rotinas de montagem e posicionamento de cada elemento da ponte. Um exemplo de micro rotina é ilustrado na Figura 7.

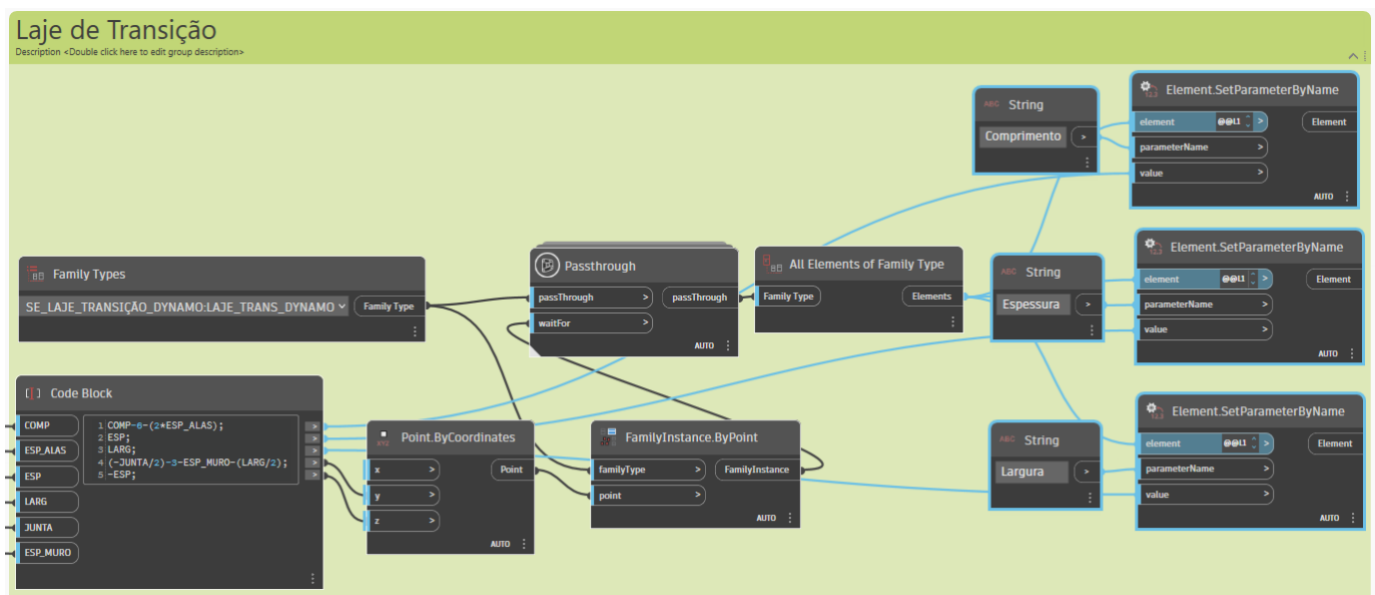


Figura 7 – Micro rotina para modelagem da laje de transição.

Em seguida, a etapa de refinamento se refere a um pós-tratamento da rotina, de forma a otimizar visualmente e logicamente o fluxo de comando dos *codeblock* utilizados na programação, além de explorar as limitações da rotina e propondo soluções para elas. Após a etapa anterior, foi realizada a validação do código por meio de testes preliminares simples com o intuito de explorar as limitações da rotina.

Resultados

Após a finalização da rotina, o produto final consistiu em um conjunto de micro-rotinas, alimentadas por duas micro-rotinas de entrada de dados. O resultado foi a criação de uma macro-rotina, conforme ilustrado na Figura 8. Assim, todos os módulos foram gerados com o objetivo de testar e validar a rotina desenvolvida no Dynamo, bem como assegurar a correta importação dos dados da planilha resumo de dimensionamento.

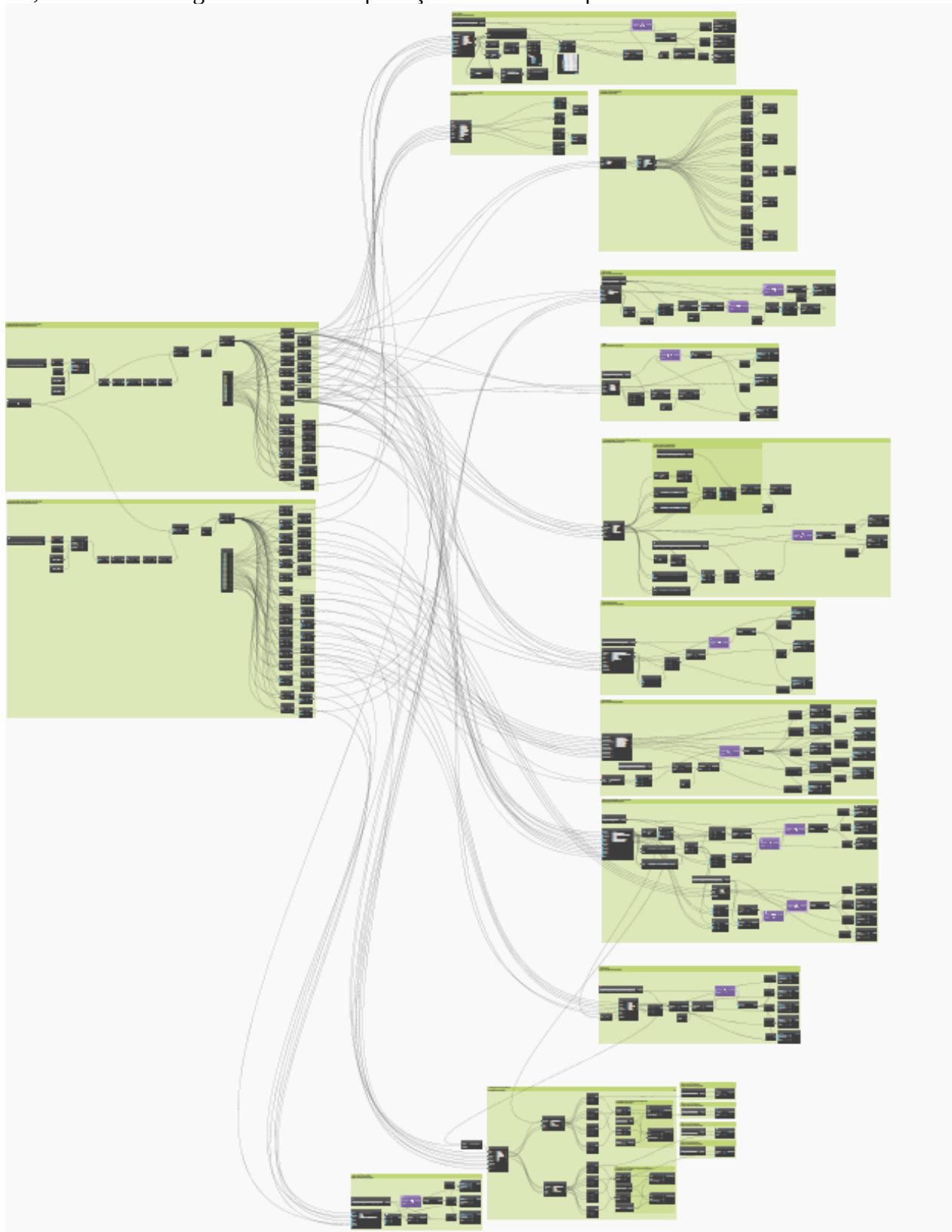


Figura 8 – Macro rotina para modelagem das pontes.

Para aplicar o método, foi necessário abrir um projeto no Revit utilizando um template previamente configurado, que já continha as famílias paramétricas carregadas. Em seguida, a rotina desenvolvida no Dynamo foi executada. O usuário selecionou o número correspondente ao tipo de ponte desejada e clicou no

botão “Run”, uma vez que a rotina estava configurada no modo manual. Em poucos segundos, o modelo foi gerado conforme o esperado.

A Figura 9 apresenta um exemplo ilustrando as vistas isométricas de um módulo do tipo AP de 20 metros modelado usando a macro-rotina do trabalho. Por fim, todos os modelos de módulos de pontes foram testados e aprovados, confirmando os valores especificados na planilha resumo de dimensões.

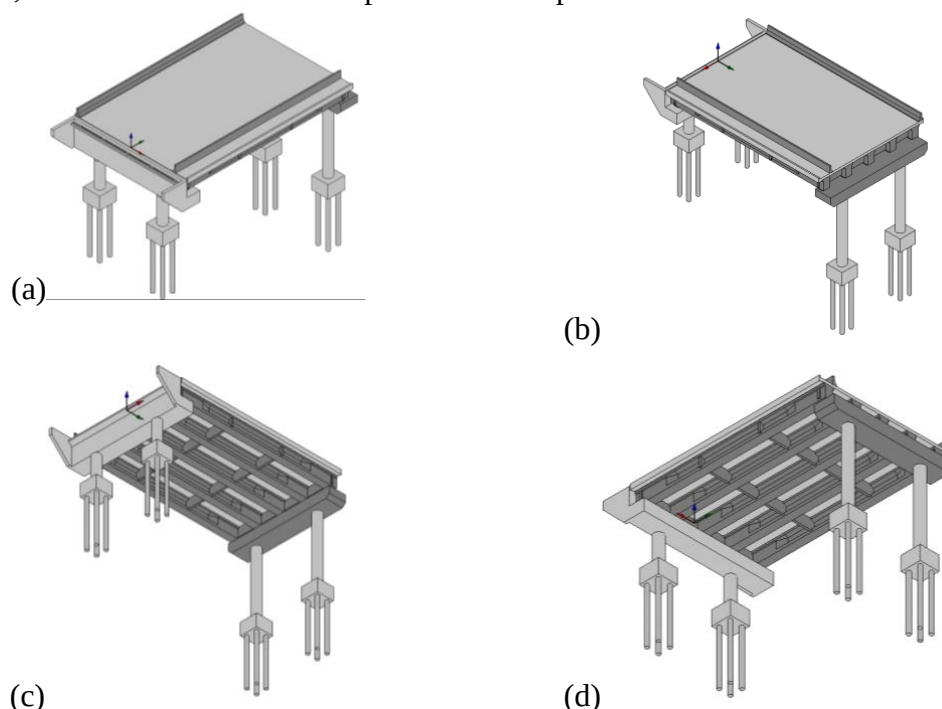


Figura 9 - Módulo da ponte tipo A com passeio com vão de 20 metros modelada via Dynamo.

Conclusões

Os resultados demonstraram que a utilização de programação visual não apenas simplifica o fluxo de trabalho, mas também propicia um ambiente de trabalho mais colaborativo e integrado. Ao permitir a automação de tarefas repetitivas e a total integração de dados externos, como aqueles provenientes de planilhas Excel, o Dynamo se mostra uma ferramenta indispensável para a modernização da prática da engenharia civil.

Além disso, a análise do desempenho da rotina desenvolvida revelou seus benefícios em termos de redução de tempo e diminuição de erros, o que contribui para a maior competitividade e inovação do setor da construção civil. Diante das evidências apontadas, ressalta-se a importância de efetivar a disseminação das ferramentas de programação visual, como o Dynamo, no contexto acadêmico e profissional, promovendo sua adoção nas práticas de projeto de pontes e demais estruturas.

O trabalho não apenas reforçou a relevância da inovação tecnológica na engenharia civil, mas também evidenciou a necessidade de um contínuo aprimoramento das capacidades das equipes de projeto, visando a excelência no desenvolvimento de soluções eficientes.

Referências

- ANTON, R. Uma introdução à aplicação da programação visual com Dynamo. Disponível em: < <https://thorusengenharia.com.br/uma-introducao-a-programacao-visual-com-dynamo/> >. Acesso em; 09 ago. 2024
- AUTODESK. About Families. Revit - Support and learning. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learnexplore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- DINIZ, J.; ANDRADE, E. Programação Computacional Na Metodologia BIM. v. 0119, p. 0–294, 2022.
- EASTMAN, C. et al. Manual BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- FARIAS, J. C.. O que é Dynamo? Disponível em: < <https://spbim.com.br/o-que-e-o-dynamo/> >. Acesso em 14 ago. 2024.
- FERREIRA, E. M. S.. Programação em plataforma BIM: Desenvolvimento de rotinas em programação visual computacional para o dimensionamento de sistemas prediais de água fria e água quente de acordo com a ABNT NBR 5626. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, 2022.

- HARDIN, B.; McCool, D.. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2. ed. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc., 2015.
- KHEMLANI, L. The IFC Building Model: A Look Under the Hood. AEC Bytes, 2004.
- PRIMER, D. The Dynamo Primer. [2021], . Acesso em: 14 ago. 2024. Disponível em: <https://primer.dynamobim.org/>
- RIBEIRO, S. A.. 5 PLUGINS DO REVIT PRA ENGENHARIA. Disponível em <https://www.espacoquatre.com/single-post/5-plugins-do-revit-para-engenharia>. Acesso em 10 ago. 2024.
- SOUZA, L. L. A. DE; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. D. M. IMPACT FROM THE USE OF BIM IN ARCHITECTURAL DESIGN OFFICES: REAL ESTATE MARKET OPORTUNITIES. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, 15 dez. 2009.
- UNDERWOOD, J., & ISIKDAG, U. (2010). Handbook of research on building information modeling and construction informatics: Concepts and technologies. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-928-1>