

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS BIM DE ELEMENTOS

PADRONIZADOS DE ARQUITETURA DO METRÔ-SP

## INTRODUÇÃO

O BIM - Building Information Modeling, ou Modelagem da Informação da Construção, é um conceito composto por processos, métodos e tecnologias utilizadas na construção civil, que tem adquirido grande importância, sobretudo nas duas últimas décadas, e que relaciona diversos níveis de dados e de informação em modelos paramétricos, tornando-os ferramentas importantes de planejamento, projeto, acompanhamento, valoração e manutenção de uma obra, ao longo de todo o seu ciclo de vida. Devido a isso, vem sendo implementado em diversos empreendimentos privados e, mais recentemente, exigido em contratos de obras públicas em diversos países do mundo, inclusive no Brasil.

A Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô tem acompanhado esse contexto e, por isso, iniciou a partir de 2011, a implantação do BIM em suas gerências e em seus empreendimentos.

De acordo com o Guia 1 – O Processo de Projeto BIM, documento que faz parte da Coletânea de Guias BIM ABDI-MDIC<sup>1</sup>, o BIM está relacionado a 3 dimensões fundamentais: tecnologia, processos e pessoas, vinculados por meio de procedimentos, normas e boas práticas. Nesse sentido, demanda uma adequada organização e classificação das informações de projeto conforme padronização estabelecida, essencial ao trabalho colaborativo possibilitado pelo BIM.

Alinhado a essas considerações, o Metrô já apresenta em seus processos uma série de rotinas e padronizações, que contribuem para a organização e fluxo de trabalho dos mesmos. No tocante à arquitetura, podemos citar como instrumental importante ao desenvolvimento e análise dos projetos básicos os PP's<sup>2</sup> dos elementos arquitetônicos e de mobiliário, mais usuais na concepção de estações, poços de ventilação e pátios de manobra, entre outras edificações da rede metroviária, os quais fixam diretrizes de projeto e instalação. Os projetos-padrão destes elementos, criados ao longo dos 50 anos de atividade da Companhia, representam o esforço constante em adotar tecnologias e soluções

---

1 A ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e o MDIC (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços), através da colaboração de especialistas acadêmicos, gestores públicos e profissionais do setor privado, consolidou e disponibilizou na Coletânea de Guias ABDI-MDIC informações de boas práticas sobre o processo e a contratação de projetos BIM, representando assim um esforço e contribuição do Governo para disseminação do BIM.

2 Conforme documento interno do Metrô denominado MAN-10-201, PP's ou Projetos Padrão são definidos como “desenhos onde são especificados e detalhados graficamente os elementos de acabamento e comunicação visual, pertencentes aos diferentes trechos ou sistemas, com desenvolvimento de soluções padronizadas de projeto”.

compatíveis aos padrões técnicos de qualidade, aplicados em seus projetos e obras, assim como na operação e manutenção das infraestruturas metroviárias existentes.

Nesse sentido, ter uma biblioteca de objetos paramétricos padronizados organizada (em termos de parametrização, materiais de acabamento, representação gráfica, etc.) é importante pois, além de facilitar a identificação, inserção e manuseio dos elementos em projeto, permite uma otimização de tempo em caso de revisão ou criação de novos objetos e, especialmente no caso da adoção de padrões, é essencial ao trabalho colaborativo eficaz. Constituem-se, por esse motivo, em ferramenta importante da base de informação para os projetos em BIM.

Considerando estas premissas, este artigo apresentará o processo de produção da Biblioteca de objetos BIM correspondentes aos elementos padronizados de arquitetura utilizados nos projetos da Companhia, que foi iniciado em 2016 no Departamento de Concepção de Arquitetura, pertencente à Gerência de Projetos Básicos de Transportes Metropolitanos – GPR/DPA. Serão descritas todas as atividades essenciais e de suporte para viabilizar esse desenvolvimento, percorrendo desde os estágios iniciais de capacitação, testes e diagnósticos acerca dos elementos modelados, até o processo de produção, o qual vem acompanhado também das fases de validação, aprovação e divulgação, não prescindindo da definição de padrões para as informações contidas nos modelos, em face dos requisitos BIM. Como registro importante do processo, serão descritos, também, os cenários simulados para a produção, em termos de tempo e recursos disponíveis, cuja análise levou à tomada de decisão pelo início da produção da biblioteca internamente, em detrimento de sua

contratação integral a terceiros, como forma de consolidar uma experiência metodológica de aplicação, definições, planejamento e diretrizes.

Em seguida, serão abordados os principais desafios encontrados pela equipe, tais como a revisão das especificações técnicas dos elementos pelas equipes de projeto, obra, operação e manutenção, que ocupou uma grande parte do tempo da experiência inicial, e a padronização e definição de requisitos BIM, que é importante para o desenvolvimento de objetos consistentes em termos de conteúdo de informação e aplicações.

Será apresentado também um balanço dos riscos enfrentados, dos aprendizados e das conclusões retiradas do processo ainda em andamento, comparando-se as vantagens e desvantagens que puderam ser levantadas e mensuradas, quer quantitativa, quer qualitativamente, sobre as decisões tomadas até o momento, e sobre o quanto essa experiência resultou em uma evolução da maturidade da equipe, não apenas no que diz respeito à prática da ferramenta de modelagem, mas também em relação ao desenvolvimento de um olhar técnico mais minucioso sobre as especificações dos elementos e os processos BIM. Serão levantados, por fim, os benefícios que poderão ser agregados pela Companhia em um breve futuro, a partir dessa experiência.

## DIAGNÓSTICO

### **Origens do projeto de Biblioteca de objetos paramétricos no Metrô-SP**

A partir de 2011, a Gerência de Projetos Básicos de Transportes Metropolitanos (GPR), do Metrô de São Paulo, deu início a atividades com o intuito de implementar BIM no planejamento e concepção das obras de expansão da rede metroviária.

Alinhado com todas essas transformações, o Departamento de Concepção de Projetos Básicos de Arquitetura do Metrô (DPA), pertencente à GPR, iniciou em 2016 as primeiras reuniões para planejar a produção de uma biblioteca de objetos paramétricos BIM que corresponda aos elementos padronizados mais utilizados nos projetos de arquitetura das edificações da rede.

Através do uso de software especializado de modelagem paramétrica<sup>3</sup>, uma equipe tem trabalhado para desenvolver e disponibilizar a biblioteca de arquitetura e todo o material complementar de catalogação e orientação para seu uso e manutenção. Essa experiência pode servir de base para o desenvolvimento das bibliotecas das demais áreas da Companhia, bem como para outras partes interessadas, seja em contratos, consultorias ou outras modalidades.

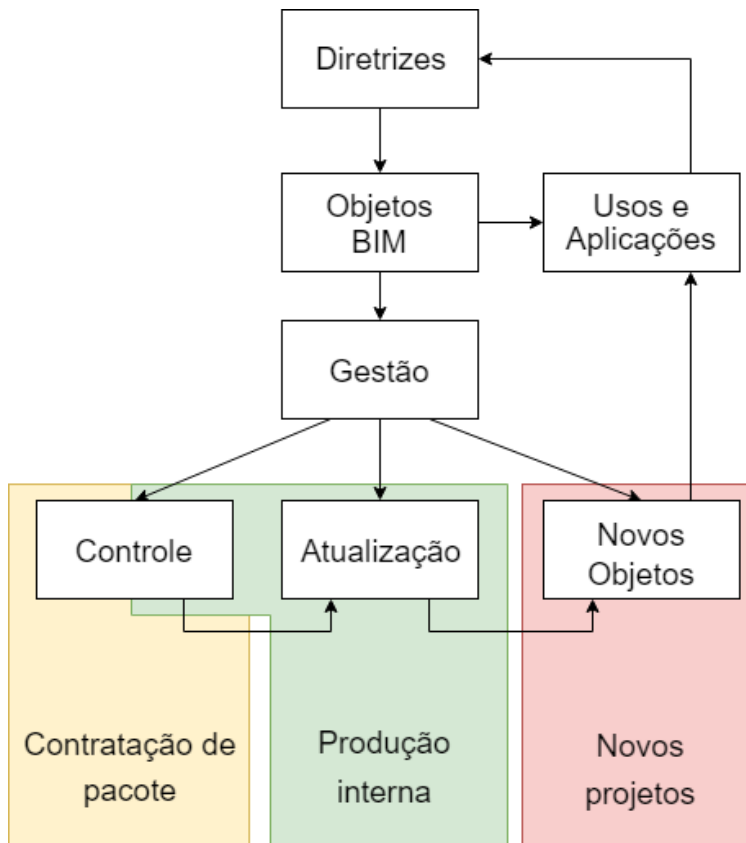
---

<sup>3</sup> O software adotado para modelagem dos objetos de arquitetura foi o Autodesk Revit, o qual faz parte da suíte de aplicativos já utilizada pelo Metrô-SP.

Uma inovação dessa natureza, quando consolidada, contribuirá de modo significativo para a eficiência nos processos de concepção das instalações da rede metroviária, resultando em um ganho considerável para as etapas subsequentes em termos de confiabilidade da informação para execução, otimização de custos, operabilidade, manutenção e suprimentos.

### **Planejamento e estruturação do processo**

Almejando uma melhoria nos processos de concepção, análise e compatibilização plena da informação paramétrica contida nos projetos com os padrões que vêm sendo estabelecidos pelos órgãos nacionais e internacionais de normalização relacionados ao tema, o Departamento de Arquitetura iniciou a criação de uma biblioteca de objetos BIM padronizados, vislumbrando sua aplicação em modelos BIM.



**Figura 1 - Ciclo estratégico de desenvolvimento de objetos**

Com foco estratégico no desenvolvimento e gestão de objetos BIM chega-se a um ciclo de desenvolvimento de objeto BIM (Figura 1). Os objetos, por mais que estejam comumente ligados ao projeto e conseqüentemente ao modelo, devem cumprir a função do projeto definido em contrato, colocado no ciclo como usos e aplicações. Estes usos podem ser: quantitativo, análise visual, análise de espaços, orçamentação, planejamento e outros. Desta forma, todo objeto deve ser desenvolvido com a mesma diretriz, permitindo estas aplicações a mais de um objeto, chegando a um mesmo formato de resultado.

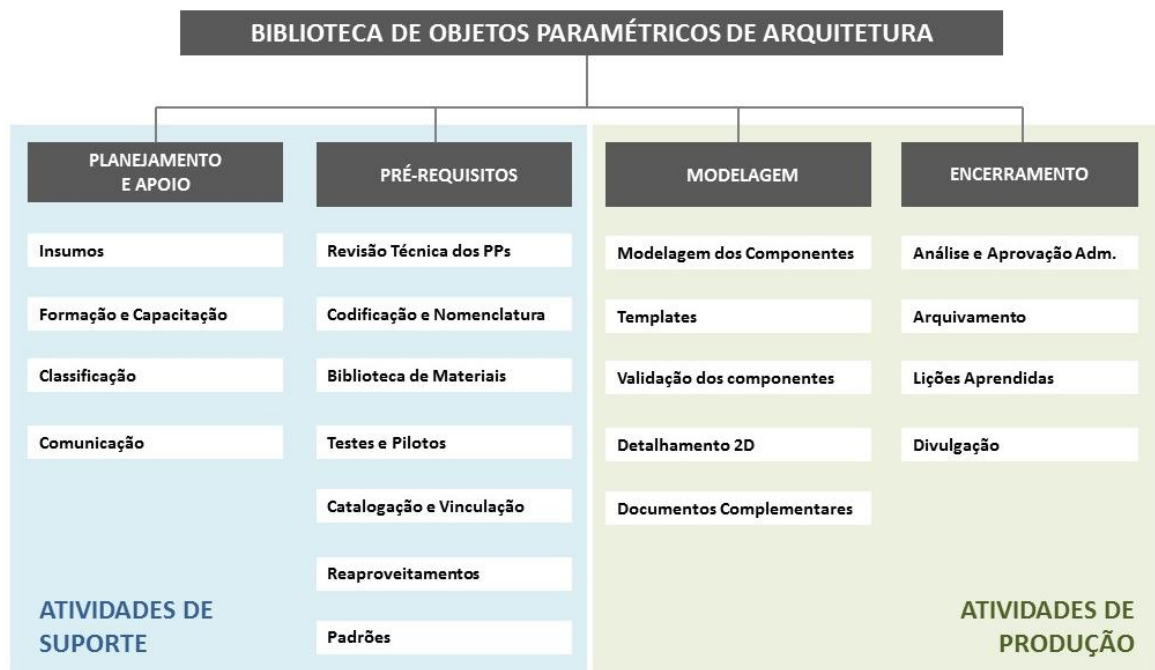
Identificou-se neste ciclo que há três cenários de desenvolvimento de objetos: contratação de um pacote, a atualização da biblioteca que ocorrerá durante o seu uso e os novos objetos que podem surgir com novos projetos. Em todos os cenários as diretrizes devem ser as mesmas, atendendo aos usos definidos para os modelos.

A complexidade de um processo dessa natureza, explicada pelo grau de padronização requerido também para as informações dos objetos de um projeto em BIM, além de outros pré-requisitos, exigiu da equipe responsável um estágio inicial de capacitação e planejamento de todas as atividades relacionadas ao processo. Essa fase, concentrada principalmente no ano de 2016, consistiu em reuniões e treinamentos sobre modelagem e padrões, dentre outras atividades.

Simultaneamente, havia sido iniciada pelos técnicos das Coordenadorias de Arquitetura e Acabamento, um diagnóstico prévio dos elementos padrão, considerando aspectos como o levantamento da frequência de uso, necessidade de revisão técnica e atualização de descrições.

O resultado desta fase inicial foi a elaboração, no início de 2017, de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) para a produção da biblioteca de arquitetura, conforme Figura 2.

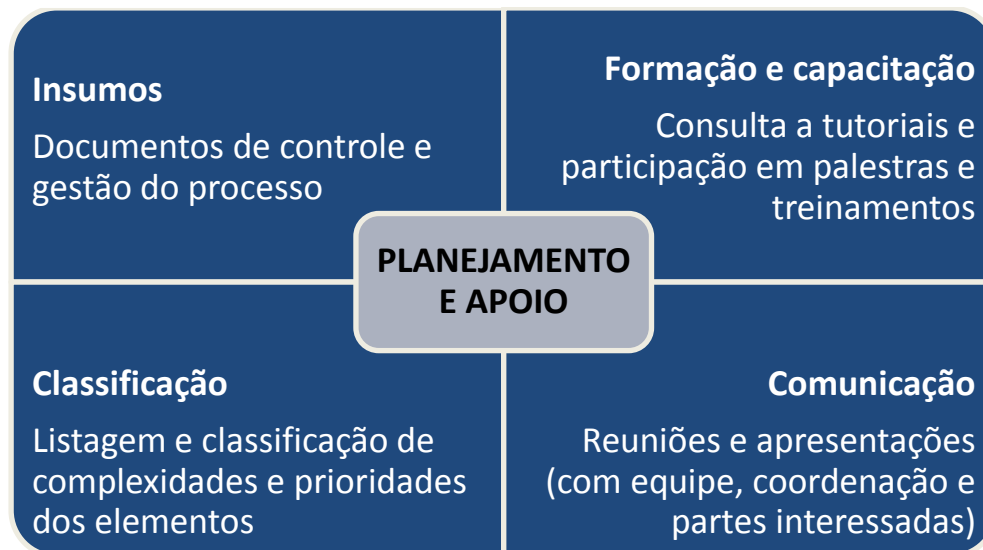




**Figura 2 – EAP para a produção da Biblioteca de Objetos BIM de arquitetura do Metrô**

Conforme se pode ver pela figura, a EAP ficou subdividida em 4 grandes etapas, cada uma delas representando subgrupos de atividades e produtos com maior grau de inter-relação entre si. Nessa configuração, as etapas de Planejamento e Pré-requisitos são compostas por atividades de suporte às etapas de Modelagem e Encerramento, sendo que a etapa de Planejamento é subjacente à produção propriamente dita e acompanha as demais etapas de forma transversal.

Os subgrupos da etapa de Planejamento e Apoio estão discriminados na figura a seguir:



**Figura 3 - Subgrupos da etapa de Planejamento e Apoio**

Ainda considerando as atividades de suporte, outro grupo importante é o da etapa de Pré-requisitos. Os subgrupos dessa etapa são:

- a) Revisão Técnica dos projetos-padrão dos elementos: Verificação e atualização conceitual dos PPs existentes por motivos diversos: especificações obsoletas, demanda por atualização geométrica de componentes, necessidade de adequação a normas e leis recentes ou devido a outros critérios técnicos;
- b) Codificação e Nomenclatura: criação dos códigos, nomenclatura e especificação dos objetos e de seus respectivos arquivos de modelo;
- c) Biblioteca de materiais: criação do conjunto de materiais aplicáveis aos modelos, conforme as especificações técnicas dos projetos e dos fabricantes;

d) Testes e pilotos: modelagens experimentais de objetos para complementar o processo de capacitação de equipe e realizar os testes iniciais de aplicação dos demais pré-requisitos;

e) Catalogação e vinculação: criação do conjunto de arquivos e documentos que agrupam os objetos modelados quanto às classificações, categorias, usos e aplicações, códigos e vinculação com dados existentes;

f) Reaproveitamentos: análise de objetos já modelados em bibliotecas externas, disponibilizadas para o público ou para o Metrô;

g) Padrões: criação de uma documentação que define os requisitos relativos aos procedimentos e aos resultados esperados para a biblioteca de objetos, devidamente alinhada com as normas nacionais e internacionais e também com os requisitos BIM;

Entrando nas atividades de produção, temos a etapa de Modelagem, composta pela modelagem dos objetos paramétricos sob a forma de modelos tridimensionais parametrizados, com os diversos níveis de informação BIM indicados para os usos adotados, bem como documentação complementar para instrução técnica. Ela é estruturada pelas seguintes sub-etapas:

a) Modelagem: criação dos modelos de objetos com todas as informações necessárias e de acordo com o padrão estabelecido, através de uso de software específico;

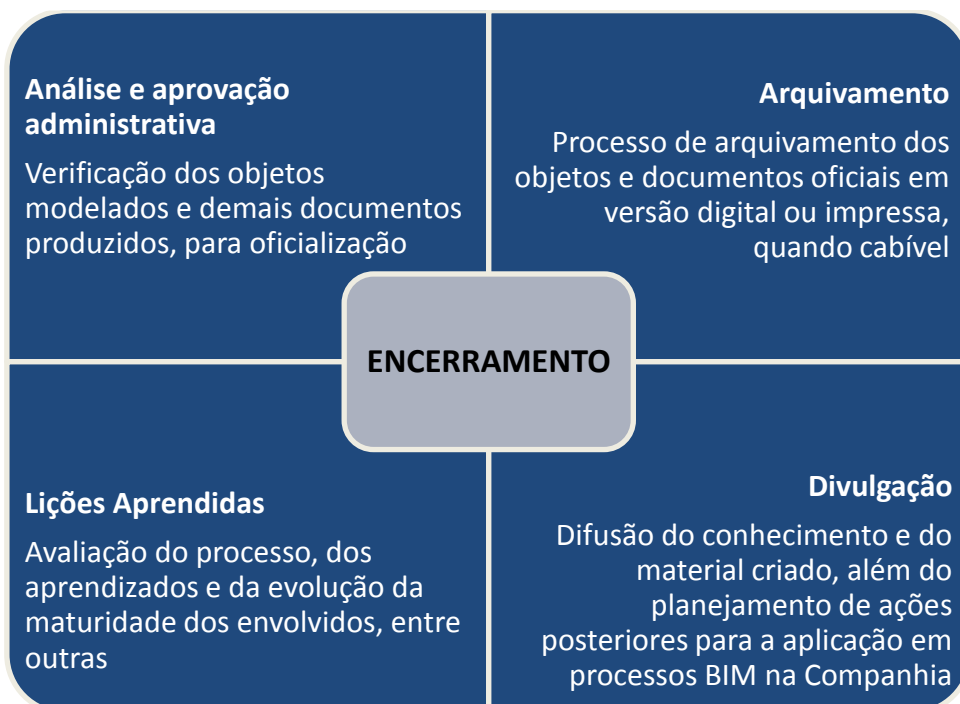
b) Templates: criação dos arquivos-base para modelagem em projeto, que serão utilizados pelo Metrô e demais colaboradores, contendo algumas configurações gerais de representação e formato e de sistemas construtivos, que deverão estar alinhadas com os padrões definidos para a biblioteca de objetos;

c) Validação dos objetos: rotina de testes e revisões à qual os objetos modelados deverão passar, para verificação e atendimento aos requisitos definidos no documento de padronização;

d) Detalhamento 2D: arquivos de detalhamento construtivo em 2D (ou em perspectivas e cortes perspectivados), com base na extração de vistas dos próprios modelos tridimensionais;

e) Documentos complementares: documentação para orientações aos usuários e mantenedores da biblioteca de objetos BIM de arquitetura.

A Etapa de Encerramento, por sua vez, corresponde aos processos administrativos internos de aprovação dos modelos e divulgação da biblioteca. Essa etapa contém os subgrupos definidos na figura a seguir:



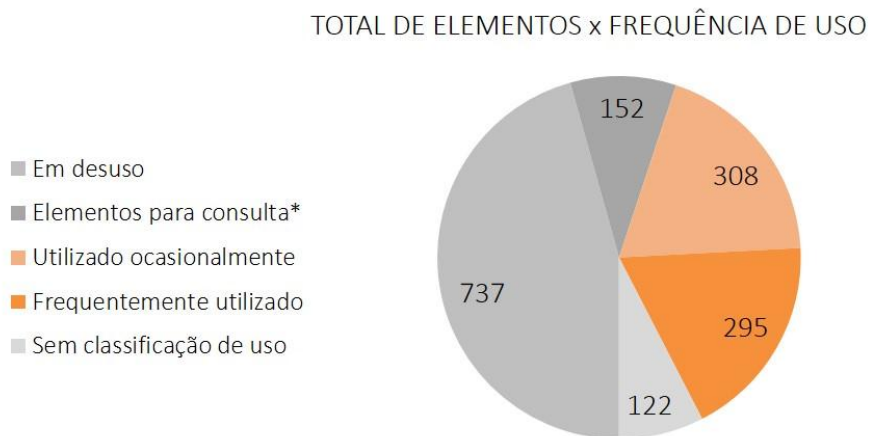
**Figura 4 - subgrupos da etapa de Encerramento**

Os produtos previstos como resultado do processo e necessários ao completo entendimento e uso adequado da biblioteca são a coletânea de objetos paramétricos de arquitetura, com foco inicial na utilização em Projeto Básico, e outros documentos complementares como os de catalogação, incluindo fichas, listagem e vinculação de códigos padronizados, nomes e especificações, instruções complementares, uma biblioteca padronizada de materiais de arquitetura, os projetos de objeto (P.O), a lista dos parâmetros compartilhados necessários para extração de quantitativos, arquivos template, documento de padrões, requisitos e restrições, e roteiros de orientação para a modelagem, manutenção e validação de objetos. Desse modo, com a EAP criada, a equipe técnica e seus gestores passaram a ter ferramentas para planejar e organizar a criação da biblioteca de objetos e todos os demais produtos que a acompanham.

### **Levantamentos e cenários apresentados**

Esse trabalho levou em conta, conforme comentado anteriormente, uma classificação geral dos elementos padronizados de arquitetura, à luz das seguintes características: frequência de uso nas disciplinas de Acabamento, Paisagismo e Comunicação Visual, complexidade geométrica e paramétrica, demanda por revisão técnica do projeto-padrão quanto à geometria, aos materiais, às variáveis dimensionais, aos usos, etc. Com base nessas informações, organizadas em uma matriz colaborativa de cruzamento de dados para identificação e classificação dos elementos modeláveis, ferramenta importante a todo o processo de produção, e que permitiu estimar a quantidade e complexidade dos objetos a

serem modelados, a fim de definir uma estratégia inicial de trabalho e priorização, considerando tempo e equipe disponível.

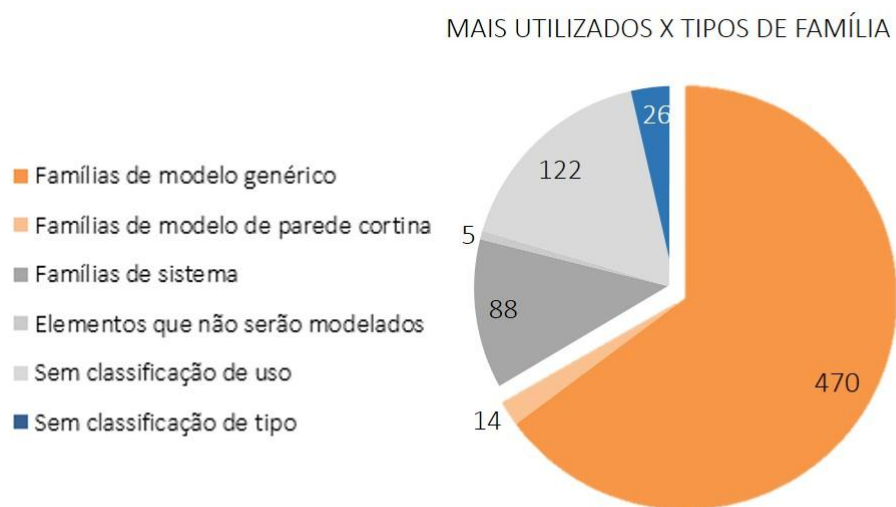


\* Elementos para consulta são aqueles que não são mais especificados em projeto, porém têm seus projetos-padrão vigentes para eventual consulta em caso de manutenção ou substituição por equipes das áreas de operação e manutenção do Metrô.

**Figura 5 - Quantificação de todos os elementos padronizados de arquitetura do Metrô já produzidos, separados por frequência de uso.**

Da observação da figura 5, pode-se concluir que, dos 1.614 elementos padronizados do metrô, 603 elementos estão em uso frequente ou ocasional, os quais poderão ser aproveitados em projetos futuros de empreendimentos da Companhia e, portanto, em processos BIM. Esse é, portanto, o universo correspondente à produção da biblioteca propriamente dita.

Já na figura 6, esse universo foi separado em termos de tipos de família do Autodesk Revit.



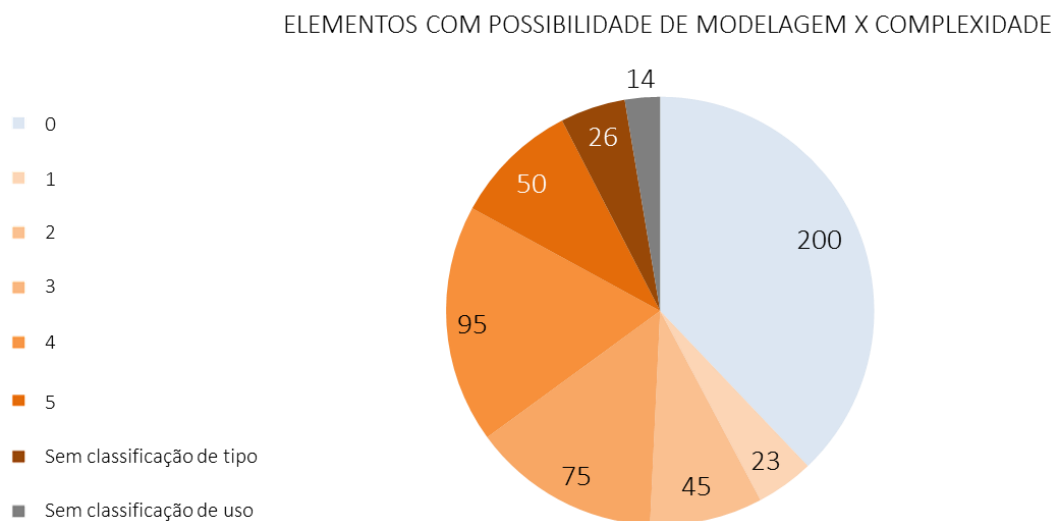
**Figura 6 - Discriminação dos elementos padronizados de arquitetura ainda utilizados em projetos do Metrô de São Paulo, separados por tipos de família**

Observando a figura 6, vemos que a porção destacada em tons de laranja no gráfico representa, dentro do universo de 603 elementos, os 484 que serão modelados em arquivos do tipo “família de modelo”. Os demais, fora os não classificados até o momento, representam sistemas construtivos tais como camadas de revestimentos, que serão configurados no template de projeto.

Posteriormente, os 484 elementos foram classificados por graus de complexidade de modelagem, para possibilitar uma estimativa mais assertiva no tempo total a ser apropriado no processo, conforme pode ser visto na figura 7. Os índices de complexidade variaram de 0 a 5, e foram gerados a partir do seguinte critério:

- Complexidade 0: objeto com modelagem derivada de outro existente;

- Complexidade 1: objeto sem parâmetros geométricos variáveis e de baixa complexidade geométrica em seus subcomponentes;
- Complexidade 2: objeto sem parâmetros geométricos variáveis, porém com média ou alta complexidade geométrica em seus subcomponentes;
- Complexidade 3: objeto com parâmetros geométricos variáveis, e com complexidade geométrica entre baixa e média;
- Complexidade 4: objeto com parâmetros geométricos variáveis, e com complexidade geométrica alta e/ou modulação dos subcomponentes;
- Complexidade 5: objeto com parâmetros geométricos variáveis e com interdependência entre sua parametrização e os dados do hospedeiro (caso de gradis, corrimãos e guarda-corpos, entre outros).



**Figura 7 - Discriminação dos elementos padronizados de arquitetura com possibilidade de modelagem, separados por grau de complexidade**

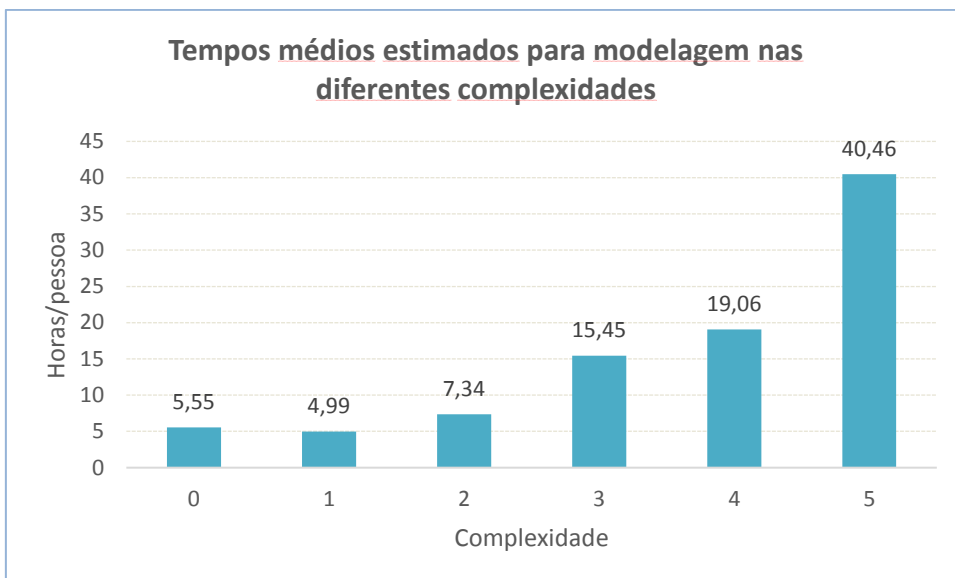


Com base nos testes e pilotos já desenvolvidos, e também a partir de pesquisas de experiências externas de apropriação de horas em trabalhos da mesma natureza, foi formulada, em sequência, uma estimativa para o tempo acumulado em horas a ser apropriado para a modelagem total da biblioteca.

O tempo médio de modelagem foi estimado através da interpolação entre os tempos dos pontos de maturidade mais baixa e mais alta, com base em uma função exponencial que exprime a curva de maturidade a ser alcançada pela equipe ao longo da produção dos objetos. Isso foi necessário pois consideramos que, ao desenvolvermos internamente a biblioteca, teríamos um crescimento da expertise e habilidades específicas ao longo do tempo.

O processo de modelagem foi, também, subdividido em ciclos específicos, para melhor organização e controle da produção dos objetos. O ciclo 1, correspondente à modelagem geométrica do objeto e de todos os seus subcomponentes, preenchendo os requisitos estabelecidos na padronização; o ciclo 2, correspondente à aplicação de demais parâmetros descritivos (especificações, materiais, etc.); o ciclo 3, correspondente à aplicação dos parâmetros de identificação do objeto (códigos e nomenclaturas); e o ciclo 4, correspondente à validação.

Feitas essas ponderações, chegou-se à estimativa dos tempos médios para modelagem dos objetos, considerando suas diferentes complexidades, conforme exibido no gráfico a seguir.



**Gráfico 1: Tempos médios estimados para modelagem por complexidade dos objetos**

Deparava-se assim com um momento de decisão para a gerência envolvida, em que seria necessária uma avaliação, também por parte dos gestores, sobre a melhor estratégia para a produção.

Foi feita então uma estimativa de apropriação de horas considerando duas possibilidades de desenvolvimento dos objetos: interna, através de equipe do Metrô, ou externa, por equipe sênior<sup>4</sup> contratada em licitação, sendo ambas compostas por três pessoas.

---

<sup>4</sup> Ao considerarmos que o desenvolvimento externo fosse feito por técnicos sêniores, foi eliminada a variação do tempo de modelagem por objeto, já que teríamos que desconsiderar a evolução da curva de maturidade.

GRAU DE COMPLEXIDADE	NÚMERO DE FAMÍLIAS	TEMPO DE MODELAGEM - CICLOS 1 A 3 (HORAS)		TEMPO DE REVISÃO TÉCNICA (HORAS)		TEMPO DE VALIDAÇÃO (HORAS)		TEMPO DE REAPROVEITAMENTO DE FAMÍLIAS DE BIBLIOTECAS JA EXISTENTES (HORAS)		TEMPO TOTAL (HORAS)	
		METRÔ	EMPRESA CONTRATADA	METRÔ	EMPRESA CONTRATADA	METRÔ	EMPRESA CONTRATADA	METRÔ	EMPRESA CONTRATADA	METRÔ	EMPRESA CONTRATADA
1	23	114,82	11,50	2,00	2,00	46,00	46,00	7,49	0,00	155,33	59,50
2	45	330,40	90,00	14,00	14,00	90,00	90,00	33,04	0,00	401,36	194,00
3	75	1.158,58	300,00	32,00	32,00	150,00	150,00	82,39	0,00	1.258,19	482,00
4	95	1.810,31	570,00	60,00	60,00	190,00	190,00	152,45	0,00	1.907,86	820,00
5	50	2.022,83	500,00	30,00	30,00	100,00	100,00	296,68	0,00	1.856,15	630,00
0	200	1.110,58	34,00	84,00	84,00	400,00	400,00	0,00	0,00	1.594,58	518,00
Famílias sem classificação	40	618,98	80,00	8,00	8,00	80,00	80,00	139,27	0,00	567,71	168,00
TOTALS		7.166,50	1.585,50	230,00	230,00	1.056,00	1.056,00	711,32	0,00	7.741,18	2.871,50

**Tabela 1: Estimativa de tempo acumulado para modelagem da biblioteca, com produção interna ou externa**

De acordo com a estimativa apresentada na tabela 1, o desenvolvimento interno da modelagem levaria um tempo total de modelagem de 15 meses, ao passo que, no caso de desenvolvimento externo, o tempo total seria de 6 meses.

Comparando as duas possibilidades, concluiu-se que a contratação externa resultaria, a partir do início efetivo da modelagem da biblioteca, e desconsiderando-se os tempos adicionais para os tempos envolvidos nas atividades dos demais itens da EAP (sobretudo Pré-requisitos), em um ganho de quase metade do tempo total previsto para o desenvolvimento interno. Porém, a contratação neste caso não poderia ser imediata devido à necessidade de criação de subsídios iniciais para alimentar o desenvolvimento dos componentes (p. ex.: revisão dos documentos-base em 2D).

Por um lado, o desenvolvimento de toda a biblioteca de objetos internamente possibilitaria o início imediato do processo de produção<sup>5</sup>, sem a necessidade de o departamento ter de enfrentar os ritos e o cronograma de uma contratação por licitação. Entretanto, o principal benefício previsto com a escolha da estratégia da produção interna é o fato de que a equipe técnica, nesse caso, poderia adquirir expertise e maturidade suficientes para a manutenção e expansão da biblioteca de objetos após modelada em sua primeira versão, e isso seria também um facilitador para a definição de requisitos e padrões a serem atendidos pelas partes interessadas posteriormente, e sobretudo para ajudar na disseminação do aprendizado para outros departamentos do Metrô, com um ganho considerável em termos de inovação tecnológica e apropriação de conhecimento técnico. A figura 8 apresenta um panorama resumido das principais vantagens e desvantagens de cada possibilidade de desenvolvimento:

---

<sup>5</sup> O que de fato já foi realizado a partir de 2017, mesmo que em caráter experimental.

	VANTAGENS	DESvantagens
<b>DESENVOLVIMENTO INTERNO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior parte do custo já incorporado no planejamento orçamentário da Companhia;</li> <li>• O processo é, ao mesmo tempo, um investimento na capacitação da equipe para manutenção e ampliação da biblioteca;</li> <li>• Possibilidade de início imediato do processo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de modelagem longo (curva de aprendizado);</li> <li>• Outras demandas podem desfalcar a equipe (gera atraso no cronograma).</li> </ul>
<b>DESENVOLVIMENTO COM CONSULTORIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor tempo de modelagem;</li> <li>• Equipe maleável para desenvolvimento (gera menos imprevisibilidades de tempo);</li> <li>• Maior interoperabilidade (softwares)</li> <li>• Maior possibilidade de desenvolvimento de atividades em paralelo (equipe Metrô).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo extra para a Companhia;</li> <li>• A contratação de consultoria não exime o Metrô de participar de diversas atividades do cronograma;</li> <li>• Contratação é lenta, resultando em pouco ganho de tempo no processo como um todo.</li> </ul>

**Figura 8 - Principais vantagens e desvantagens de cada possibilidade de desenvolvimento da biblioteca de objetos paramétricos do Metrô**

Por fim, há também que se considerar que, mesmo que o produto principal (produção dos objetos) fosse feito externamente, isso não eximiria a equipe do metrô de desenvolver, além das revisões técnicas<sup>6</sup> e das atividades de gestão, os processos de padronização e catalogação, bem como a criação de documentos complementares.

Portanto, após ponderadas vantagens e desvantagens em cada um dos cenários aqui descritos, o Departamento de Arquitetura decidiu desenvolver internamente todas as atividades, não excluindo a possibilidade de uma nova avaliação, imaginando inclusive a

---

6 Por se tratar de atividade específica e que requer maior domínio técnico e entendimento das necessidades do Metrô, sua execução, mesmo em caso de contratação, seria de responsabilidade da equipe de arquitetura da Companhia.

hipótese de um desenvolvimento dos produtos em regime misto (internamente e por contrato).

### **Pacotes**

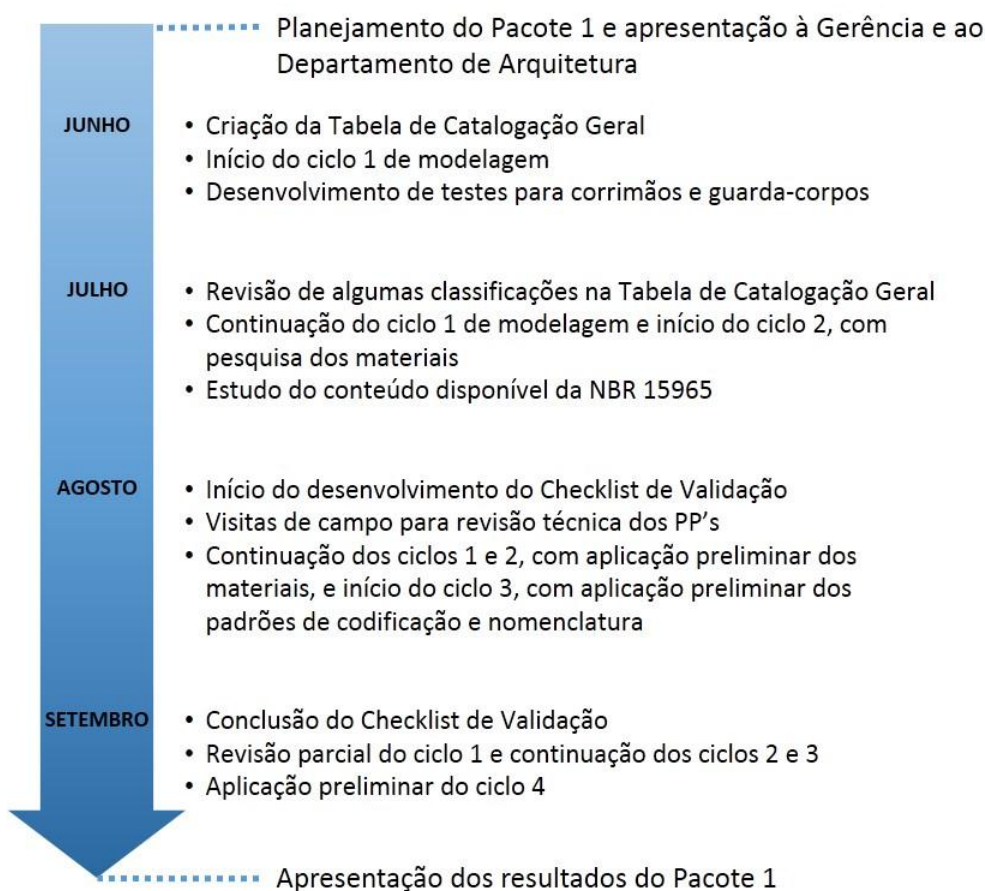
Dispondo dos recursos da Estrutura Analítica de Projeto – EAP, bem como do registro dos levantamentos e diagnósticos preliminares, a equipe estimou o tempo necessário para a produção dos objetos BIM, organizada sob a forma de “pacotes” sucessivos. Estes seriam distribuídos em um cronograma de produção, conforme prioridades estabelecidas para modelagem. No caso do pacote 1, os critérios para escolha foram baseados na seleção dos elementos mais utilizados em projetos em geral e nas diferentes complexidades para se ter uma amostra que permitisse extrair uma estimativa mais precisa do tempo necessário para produção dos objetos.

Essa experiência teve início mais substancial no começo do segundo semestre de 2017, quando foi selecionado o primeiro pacote, composto por 34 elementos das disciplinas de Acabamento e Paisagismo<sup>7</sup>, para ser desenvolvido por uma equipe de quatro arquitetos durante um período de quatro meses, iniciado em junho de 2017, objetivando-se a garantia de pelo menos 3 destes dedicados simultaneamente e diariamente a este trabalho, conforme a gestão das demais demandas do departamento, externas ao projeto de

---

<sup>7</sup> Uma vez que a revisão em andamento do Manual de Comunicação Visual impede, ao menos temporariamente, o início imediato da produção dos objetos dessa disciplina.

desenvolvimento da biblioteca. Ao mesmo tempo, a etapa de Pré-requisitos foi amadurecida, e foram realizadas reuniões com partes interessadas (sobretudo equipes de obra da Companhia, que enfrentam de forma mais substancial os problemas de defasagem dos projetos padronizados), para revisão técnica, planejamento e acompanhamento, necessárias ao desenvolvimento e controle do processo, conforme o cronograma acumulado visto na Figura 9.



Ao longo do processo, foram realizadas reuniões de equipe e consultas aos demais técnicos da Coordenação de Acabamento e Comunicação Visual, às Gerências de obra e a normas técnicas.

**Figura 9 - Cronograma estimado do pacote inicial de modelagem interna**

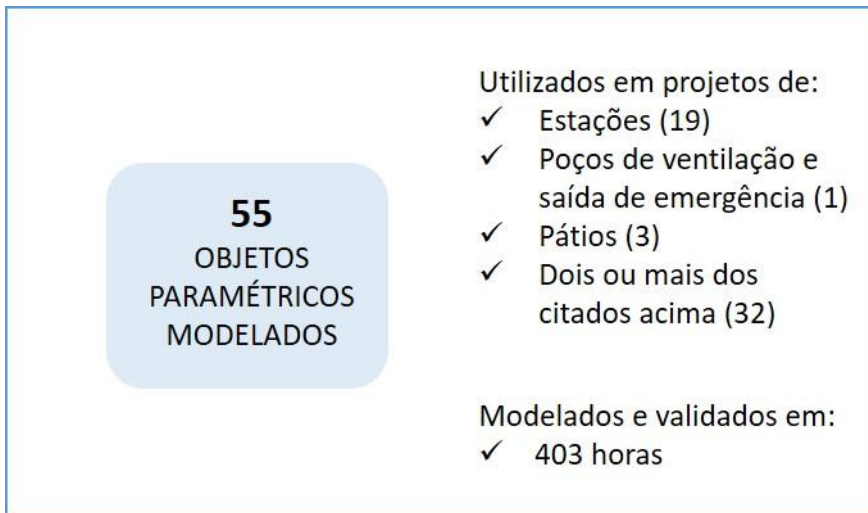
Este pacote inicial, mesmo que sem todos os padrões e pré-requisitos de produção concluídos, teve seu ciclo encerrado ao final de 2017, momento no qual a equipe interrompeu momentaneamente o processo para fazer alguns balanços e avaliações. Além disso, foi possível, nessa suspensão, o planejamento das demais etapas para a tomada de decisões sobre atividades que, no caminho crítico da EAP, se não fossem solucionados, poderiam ter impactos negativos, tais como o retrabalho nas fases subsequentes da produção da biblioteca. Exemplo mais destacado dessas atividades críticas foi a consolidação de um documento de padrões preestabelecidos para os objetos BIM da Companhia, em conformidade com as normas nacionais e internacionais que estão sendo criadas nesses quesitos, que possa ser utilizado não só pela equipe de arquitetura, como também pelos demais setores que irão desenvolver trabalho similar, permitindo assim que as informações necessárias sejam transmitidas e geridas de forma correta e confiável. A elaboração desse documento passou a ser prioridade no início de 2018, e a previsão de sua conclusão e publicação como manual interno é no segundo semestre deste ano.

Concomitantemente, já foi dimensionado um novo cronograma para os processos de produção remanescentes, e definidos dois novos pacotes: o “pacote 2”, com 54 elementos prioritários para uso em estações e poços, sendo que 21 destes já estavam modelados e validados até junho de 2018; e um terceiro pacote prioritário complementar, com um total de 66 elementos (incorporando, nesse caso, retrabalhos relativos à adequação de objetos modelados a título de teste), que completariam, juntamente com os dois pacotes anteriores, um conjunto representativo de elementos mais frequentemente utilizados em projetos do Metrô de São Paulo, e faria com que, ao final desses pacotes, uma biblioteca parcial já possa



ser disponibilizada (ao menos no que tange aos modelos parametrizados), para uso BIM em contratos de projetos futuros.

Por fim, apresentamos a seguir um balanço quantitativo resumido do processo até o presente momento:



**Figura 10 - Balanço quantitativo das atividades já desenvolvidas, com objetos do Pacote 1 e os já modelados do Pacote 2**

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

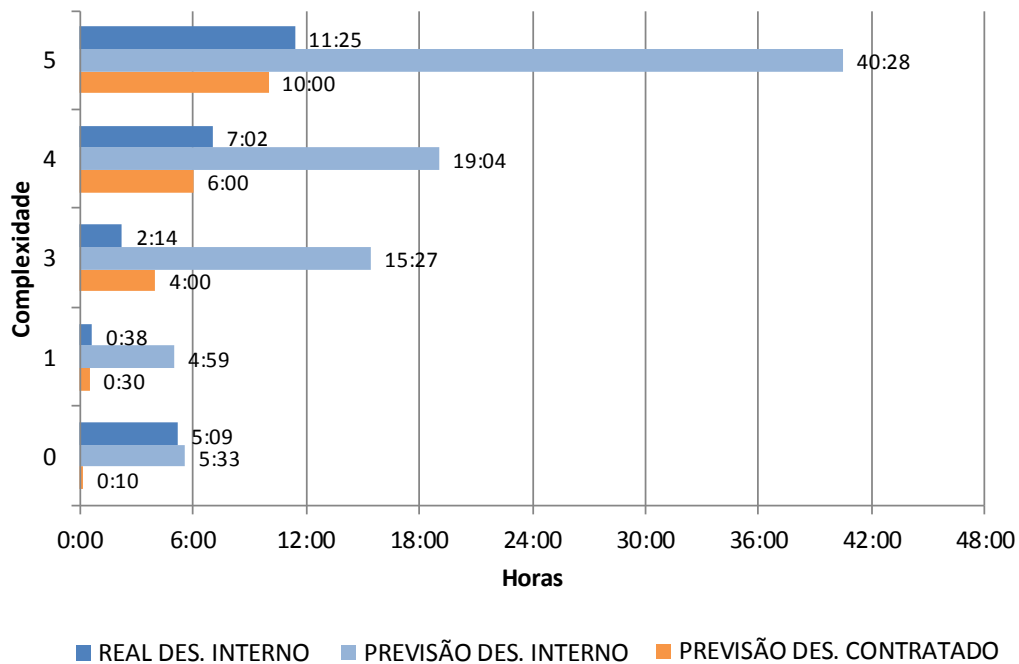
As atividades e produtos concluídos neste processo já nos permitiram obter alguns aprendizados e extrair informações importantes à continuidade da produção da biblioteca.

O primeiro ponto a destacar é o impacto de algumas atividades no planejamento do trabalho. O diagnóstico mais palpável sobre os tempos médios despendidos em cada etapa do processo demonstrou o impacto:

- da revisão técnica dos elementos padronizados no tempo de modelagem de uma família (conforme pode ser visto na figura 12);
- do desenvolvimento dos demais pré-requisitos e do planejamento das atividades de cada pacote, tendo em vista a complexidade de itens como, por exemplo, o processo de codificação e nomenclatura dos componentes e de seus arquivos, e a sua adaptação aos moldes já requeridos pela ABNT, que já demandaram a criação e revisão de documentos e informações que serão utilizados na modelagem da biblioteca e que levou à necessidade de readequação da própria EAP;
- da coleta de informações necessárias à criação do documento de padronização no tempo total de desenvolvimento de cada pacote, embora o conhecimento acumulado na produção dos pré-requisitos tenha embasado parte deste documento. Este item, atrelado ao da revisão técnica, reforça a ideia de que a produção da biblioteca de objetos padronizados tem uma abrangência muito maior do que se podia imaginar.

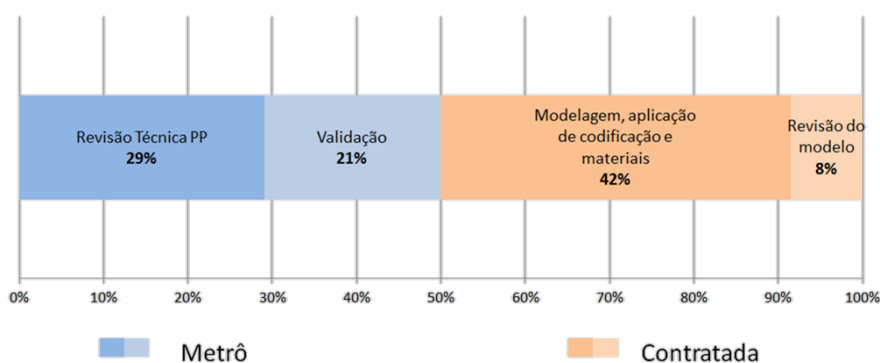
Cumpram-se também que ainda há atividades não iniciadas deste processo e, portanto, não devidamente mensuradas, como a criação da documentação 2D (projetos complementares orientativos e executivos, derivados dos modelos tridimensionais) e da documentação complementar (manuais, fichas, catálogos, etc.), e o retrabalho eventual da complementação das validações dos objetos paramétricos do Pacote 1 e do Pacote de testes, em virtude do fato de que o processo de padronização ainda não está completo a ponto de permitir sua modelagem atendendo a todos os requisitos definidos.

Por outro lado, no que diz respeito ao tempo total dos ciclos de modelagem paramétrica, constatamos uma evolução no desempenho da equipe, particularmente durante a modelagem dos ciclos 1 a 3, resultando em uma redução considerável em relação ao que estava previsto no diagnóstico. Isso significa dizer, dentre outras constatações possíveis, que a curva de maturidade dos técnicos envolvidos teve um crescimento exponencial maior do que o esperado. Tal descoberta trouxe uma perspectiva mais otimista quanto ao cronograma geral, onde se vislumbra uma economia de tempo média da ordem de 30% nos ciclos específicos de modelagem, em relação à previsão inicial, como mostra a figura 11.



**Figura 11 - Comparativo entre tempos estimado e efetivo de apropriação de horas para os ciclos 1 e 3 de modelagem do Pacote 1 da Biblioteca de objetos BIM de arquitetura do Metrô de SP**

De qualquer modo, o primeiro pacote foi importante para subsidiar com maior domínio e assertividade aspectos relativos ao planejamento, modelagem e padronizações, bem como para subsidiar a continuidade dos próximos pacotes e das atividades pendentes complementares. O balanço mais resumido dessas constatações está apresentado sinteticamente na figura 12, onde foi feita uma diferenciação entre atividades executadas pelo Metrô ou por empresa contratada, caso parte da biblioteca ainda seja desenvolvida externamente.



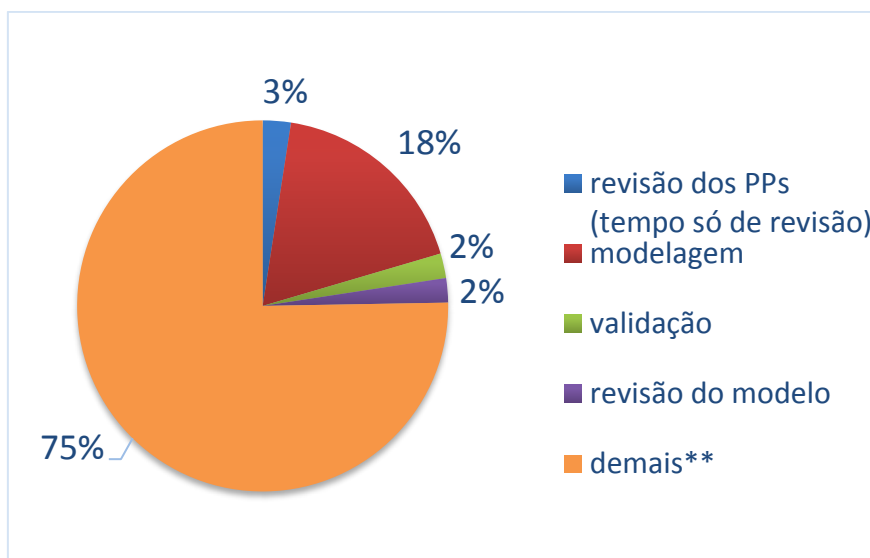
**Figura 12 – Proporção da apropriação de tempo por objeto modelado, incluindo-se a etapa de revisão técnica preliminar do projeto padronizado.**

O segundo pacote prioritário de modelagem, iniciado em 2018, também já permitiu algumas constatações e lições aprendidas. Nesse caso, particularmente, notou-se com maior intensidade o impacto das atividades externas à produção da biblioteca no andamento do processo. Como consequência disso, pode-se dizer que a dedicação de tempo a atividades

não computadas no planejamento da equipe (tempo em que seus membros permanecem fora do processo, somado ao tempo de reincorporação ao mesmo) gera reflexos também importantes no cronograma calculado. E, a depender do tempo de afastamento de um membro ou mais do processo, ou mesmo em caso de rodízio de participantes entre os técnicos envolvidos, há também risco de lentidão na aquisição de expertise e maturidade de modelagem, o que afeta não só cronograma como também o adequado registro dos aprendizados, padrões estabelecidos e melhores práticas. Em que pese isso ser um risco já calculado, a experiência serve para se repensar como gerir um cenário de apropriação de horas que não se pode prever, em virtude do planejamento hierárquico da empresa.

No entanto há um lado bastante positivo que se depreendeu do processo acumulado até o momento, que diz respeito ao fato de que a padronização dos procedimentos e regras, bem como o aumento da proporção de famílias derivadas de outras nos pacotes subsequentes, tendem a resultar em um ganho futuro em termos de tempo de produção.

Vale lembrar também que, ao longo do tempo, mesmo considerando os problemas relativos às possibilidades de apropriação de horas da equipe, há a possibilidade de ganho de tempo líquido em virtude do término paulatino das atividades relativas aos Pré-requisitos, sobretudo da finalização do documento de padronização.



**Figura 13 - Balanço do tempo apropriado pela equipe até junho/2018**

Cumpra apenas salientar, ainda que, se o cenário médio de apropriação de horas apresentados na figura 13 se mantiver, em virtude da realidade das demandas do Departamento de Arquitetura (atuais e projetadas), o cronograma para a produção poderá resultar, mesmo com os ganhos de maturidade da equipe, em uma extensão da previsão inicial. Estima-se, considerando produção plena por pelo menos duas pessoas em tempo integral (que é a média de dedicação efetiva, ajustada a partir da experiência acumulada), um período superior a três meses, mesmo com todos os percalços, para término dos pacotes 2 e 3, permitindo assim, junto com o pacote 1, a disponibilização dos 175 objetos paramétricos que irão compor uma biblioteca parcial do Metrô para futuros contratos em BIM. Para que toda a biblioteca fique pronta, considerando o mesmo cenário e a modelagem dos objetos de Comunicação Visual, o tempo remanescente ainda é de 8 meses.

## CONCLUSÕES

Os resultados iniciais demonstraram que o processo de criação da biblioteca de objetos parametrizados envolve simultaneamente uma evolução da curva de maturidade da equipe envolvida no que diz respeito à abordagem da modelagem paramétrica e compreensão de sua relação com os projetos, às especificações e à sua aplicabilidade na obra, o que torna sua mensuração algo muito mais complexo do que o esperado. Nesse sentido, a padronização almejada desempenha papel fundamental para a produção de um conjunto de informações consistentes a serem operadas nos procedimentos BIM, permitindo boas práticas de desenvolvimento e gestão dos projetos, e nivelamento do desempenho e identidade dos objetos concebidos.

Em pouco tempo esta biblioteca poderá ser utilizada em projetos BIM de obras públicas para o Metrô de São Paulo, permitindo que a Companhia usufrua das vantagens e ganhos possibilitados em termos de produtividade, controle e otimização em projetos e obras e contribua para o avanço e disseminação do BIM no Brasil, através das informações e aprendizados construídos ao longo do desenvolvimento dos documentos e da biblioteca em si.

Para o futuro, há inúmeros caminhos possíveis. É possível que o cenário de dedicação exclusiva da equipe seja alterado em virtude do planejamento estratégico, o que poderia impactar a gerência de projeto. De qualquer forma, mesmo com uma possível contratação externa dos pacotes de modelagem, pode-se dizer que o departamento de arquitetura já

reúne condições e estofo crítico para analisar e validar a biblioteca em consonância com as regulamentações já iniciadas por empresas e órgãos nacionais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *MAN 10-201* - Elaboração e fornecimento da documentação técnica de engenharia civil, arquitetura, geotecnia, topografia, desapropriações e via permanente.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *MAN 10-203* - Diretrizes para desenvolvimento de projetos BIM.

Fascículo 1 - *Estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM*. Coletânea Guias AsBEA Boas Práticas em BIM. São Paulo: GT BIM AsBEA, 2013.

Fascículo 2 - *Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução*. Coletânea Guias AsBEA Boas Práticas em BIM. São Paulo: GT BIM AsBEA, 2015.

Guia 1 - *Processo de Projeto BIM*. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2017.

MAINARDI NETO, Antônio Ivo de Barros. *O BIM chegou à primeira estação: Ponte Grande*. São Paulo: AEAMESP, 2015.