



26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

FLUXO DE TRABALHO PARA ORÇAMENTAÇÃO EM BIM DE OBRAS RODOVIÁRIAS

*Paulo Alberto Sampaio Santos¹; Matheus Lima de Barros¹; Melissa Midori Yamada²
& José Vinícius Silva Martins³*

RESUMO

O processo de quantificação e orçamentação de projetos de engenharia pode ser otimizado com a adoção da Modelagem da Informação da Construção (BIM). Obras rodoviárias são constituídas de diversas disciplinas, onde a extração das quantidades do modelo de forma automatizada facilita a elaboração de orçamentos. Esta pesquisa busca desenvolver um fluxo de trabalho para quantificação e orçamentação em BIM com o mapeamento das informações necessárias para pavimentação e terraplenagem. Dessa forma, foi proposto um fluxo de trabalho com as etapas: i) definição dos requisitos para orçamento; ii) modelagem do estudo de caso; iii) extração de quantidades; iv) elaboração do orçamento em BIM. A modelagem do estudo de caso foi realizada no Autodesk Civil 3D com a configuração personalizada de conjuntos de propriedades. Os quantitativos de terraplenagem foram extraídos do modelo como relatórios por seção. O serviço de limpeza do terreno foi quantificado com o deslocamento da superfície existente. As distâncias de transporte foram estimadas com base em jazidas próximas da obra. As camadas de pavimentação foram quantificadas pelo Civil 3D conforme os códigos das camadas. Os dados foram importados na plataforma OrçaFascio, o que possibilitou o mapeamento das informações necessárias do modelo. Foram notadas dificuldades na avaliação da acurácia geométrica dos modelos e na extração automática de quantitativos, o que exige padronização de dados. Os resultados obtidos evidenciam a importância da definição de requisitos, de forma que o modelo seja elaborado atendendo os padrões e os formatos das ferramentas de orçamentação. Recomenda-se a modelagem em outras soluções do mercado, além da adoção de formatos abertos e de rotinas para tornar o processo mais dinâmico.

PALAVRAS-CHAVE: Quantificação, Orçamento; Modelagem da Informação da Construção (BIM).

ABSTRACT

The process of quantifying and cost estimating in engineering projects can be optimized by adopting Building Information Modeling (BIM). Road construction projects encompass various disciplines, where automated extraction of quantities from the model facilitates cost estimation. This research aims to develop a workflow for quantification and cost estimation in BIM by mapping the necessary information for paving and earthworks. Thus, a workflow was proposed with the following stages: i) definition of the cost estimation requirements; ii) modeling the case study; iii) quantity take-off process; iv) BIM cost estimation. The case study modeling was conducted in Autodesk Civil 3D with customized property set configurations. The earthworks quantities were extracted from the model as reports by section. The land clearing service was quantified using the displacement of the existing surface. Transportation distances were estimated based on quarries close to the site. The paving layers were quantified by Civil 3D according to the cross-section shape codes. The data was imported into the OrçaFascio platform, which enabled the necessary information to be mapped onto the model. Difficulties were noted in assessing the geometric accuracy of the models and in the automatic extraction of quantities, which requires data standardization. The results obtained highlight the importance of defining requirements so that the model is prepared in accordance with the standards and formats of cost estimating tools. Modeling in other market solutions is recommended, as well as the adoption of open formats and routines to make the process more dynamic.

KEY WORDS: Quantity TakeOff, Cost Estimation; Building Information Modeling (BIM).

¹ Universidade de Brasília, e-mail: pauloengcsantos@gmail.com; matheuslb.eng@gmail.com

² TPF Engenharia, e-mail: melissa.yamada@tpfe.com.br

³ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, e-mail: contato.jvsmartins@gmail.com



INTRODUÇÃO

O setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) está em processo acelerado de transformação no contexto da Indústria 4.0. Estas mudanças são impulsionadas pela adoção da Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modelling* (BIM), abordagem colaborativa para gestão da informação de projetos e obras.

No ciclo de vida do empreendimento, a fase de quantificação para elaboração de orçamentos é uma tarefa complexa com desafios e obstáculos, além de ser ponto decisivo para um bom planejamento da obra. Em um fluxo de trabalho tradicional, cabe ao profissional orçamentista a determinação dos serviços a serem orçados e as quantidades necessárias a serem extraídas do projeto. A falta de comunicação e de padronização nas entregas das informações dificulta esse processo, o que é evidenciado pela quantidade de retrabalhos e tarefas manuais.

Nesse sentido, um fluxo de trabalho BIM pode trazer benefícios para a elaboração de orçamentos com a definição clara de requisitos de entregas, comunicação efetiva entre equipes e extrações automatizadas de quantidades. A utilização de uma ferramenta BIM permite a configuração de parâmetros de objetos e suas dimensões, de modo que relatórios e planilhas de quantidades podem ser extraídos diretamente dos modelos digitais gerados.

Obras rodoviárias são constituídas de diversas disciplinas, e a que representa, de modo geral, um dos maiores custos de execução, é o item de camadas de pavimentação e de terraplenagem. A obtenção e a atualização dos quantitativos com o uso do BIM possibilita uma estimativa de custos mais precisa, com a identificação antecipada de itens mais relevantes.

Esta pesquisa busca desenvolver um fluxo de trabalho para quantificação e orçamentação em BIM com ênfase nas disciplinas de pavimentação e terraplenagem. Para isso, foram estabelecidos os níveis de informação dos elementos a serem modelados e a validação por meio de um estudo de caso, de forma a responder as seguintes perguntas de pesquisa:

- Como as ferramentas BIM podem facilitar a extração de quantidades no caso investigado?
- Quais são as informações necessárias para permitir a automatização destas quantidades que devem ser especificadas além daquelas extraídas diretamente do modelo?

BIM APLICADO A INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

Segundo o Decreto Federal nº 11.888 de 22 de janeiro de 2024, BIM pode ser entendido como o conjunto integrado de processos e tecnologias que possibilita a criação, a utilização, a atualização e o compartilhamento de modelos digitais de construções de maneira colaborativa. Os agentes envolvidos com o empreendimento podem colaborar com as informações do modelo em ambientes de nuvem, potencializando a comunicação ao longo do ciclo de vida (BRASIL, 2024).

No contexto brasileiro, iniciativas para disseminação do BIM para infraestrutura rodoviária foram realizadas por entidades da administração pública com destaque para o Caderno de Requisitos Técnicos BIM do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e o Caderno BIM do Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DNIT, 2024; DER/PR, 2023).

Esses materiais foram elaborados com base na série de normas ABNT NBR ISO 19650, no qual apresentam recomendações para a gestão de informação com o uso do BIM no ciclo de vida de empreendimentos de qualquer natureza. Em ambos os casos, considera-se a definição de requisitos de informação, estudo dos fluxos de trabalho BIM e a construção de um Plano de Execução BIM



(BEP), de modo a nortear o planejamento, o desenvolvimento e o acompanhamento dos trabalhos. Nesse sentido, ressalta-se a importância da definição dos usos pretendidos para os modelos.

De acordo com o *BIM Project Execution Planning Guide* versão 3, um dos usos de modelos na abordagem BIM é a estimativa de custos (MESSNER *et al.*, 2021). Os benefícios citados pelos autores do uso BIM de estimativa de custos são diversos, incluindo a facilidade de extração de quantitativos, avaliação de custos comparativos de alternativas, e principalmente, uma vez que esse processo esteja automatizado, trazer os orçamentistas para as atividades que agregam mais valor, como a discussão de metodologias de construção e de análises de risco.

ORÇAMENTAÇÃO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

A elaboração de orçamentos envolve atividades como a extração de quantitativos, definições de equipamentos, materiais e mão-de-obra e a identificação de serviços adequados ao contexto do projeto. Para obras de infraestrutura rodoviária no Brasil, comumente adota-se o Sistema de Custos de Obras Rodoviárias (SICRO) do DNIT. A base do SICRO é amplamente utilizada devido às atualizações constantes para considerar a evolução tecnológica de equipamentos e de soluções de engenharia. O aprimoramento contínuo e as pesquisas de preço nas Unidades Federativas contribuem para uma maior confiabilidade dos orçamentos (DNIT, 2017).

Na aplicação do BIM para estimativa de custos em obras de infraestrutura, destacam-se experiências prévias que atestam a falta de padronização e de informações necessárias nos modelos. Dessa forma, a definição de requisitos de informação e do Nível de Informação Necessária (LOIN) dos elementos são evidenciadas para se evitar orçamentos inapropriados (ABNT, 2022). Ainda, existem as dificuldades na exportação de objetos de infraestrutura em formatos abertos, como o *Industry Foundation Classes* (IFC). Limitação essa observada em ferramentas de modelagem a partir de análises consistência de informações dos modelos (BELCHER; ABRAHAM, 2023).

ETAPAS METODOLÓGICAS

As etapas metodológicas que orientaram o desenvolvimento do trabalho serão descritas nos tópicos a seguir.

i) Definição dos Requisitos para Orçamento

Os requisitos para os elementos das disciplinas de pavimentação e terraplenagem foram definidos conforme as orientações dos cadernos técnicos do SICRO, no qual detalham a metodologia executiva, produção horária, mão de obra, materiais e critérios de medição para cada composição de custo (DNIT, 2024). Movimentações de terra e camadas típicas de pavimentos flexíveis foram especificadas de forma a orientar a elaboração e inserção de informações em modelos tridimensionais, conforme as etapas subsequentes.

ii) Modelagem BIM do Estudo de Caso

Para validação dos requisitos definidos para os elementos, foi proposta a modelagem BIM de um estudo de caso hipotético de um retorno em desnível na PR-182, próximo a Realeza, Paraná (MARTINS; SANTOS; BARROS, 2024).



Pela facilidade ao acesso de licenças e material de suporte, o software adotado para a modelagem foi o Autodesk Civil 3D com objetos do tipo corredor. A plataforma OrçaFascio foi escolhida para orçamentação, devido a integração automatizada com modelos BIM, proporcionando precisão, visualização 3D e colaboração aprimorada entre o Civil 3D. A ferramenta ArcGIS Pro também foi empregada para os estudos de distâncias de transportes de jazidas e bota-foras na região do estudo de caso.

O modelo está apresentado na Figura 1, com vistas gerais do retorno em desnível e detalhes das disciplinas. Os procedimentos adotados para modelagem podem ser consultados em Martins; Santos e Barros (2024).

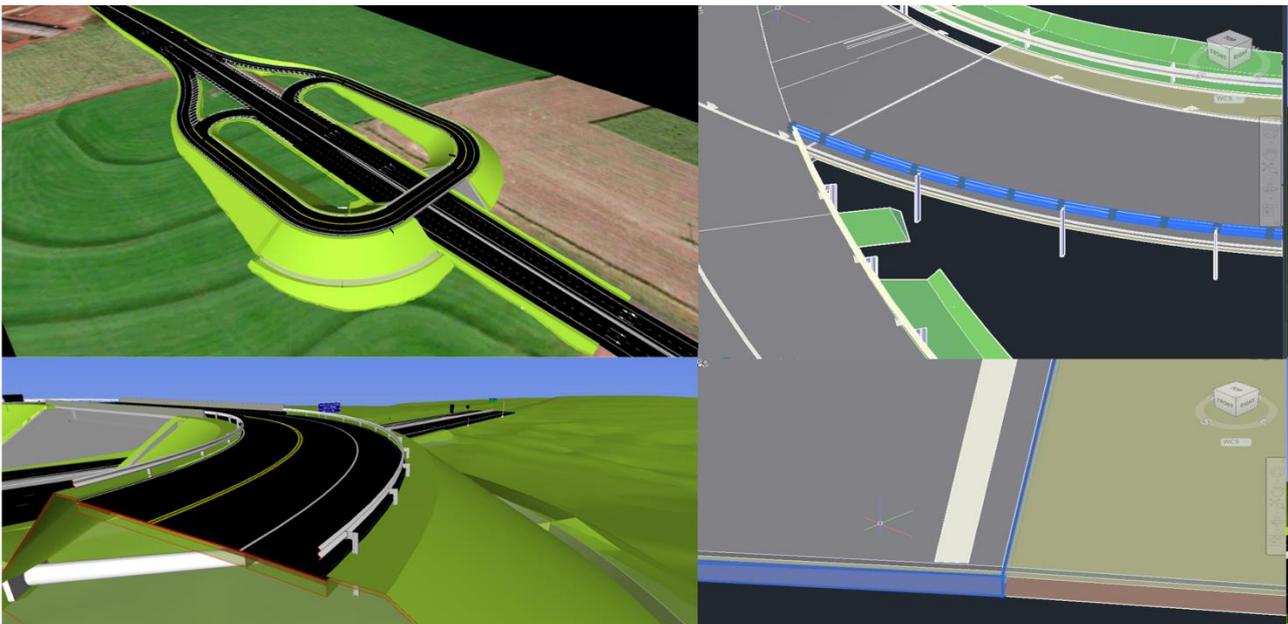


Figura 1. Modelo BIM do Estudo de Caso. (Martins; Santos; Barros, 2024)

iii) Processo de Extração de Quantidades

A integração do *software* Civil 3D com a plataforma OrçaFascio para a extração de quantidades do modelo foi realizada pela geração de relatórios em formato .xml com a função *Compute Materials*. A manipulação de arquivos nativos .dwg também foi empregada, visto que podem conter informações não geométricas, como materiais de construção e planejamento pré-definido para cada atividade, conforme os itens do SICRO.

A configuração personalizada de conjuntos de propriedades (*Property Sets*) no Civil 3D foi utilizada para a inclusão precisa de propriedades e parâmetros em elementos do modelo. Com isso, garante-se que todos os dados relevantes sejam considerados e gerados conforme as necessidades específicas do projeto. O IFC 4x3, aprovado como o padrão a ser utilizado, pela *buildingSMART*, foi publicado na atualização da ISO 16739-1:2024. O IFC 4x3 seria uma alternativa aos conjuntos de propriedades do Civil 3D, de forma a facilitar o compartilhamento das informações para orçamentação do modelo em outras ferramentas.



O IFC 4x3 é uma novidade recente, onde cabe destacar que no momento da elaboração desse trabalho, o *software* escolhido para a elaboração do orçamento não reconhece as informações contidas nessa versão de IFC. Além disso, em versões anteriores, como IFC 2.3 e o IFC 4, o mapeamento poderia ser insuficiente para a documentação das propriedades de filtros ou a própria entidade de modelo, por não abrangerem amplamente as disciplinas de infraestrutura. Considerando que o Civil 3D permite a integração com a maioria dos *softwares* de orçamentação disponíveis no mercado, optou-se por continuar a pesquisa com esta ferramenta.

iv) Elaboração do Orçamento em BIM

A base de custos adotada no trabalho foi o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). A utilização do SICRO em orçamentos para obras públicas de infraestrutura, está embasada na legislação federal Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, que estabelece normas gerais para contratações em obras financiadas com recursos públicos federais.

A plataforma escolhida para orçamento, OrçaFascio, oferece facilidade de uso para o SICRO. A plataforma possibilita o compartilhamento dos cálculos e análises detalhadas de projetos do Civil 3D, de forma automatizada. A leitura das extrações de quantidades do Civil 3D nos formatos .xml e .dwg alimenta a geração de relatórios de orçamento de forma eficiente.

Dessa maneira, os custos foram atribuídos com a atualização dinâmica dos cálculos, com base em regras de filtragem. A partir do processo, as informações necessárias dos elementos (LOIN) foram mapeadas a partir das informações necessárias solicitadas pelo *software* OrçaFascio, de modo a atender os critérios de orçamento que eram lidos nos elementos. Para cada grupo de serviço, identificou-se que a ferramenta necessitava de formatos diferentes. Para serviços relacionados às camadas de pavimento e alinhamento do eixo da rodovia, o OrçaFascio conseguia reconhecer diretamente a informação presente nos elementos modelados do Civil 3D. Para serviços de corte e aterro foi necessária a criação de um relatório personalizado, a partir de linguagem de marcação .xml na ferramenta Civil 3D, com uma forma de indexação hierárquica de informações e composições de de atributos por texto. Na Tabela 1 indicam-se os formatos de relatório para os grupos de elementos considerados.

Tabela 1. Formato necessário para cada Grupo de Elementos.

Grupo de Elementos	Formato de arquivo necessário
Serviços relacionados às camadas de pavimento do corredor e aos dados do alinhamento do eixo da rodovia	.dwg
Serviços de corte e aterro	.xml

RESULTADOS E DISCUSSÃO

i) Requisitos dos Elementos do Modelo BIM

Por meio da Tabela 2, sugere-se a aplicação do LOIN indicado pela ABNT NBR ISO 19650: Parte 1 para facilitar o processo de orçamentação automatizado em todas as fases do projeto e casos de uso



BIM. A tabela detalha o resultado das informações necessárias para a orçamentação em projetos de construção de rodovias no fluxo de trabalho proposto de modelagem.

A partir dos cadernos técnicos do SICRO, foram estabelecidos os requisitos de informação para elementos típicos das disciplinas de terraplenagem e pavimentação. A tabela também especifica os requisitos estruturados do Civil 3D para importação na plataforma de orçamento OrçaFascio. Os formatos das informações também foram especificados, para facilitar a integração entre as ferramentas em futuras aplicações.

A análise das metodologias executivas e critérios de medição dos cadernos técnicos do SICRO apontaram especificações necessárias não modeladas, como grau de compactação e tipos de materiais. O processo de extração de quantidades facilita a obtenção de comprimentos, áreas e volumes dos elementos tridimensionais. Para as especificações não modeladas, enfatiza-se a importância da sua definição para a precisão do orçamento realizado, nos quais podem ser enviadas em arquivos externos ao modelo ou diretamente em propriedades customizadas dos elementos.

Tabela 2. Especificação do mapeamento de informações para orçamentação BIM em obras rodoviárias.

Descrição do serviço	Unid.	Requisitos de Informação no fluxo Autodesk Civil 3D e OrçaFascio (Adaptada de DNIT, 2024)	Atividades a serem desenvolvidas	Formato
Desmatamento, Destocamento, Limpeza de Áreas e Estocagem	m ²	Recorte da superfície, delimitada pela faixa de domínio	Criação de superfície representativa	.dwg
Bota-fora de material de camada vegetal	m ³	Recorte da superfície, especificando espessura de rebaixo e delimitada pela faixa de domínio	Criação de superfície representativa Advindo de Dados SIG Necessária criação de automatização de relatórios no <i>software</i>	.xml
Escavação e Carga	m ³	Classificação de Solo, por informações SIG ou entradas de dados geológicos-geotécnicos. Criação de superfícies em camadas classificadas, com a extensão <i>Geotechnical Modeler</i> Relatório de quantidades (QTO)	Criação de superfície representativa; Necessária criação de automatização de relatórios no <i>software</i>	.xml
Transporte de materiais	t.km	Inclusão de informações SIG no modelo	Advindo de dados SIG de locação de jazidas	.dwg
Sub-leito	m ³	Configuração da camada de pavimento pelo <i>subassembly</i> Informar grau de compactação	Criação de superfície representativa; Necessária criação de automatização de relatórios no <i>software</i>	.dwg
Sub-base	m ³	Configuração da camada de pavimento pelo <i>subassembly</i> Informar grau de compactação		.xml
Base		Necessário informar o material de mistura, para distribuição das tensões verticais do pavimento Inclusão de informações SIG no modelo		.xml



Descrição do serviço	Unid.	Requisitos de Informação no fluxo Autodesk Civil 3D e OrçaFascio (Adaptada de DNIT, 2024)	Atividades a serem desenvolvidas	Formato
Transporte de Carga	km	Inclusão de informações SIG de Jazida no modelo	Criação de <i>Corridor</i> representativo para atribuição de relatórios de corte e aterro	.xml
Imprimação	m ²	Configuração da camada de pavimento pelo subassembly Especificar imprimante	Criação de <i>Corridor</i> Representativo para atribuição de <i>Code Sets</i> nos elementos;	.dwg
Pintura de ligação	m ²	Configuração da camada de pavimento pelo <i>subassembly</i> Especificar ligante asfáltico	Necessária criação de propriedades adicionais;	.dwg
Cimento Asfáltico de Petróleo	m ³	Cálculo de volume a partir do <i>subassembly</i> do revestimento		.dwg
Revestimento asfáltico	m ³	Configuração da camada de pavimento pelo <i>subassembly</i>	Criação de <i>Corridor</i> Representativo para atribuição de <i>Code Sets</i> nos elementos;	.dwg
Tratamento Superficial (Simples, Duplo e Triplo)	m ³	Taxa de agregado	Necessária criação de propriedades adicionais;	.dwg
Lama Asfáltica, Micro-revestimento a Frio e Pré-Misturado a Frio	m ³	Informar Faixa Granulométrica Informar taxa de cal hidratada Especificar agregado Informar taxa de agregado		.dwg

Nos itens a seguir, serão descritas a extrações de quantitativos dos serviços realizadas conforme a Tabela 2, de modo a elucidar facilidades e limitações observadas no fluxo de trabalho proposto.

ii) Extração de Serviços de Terraplenagem

Os resultados dos serviços de terraplenagem foram obtidos de relatório personalizado, a partir de linguagem de marcação .xml, na ferramenta Civil 3D. Na Figura 2 apresentam-se os relatórios gerados de forma automatizada com a função *Compute Materials* do Civil 3D.

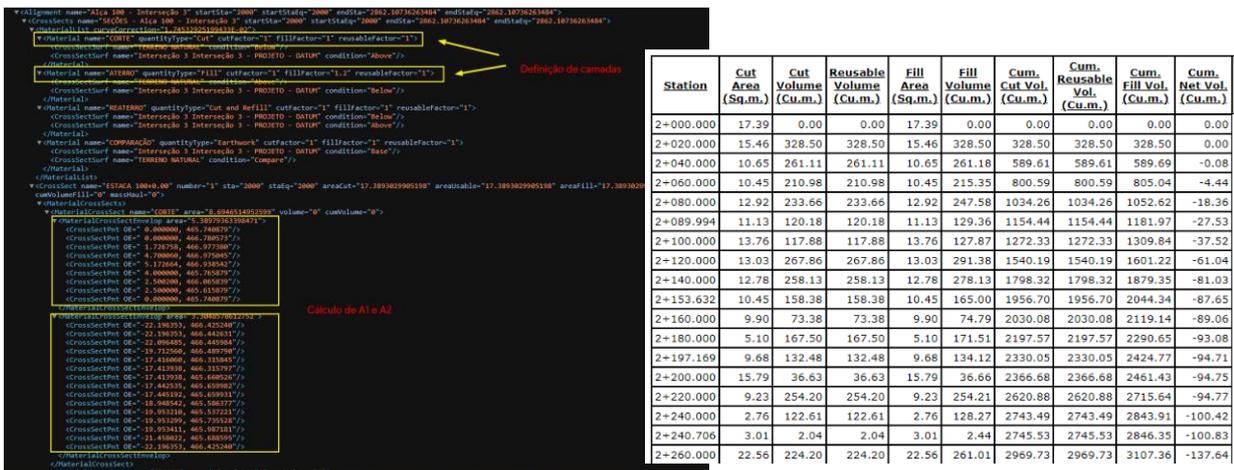


Figura 2. Relatório de Corte e Aterro exportado do Autodesk Civil 3D.



Essa ferramenta cria uma lista de materiais com superfícies e áreas de seções para calcular volumes. É necessário mapear os materiais a partir da propriedade *Alignment Name*, as camadas de superfícies e camadas do corredor.

O relatório de quantidades no formato XML foi importado na plataforma OrçaFascio. Para as demais camadas de pavimento, todos os relatórios gerados a partir da função *Compute Materials* seguiram a separação por alinhamento. Portanto, listas de materiais separadas foram criadas para o eixo da rodovia, o viaduto e as abas de ligação.

No Civil 3D, o método da área média final calcula volumes entre estacas somando as áreas de material nas estacas adjacentes, dividindo por dois para obter a média das áreas, e multiplicando pelo comprimento entre as estacas (L). O processo analítico do cálculo das áreas das seções transversais, bem como o posterior relatório de cubação dos volumes, é base de cálculo para a padronização de projetos rodoviários de contratações federais, e são especificados em De Cerqueira (1985). Esse cálculo é repetido para todas as estacas ao longo do projeto para calcular o volume total e pode ser resumido pela Equação (1) a seguir:

$$V = \frac{L}{2}[A_1 + A_2] \quad (1)$$

Sendo:

V = Volume [m^3];

L = Distância entre estacas [m];

A = Área da seção transversal [m^2].

iii) Serviços de Desmatamento, Destocamento, Limpeza de Áreas e Estocagem

A superfície de limpeza superficial foi criada com a ferramenta *Raise/Lower Surface* ao inserir um valor negativo de 30 cm para a camada de escavação. Isso gerou uma cópia da superfície existente do terreno, representando a espessura necessária para quantificação do serviço. Esta espessura de camada adicional está representada na Figura 3, a partir da extração de um perfil vertical de elevação do terreno.

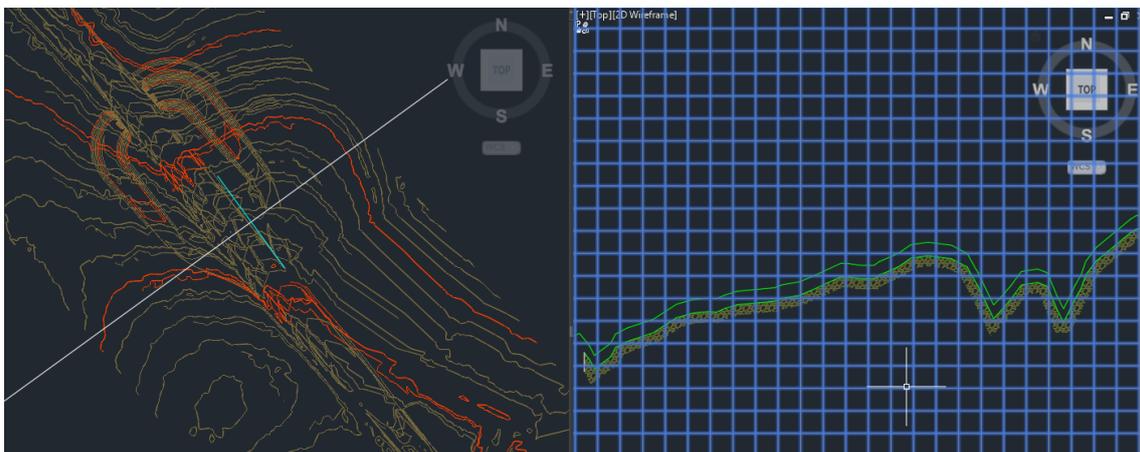


Figura 3. Sobreposição do recorte da superfície de Limpeza Superficial e o Perfil Vertical.



iv) Serviços de Transportes de Carga

No caso dos serviços de terraplenagem, o estudo da compensação de terra entre cortes e aterros deve ser considerado na orçamentação. Essa etapa está relacionada com o conhecimento técnico do projetista e geralmente não é automatizada. As composições de custos do transporte são determinadas pelo tipo de equipamento e pelas condições do pavimento, como rodovias pavimentadas, revestimentos primários e leito natural. Despesas operacionais, como pedágios e tempo de viagem, também devem ser considerados.

A avaliação das distâncias de transportes de materiais pode ser realizada e simulada por meio de dados do Sistema de Informação Geográfica de Mineração (SIGMINE), no qual possibilita adicionar áreas de jazidas e de exploração de minérios próximas à obra de forma georreferenciada em SIG (Sistema de Informação Geográfica, ou do inglês, GIS), o que facilita o cálculo da logística de transporte (ANM, 2024). Na Figura 4 apresentam-se todas as jazidas locais próximas ao local da obra do estudo de caso e que serviram de ajuda para o orçamento na ferramenta ArcGIS Pro utilizada no fluxo de trabalho proposto.



Figura 4. Localização de jazidas para transporte de cargas no ArcGIS Pro.

v) Serviços de Camadas de Suporte do Pavimento e Revestimento Asfáltico

O modelo de corredor no Civil 3D é representado por seções transversais de rodovias em estacas predeterminadas, com linhas longitudinais conectando pontos entre camadas, denominadas *Code Shapes*. Esses códigos são parte integrante da definição de *assemblies* (montagens) e *subassemblies* (submontagens) de elementos no Civil 3D, que são usados para criar modelos detalhados e precisos de corredores, a partir de um alinhamento. De um modo geral, esta forma de denominação define a informação dos materiais utilizados nas camadas da seção em modelos de corredores e, portanto, são a partida inicial para permitir o compartilhamento de dados.



Para a automação da extração de quantitativos, torna-se necessário definir os *Code Shapes*, e atribuí-las a um estilo de conjunto de informações, que na Figura 5 são representados por rótulos numérico. Para o estudo de caso, a seção-tipo e parte das informações necessárias estão representadas no esquema da Figura 5.

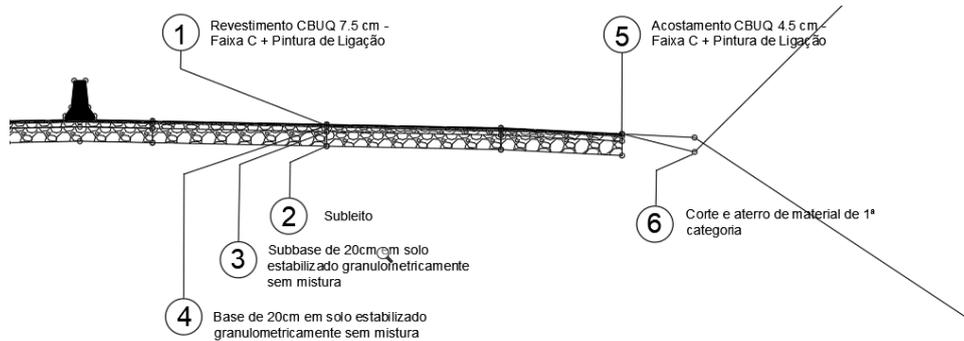


Figura 5. Seção tipo do estudo de caso.

Ao atribuir *Code Shapes* em *assemblies* e *subassemblies*, o *software* entende que estas ligações de informação estão relacionadas aos elementos de projeto, e, portanto, possibilita calcular volumes dos materiais necessários para orçamentação. Como resultado, o OrçaFascio conseguiu reconhecer de forma automatizada todas as informações referentes ao alinhamento, sejam elas de todas as camadas do pavimento, modelados do Civil 3D.

vi) Processo de Orçamentação

Ao escolher as estacas de cálculo de cada serviço, a plataforma OrçaFascio lê as informações do arquivo dwg e calcula automaticamente o volume do quantitativo adequado. Para movimentações de terra, não foi necessário adicionar empolamento, pois este coeficiente já estava incluso previamente nas configurações de parâmetro de terraplenagem do Civil 3D. Desta forma, todo cálculo de volume que o Civil 3D compartilhar, já é incluso o empolamento. Na Figura 6 apresentam-se os resultados da extração automatizada dos volumes de terraplenagem, a partir das janelas de diálogo do *software*.

UND	QUANT.	VALOR UNIT	VALOR COM BDI	TOTAL
	1,00		14.457,25	14.457,25
/2020 m³	3.517,5812571	4,11	4,11	14.457,25
Total sem BDI				R\$ 14.457,25
Total do BDI				R\$ 0,00
TOTAL				R\$ 14.457,25

Figura 6. Fluxo de quantificação automatizada no OrçaFascio.



O reconhecimento automático das informações de quantidades foi um desafio identificado no processo de orçamentação. Não foi possível avaliar a acurácia geométrica dos modelos quantificados, o que pode afetar os custos de cada serviço. As informações referentes ao volume de terraplenagem são atribuídas automaticamente pelo Civil 3D, calculados a partir da Equação 1. No Civil 3D, você pode configurar parâmetros específicos para a terraplenagem, como inclinações máximas e mínimas, cortes e aterros máximos, e estes dados servem de atribuição para o cálculo automatizado dos volumes. Porém, em modelos BIM, é necessária uma verificação da precisão da modelagem, a partir de ferramentas de detecção de potenciais conflitos ou interferências entre elementos de um projeto, processo denominado *clash detection*.

Além da precisão geométrica, é importante discutir a extensão detalhada das informações, tanto aquelas relacionadas à geometria quanto às não geométricas, ao longo das fases de projeto. mapeamento das propriedades pode não ser eficaz nas fases iniciais devido à necessidade de filtros de informações na plataforma OrçaFascio, os quais possivelmente não foram criados ou não há detalhamento suficiente para os serviços correspondentes. Por exemplo, nas fases iniciais do projeto, basta conhecer os comprimentos de eixos rodoviários, pontes e túneis. No projeto detalhado, por sua vez, é necessário considerar diversas unidades de medida e propriedades dos materiais e dimensões.

CONCLUSÃO

O estudo de orçamentação de obra rodoviária destaca áreas para melhorar a definição de requisitos de informação da norma ABNT NBR ISO 19650. A análise das metodologias do SICRO identificou a necessidade de especificar detalhes não modelados, como grau de compactação e tipos de materiais, fundamentais para a precisão do orçamento. Dessa forma, a etapa de definição de requisitos e como seriam mapeados no fluxo BIM se demonstrou mais trabalhosa e minuciosa no processo de orçamentação apresentado. Este fator destaca ainda mais a importância da especificação precisa das informações não geométricas em conformidade com o LOIN do projeto.

A extração de quantidades a partir do LOIN facilitou a medição de elementos tridimensionais, possibilitando o envio dessas especificações em arquivos externos (como .xml) ou a integração às propriedades dos elementos (em formato .dwg). O estudo identificou desafios na extração automática de quantidades, não sendo possível verificar se os cálculos de volumes de terraplenagem foram precisos em relação aos dados extraídos pelo *software*, sugerindo a necessidade de pesquisas futuras para aprimorar essa avaliação.

Os requisitos apresentados podem não ser adequados nas fases iniciais do projeto devido à falta de filtros específicos na plataforma de orçamentação, todavia, no projeto detalhado, são necessários diversos dados, como unidades de medida, propriedades dos materiais e dimensões. Dessa forma, a contribuição desta pesquisa com as informações necessárias para orçamentação ajuda a mitigar dificuldades e retrabalhos no caso das disciplinas de pavimentação e terraplenagem.

Como sugestão para futuras pesquisas, seria interessante avaliar outras soluções de modelagem como o OpenRoads (Bentley), o Istram (Buhodra) e o Roads (Sierrasoft) utilizando o mesmo fluxo e as especificações da Tabela 2. Isso permitiria analisar a efetividade de outras ferramentas de mercado e do fluxo de mapeamento das informações proposto nesta pesquisa. Além disso, a interoperabilidade entre projetistas pode ser facilitada por formatos OpenBIM, como o IFC. A adoção de formatos abertos incentiva o desenvolvimento de ferramentas não proprietárias, melhorando a precisão e automação do orçamento em BIM.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 19650-1: Organização da informação acerca de trabalhos da construção – Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro, 2022.

ANM, Agência Nacional de Mineração. SIGMINE – Sistema de Informação Geográfica da Mineração. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em maio de 2024.

BELCHER, Ethan J.; ABRAHAM, Yewande S. Lifecycle Applications of Building Information Modeling for Transportation Infrastructure Projects. Buildings, v. 13, n. 9, p. 2300, 2023.

BRASIL. Decreto Federal Nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modeling - BIM BR. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2024.

DE CERQUEIRA, Francisco Carvalho. Programa para o cálculo de volumes de terraplenagem dos projetos de estradas. Revista Tecnologia, v. 6, n. 1, 1985.

DER, Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. Plano de Execução BIM do DER/PR. Curitiba, 2023.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Cadernos Técnicos do SICRO. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Brasília, 2024.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. Volume 01: Metodologia e Conceitos. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Brasília, 2017.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. CRTBIM: Caderno de Requisitos Técnicos BIM do DNIT. Versão 1.0. Núcleo BIM. Departamento de Planejamento e Pesquisa. Brasília, 2024.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. VGeo – Visualizador de Dados do DNITGeo. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>. Acesso em maio de 2024.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produtos de Geociências. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>. Acesso em maio de 2024.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. SIGEF – Sistema de Gestão Fundiária. Disponível em: <https://sigef.incra.gov.br/>. Acesso em maio de 2024.

ISO, International Organization for Standardization. ISO 16739-1: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Part 1: Data schema. 2024.

MARTINS, José Vinícius Silva; SANTOS, Paulo Alberto Sampaio; BARROS, Matheus Lima de. Gerenciamento e Planejamento de Projetos de Infraestrutura Rodoviária em BIM com o foco na gestão de produção e interação de ativos. 5º Congresso Português de Building Information Modeling – PTBIM. Lisboa, 2024.

MESSNER, John; ANUMBA, Chimay; DUBLER, Craig; GOODMAN, Shane; KASPRZAK, Colleen; KREIDER, Ralph; LEICHT, Robert; SALUJA, Chitwan; ZIKIC, Nevena; and BHAWANI, Sagata, BIM Project Execution Planning Guide, version 3.0, University Park, PA, USA, 2021.