XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/79

FAMÍLIAS BIM PARA CONTENÇÕES EM SOLO REFORÇADO COM FACE EM BLOCOS ARTICULADOS: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA

GUILHERME APOLINÁRIO MARCONDES
Engenheiro, Departamento Técnico-Comercial, HUESKER Ltda; São José dos Campos, Brasil, guilherme.marcondes@huesker.com.br

VINICIUS SAMAHÁ SALLES
Engenheiro, Departamento de Engenharia, HUESKER Ltda; São José dos Campos, Brasil, vinicius.salles@huesker.com.br

LUIS BRIAN APAZA FUENTES
Gerente de Engenharia, HUESKER Ltda; São José dos Campos, Brasil, brian.fuentes@huesker.com.br

RESUMO: A aplicação da metodologia BIM (Building Information Modeling) em projetos de infraestrutura tem se consolidado como um importante vetor de modernização na engenharia geotécnica. Essa abordagem permite maior interoperabilidade entre equipes, automatização de processos, redução de retrabalhos e aumento da confiabilidade na elaboração e manutenção dos modelos digitais ao longo de todo o ciclo de vida das obras. No contexto de contenções em solo reforçado, o BIM possibilita a integração de aspectos geométricos, estruturais, geotécnicos e construtivos em um ambiente único e paramétrico, ampliando o nível de detalhamento e controle do projeto. No Brasil, a adoção dessa metodologia tem avançado de forma significativa, impulsionada por marcos regulatórios que incentivam o uso do BIM em obras públicas de infraestrutura. Essas iniciativas também estimulam o desenvolvimento de bibliotecas paramétricas alinhadas a padrões internacionais, fortalecendo o uso do BIM como ferramenta estratégica para planejamento, projeto e gestão de obras. Apesar desses avanços, a modelagem BIM aplicada a estruturas de solo reforçado com face em blocos articulados ainda é pouco explorada, havendo escassez de objetos paramétricos e diretrizes específicas para esse tipo de contenção. Diante dessa lacuna, foram desenvolvidas famílias BIM paramétricas capazes de representar esses sistemas de forma configurável, permitindo ajustes geométricos, extração automática de quantitativos e melhor compatibilização entre disciplinas, contribuindo para maior produtividade, padronização e confiabilidade nos projetos.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO; GEOSSINTÉTICOS; MODELAGEM PARAMÉTRICA; MUROSTERRAE®.

ABSTRACT: The application of Building Information Modeling (BIM) in infrastructure projects has become an important driver of technological modernization in geotechnical engineering. This approach enables greater interoperability among project teams, process automation, reduction of rework, and improved reliability in the development and management of digital models throughout the entire life cycle of engineering works. In reinforced soil retaining structures, BIM allows the integration of geometric, structural, geotechnical, and construction aspects within a single parametric environment, significantly improving project detailing and coordination. In Brazil, the adoption of BIM has progressed steadily, supported by regulatory frameworks that encourage its use in public infrastructure projects. These initiatives have also stimulated the development of parametric libraries aligned with international standards, strengthening BIM as a strategic tool for planning, design, and construction management. Despite these advances, BIM modeling applied to reinforced soil structures with articulated block facing remains limited, with a lack of specific parametric objects and standardized modeling guidelines. To address this gap, parametric BIM families were developed to represent these systems in a flexible and configurable manner. The proposed solution enables geometric adjustments, automatic quantity extraction, and improved interdisciplinary coordination, contributing to higher

productivity, project standardization, and greater reliability in the development of reinforced soil retaining structure designs.

KEYWORDS: BIM; REINFORCED SOIL STRUCTURES; GEOSYNTHETICS; PARAMETRIC BIM MODELING; MUROSTERRAE®.

1 INTRODUÇÃO

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tem passado por um processo contínuo de transformação tecnológica, impulsionado pela busca por maior eficiência, otimização de recursos, redução de custos e prazos, além do aumento da segurança das obras. Nesse contexto, o Building Information Modeling (BIM) destaca-se como uma metodologia capaz de integrar informações ao longo de todo o ciclo de vida das construções, desde o planejamento até a operação e manutenção. Por meio de modelos digitais paramétricos e bases de dados integradas, o BIM favorece a coordenação entre disciplinas, melhora a tomada de decisões e aumenta a confiabilidade das informações do projeto (Lira, 2025).

No Brasil, a disseminação do BIM tem sido incentivada por iniciativas governamentais voltadas à modernização do setor da construção e da infraestrutura. Destaca-se o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, que institui a utilização do BIM em obras e serviços de engenharia da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR). O normativo estabelece o BIM como um conjunto de tecnologias e processos que permitem a criação e atualização de modelos digitais colaborativos ao longo de todo o ciclo de vida da construção, além de definir um cronograma progressivo de implementação da metodologia em atividades de projeto, execução e gestão de ativos de infraestrutura (Brasil, 2020).

Estudos internacionais demonstram benefícios significativos da aplicação do BIM em obras de infraestrutura. Kumar et al. (2017), ao analisarem o projeto M8/M73/M74 Motorway Improvements, na Escócia, observaram ganhos expressivos de produtividade, coordenação e detecção de interferências em comparação aos métodos tradicionais em CAD, com redução de esforço de trabalho em até cinco vezes. De forma semelhante, Antón et al. (2025) destacam que a adoção do BIM na retomada das obras da Linha 6–Laranja do Metrô de São Paulo contribuiu para maior integração entre disciplinas, melhor controle de prazos e maior rastreabilidade das informações do projeto.

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de bibliotecas paramétricas específicas que atendam às particularidades das soluções geotécnicas utilizadas em obras de infraestrutura. Entre essas soluções, destacam-se as estruturas de contenção em solo reforçado com face em blocos segmentados, amplamente empregadas na estabilização de taludes e em obras viárias. Assim, este artigo apresenta o desenvolvimento de uma família BIM paramétrica para modelagem de estruturas de contenção utilizando o sistema MUROSTERRAE®®, permitindo a configuração da geometria da face em blocos, a organização das camadas de reforço e a extração de informações associadas ao modelo. A proposta busca contribuir para a padronização da modelagem dessas estruturas em ambiente BIM, ampliando a confiabilidade das informações e a eficiência no desenvolvimento de projetos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Metodologia BIM

A metodologia BIM fundamenta-se na modelagem e no gerenciamento de dados associados a um modelo tridimensional que representa, de forma estruturada, as características físicas e funcionais de uma edificação ou infraestrutura ao longo de seu ciclo de vida (DE AZEVEDO, 2009). Diferentemente dos desenhos tradicionais em CAD, o BIM utiliza objetos paramétricos nos quais a geometria está vinculada a informações técnicas e quantitativas, permitindo que alterações no modelo sejam automaticamente refletidas em todas as vistas e documentos derivados, garantindo maior consistência das informações.

Segundo o National Institute of Building Sciences (NIBS), um modelo BIM corresponde a uma representação digital compartilhada das características físicas e funcionais de um elemento real, permitindo o

trabalho colaborativo entre diferentes disciplinas e apoiando a tomada de decisões ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Do ponto de vista normativo, a metodologia é consolidada por diretrizes internacionais como a ISO 19650, voltada à gestão da informação no ciclo de vida dos ativos construídos, e a ISO 16739, responsável por definir o formato Industry Foundation Classes (IFC), que viabiliza a interoperabilidade entre plataformas. No Brasil, sua disseminação tem sido impulsionada por instrumentos como o Decreto nº 10.306 e a Lei nº 14.133, que incentivam o uso de tecnologias voltadas à eficiência e transparência nas contratações públicas.

No campo da infraestrutura, estudos indicam que o BIM contribui para melhorar a compatibilização entre disciplinas, aumentar a rastreabilidade das informações e reduzir retrabalhos de projeto. Entretanto, sua consolidação depende do desenvolvimento de objetos paramétricos adequados às particularidades das obras lineares e geotécnicas, condição essencial para a extração confiável de quantitativos e maior automação de processos (STRIEDER, 2022).

Nesse contexto, especialmente em estruturas de contenção, onde ainda predominam processos com quantificação manual e baixa integração entre disciplinas, a utilização de famílias paramétricas em ambiente BIM permite automatizar a definição geométrica, melhorar a precisão dos quantitativos e ampliar a integração do projeto. A modelagem desenvolvida neste estudo insere-se nesse cenário ao representar contenções com face em blocos como objetos informacionais integrados ao ambiente digital de projeto.

2.2 Modelagem paramétrica em BIM

A modelagem paramétrica baseada em objetos constitui um dos pilares da metodologia BIM, permitindo que elementos construtivos sejam definidos por meio de parâmetros e regras relacionais que descrevem suas propriedades geométricas e não geométricas. Esse tipo de modelagem possibilita estabelecer relações entre diferentes componentes do modelo, garantindo consistência das informações e atualização automática quando parâmetros são modificados. Dessa forma, alterações em determinadas variáveis podem ser propagadas por todo o modelo, permitindo a rápida avaliação de diferentes soluções de projeto e maior eficiência no processo de modelagem (Ribeiro; César Júnior, 2021).

No caso de estruturas de solo reforçado com face em blocos segmentados, a modelagem paramétrica permite representar as relações geométricas e construtivas entre os blocos de face, as inclusões de reforço e a geometria global da estrutura, possibilitando ajustes automáticos conforme diferentes condições de projeto.

A ampliação das capacidades do ambiente BIM também tem sido impulsionada pelo uso de ferramentas de programação visual, que permitem automatizar processos e manipular informações diretamente nos modelos digitais. Nesse contexto, o Dynamo possibilita a criação de algoritmos por meio de uma interface gráfica baseada em nós, dispensando conhecimentos avançados em linguagens tradicionais de programação.

Segundo Dalsenter (2022), essa abordagem permite automatizar tarefas repetitivas, realizar interações diretas com modelos desenvolvidos no Autodesk Revit e implementar rotinas de cálculo no próprio ambiente BIM, contribuindo para maior eficiência nos processos de projeto e redução de erros associados a cálculos manuais.

2.3 Sistema de solo reforçado com blocos segmentais.

Os muros de solo reforçado, também conhecidos como estruturas de solo mecanicamente estabilizado, são amplamente utilizados em obras geotécnicas como alternativa a muros rígidos de concreto. Essas estruturas são compostas por solo compactado, elementos de reforço e um sistema de faceamento, que atuam conjuntamente formando um maciço estabilizado capaz de resistir aos empuxos do terreno (Jamshidi Chenari et al., 2023).

O princípio de funcionamento baseia-se na interação entre o solo e os elementos de reforço, geralmente geossintéticos, que são instalados em camadas horizontais ao longo da altura da estrutura. Esses reforços mobilizam resistência por atrito com o solo, conectando a zona potencialmente instável à região estável do maciço e aumentando a estabilidade global da estrutura (Ardila et al., 2023).

Entre as soluções existentes, destaca-se o sistema Terrae, que consiste em um sistema de solo reforçado composto por blocos segmentais de concreto que formam o faceamento do muro e geogrelhas poliméricas

utilizadas como elementos de reforço do maciço de solo. Nesse sistema, os blocos possuem função principalmente de acabamento e proteção da face do muro, enquanto a estabilidade estrutural é garantida pela interação entre o solo compactado e as geogrelhas instaladas em camadas ao longo da altura da estrutura (Ardila et al., 2025).

Além da eficiência estrutural, esse tipo de solução apresenta vantagens construtivas, como rapidez de execução, modularidade e adaptação a diferentes condições geométricas e geotécnicas, o que contribui para sua ampla aplicação em obras de infraestrutura e contenção de taludes (Ardila et al., 2023).

A Figura 1 ilustra um exemplo de aplicação do sistema MUROSTERRAE®®, destacando o faceamento em blocos segmentais de concreto que compõe o sistema de solo reforçado.

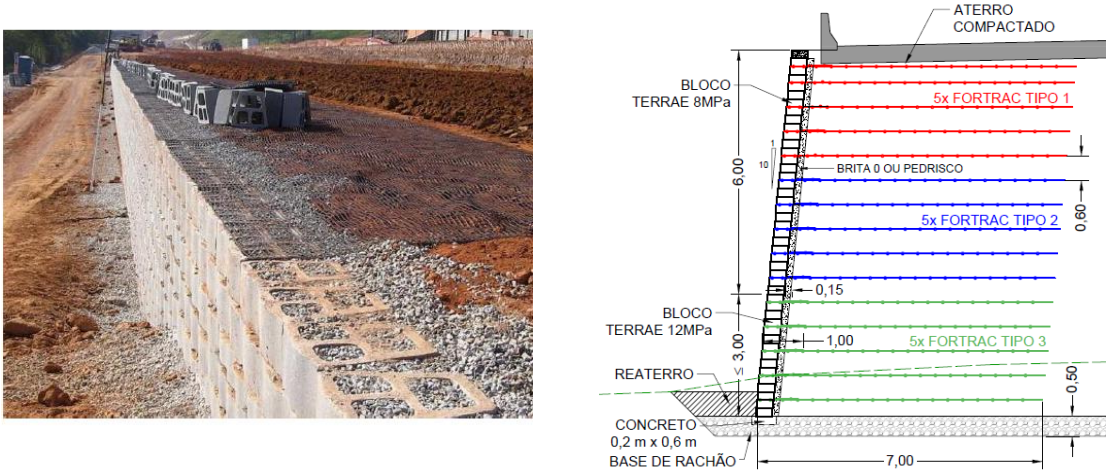


Figura 1 - Seção típica de solo reforçado utilizando sistema MUROSTERRAE®. Fonte: Elaborado pelo autor.

3 METODOLOGIA

3.1 Desenvolvimento da família paramétrica MUROSTERRAE®®

Para garantir uma simulação fiel à execução em campo, o modelo não é apenas uma representação visual, mas um arranjo completo de componentes interdependentes:

- Elementos de Face: Blocos modulares Terrae W, que formam a face externa da contenção.
- Sistema de Reforço: Geogrelhas do tipo Fortrac T (PET) ou Fortrac MDT (PVA), essenciais para a estabilização do solo.
- Camadas de Transição e Drenagem: Inclui uma camada de pedrisco de 15 cm imediatamente atrás dos blocos e uma camada de areia de 0,4 m de espessura.
- Base e Acabamento: O modelo integra a sapata corrida de concreto (0,2 x 0,6 m) na base e o enchimento de concreto para travamento no topo.
- Massa de Solo: Representação do aterro compactado que compõe o corpo da estrutura

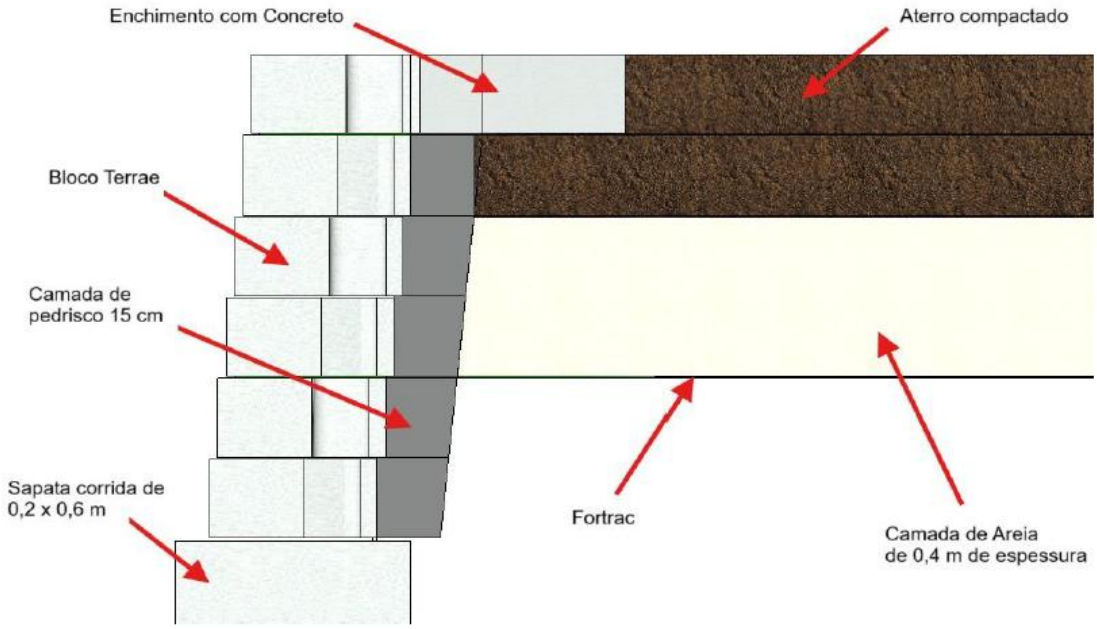


Figura 2 – Composição da Família MUROSTERRAE®®. Fonte: Elaborado pelo autor.

O desenvolvimento da família incorpora regras de engenharia para evitar manifestações patológicas, como trincas e fissuras. A lógica de seleção dos blocos é definida pela carga de compressão:

- Blocos de 8 MPa: Indicados para muros com altura total de até 6 metros, ou para os trechos superiores (até 6 metros abaixo do topo) em muros mais altos.
- Blocos de 12 MPa: Devem ser utilizados em muros que ultrapassem os 6 metros de altura, especificamente nas fiadas posicionadas abaixo dessa profundidade, garantindo o desempenho estrutural adequado.

3.2 Parametrização e lógica de funcionamento da família

A família paramétrica desenvolvida para representação do sistema MUROSTERRAE®® foi estruturada a partir de parâmetros geométricos e de controle de visibilidade, permitindo a adaptação do modelo a diferentes configurações de projeto dentro do ambiente BIM.

Entre os principais parâmetros geométricos da família destacam-se a altura da contenção, a extensão longitudinal do muro e o comprimento das geogrelhas do tipo Fortrac T (PET) ou Fortrac MDT (PVA), os quais definem as dimensões básicas do maciço reforçado. A partir dessas variáveis, o modelo ajusta automaticamente a disposição dos elementos que compõem o sistema, como os blocos de faceamento, as camadas de reforço e os volumes associados às camadas de transição e fundação. Dessa forma, alterações realizadas nos parâmetros são refletidas diretamente na geometria do modelo, garantindo consistência entre a representação tridimensional e as características da estrutura projetada.

A Figura 4 apresenta a família paramétrica MUROSTERRAE®® no ambiente de modelagem, destacando os principais componentes do sistema e sua organização dentro da estrutura do modelo BIM.

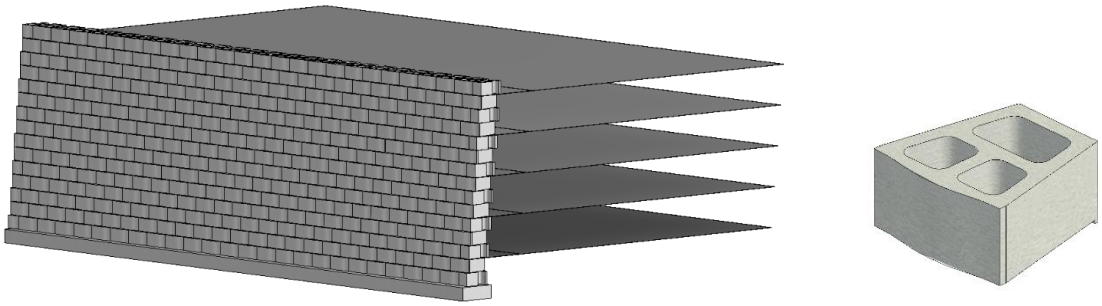


Figura 4 - Família MUROSTERRAE®® e Bloco Terrae W detalhado. Fonte: Elaborado pelo autor.

As camadas de reforço são representadas por famílias aninhadas que simulam os níveis de geogrelha distribuídos ao longo da altura da contenção. Cada uma dessas camadas possui parâmetros independentes que permitem definir o tipo de geogrelha adotado no projeto, possibilitando a representação de diferentes configurações de reforço conforme a altura do muro e os critérios de dimensionamento.

Além da parametrização geométrica, a família incorpora parâmetros de controle de visibilidade, que permitem ao usuário ativar ou desativar a representação de determinados elementos do modelo, como os blocos de faceamento e o volume de aterro. Esse recurso possibilita reduzir a complexidade gráfica do modelo em etapas de modelagem ou compatibilização, contribuindo para melhorar o desempenho do ambiente de trabalho sem comprometer a organização das informações do sistema representado.

3.3 Extração automatizada de quantitativos com Dynamo

Devido à presença de múltiplas camadas de geogrelhas com parâmetros independentes de material, foi desenvolvido um script utilizando a ferramenta de programação visual Dynamo, integrada ao Autodesk Revit. O algoritmo acessa os parâmetros das famílias aninhadas de geogrelhas presentes em cada instância da contenção, identificando os materiais utilizados e calculando automaticamente suas áreas com base nas dimensões geométricas da estrutura.

Posteriormente, os dados são organizados e agrupados por tipo de material, permitindo consolidar as áreas totais de geogrelha utilizadas na estrutura. Os resultados são então armazenados em parâmetros do modelo e podem ser visualizados por meio de tabelas de quantitativos no ambiente BIM no programa de fluxo Dynamo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação da família paramétrica em um modelo de contenção

A aplicação da família paramétrica desenvolvida foi testada por meio da modelagem de um muro de contenção em solo reforçado utilizando o sistema MUROSTERRAE®. O modelo foi construído no ambiente BIM a partir da inserção de múltiplas instâncias da família ao longo do alinhamento da estrutura, permitindo representar a geometria completa da contenção.

No exemplo apresentado, o muro foi modelado utilizando quatro unidades da família para compor toda a extensão da estrutura. Cada instância representa um trecho contínuo de contenção com características geométricas constantes, sendo necessária a inserção de uma nova unidade sempre que ocorre alteração nas condições geométricas do muro. Isso inclui situações como mudanças de cota na base ou no topo da contenção, bem como variações no alinhamento horizontal, como a presença de quinas ou mudanças de direção.

A Figura 6 apresenta o modelo tridimensional da contenção desenvolvido no ambiente BIM, ilustrando a aplicação da família paramétrica na representação da estrutura.

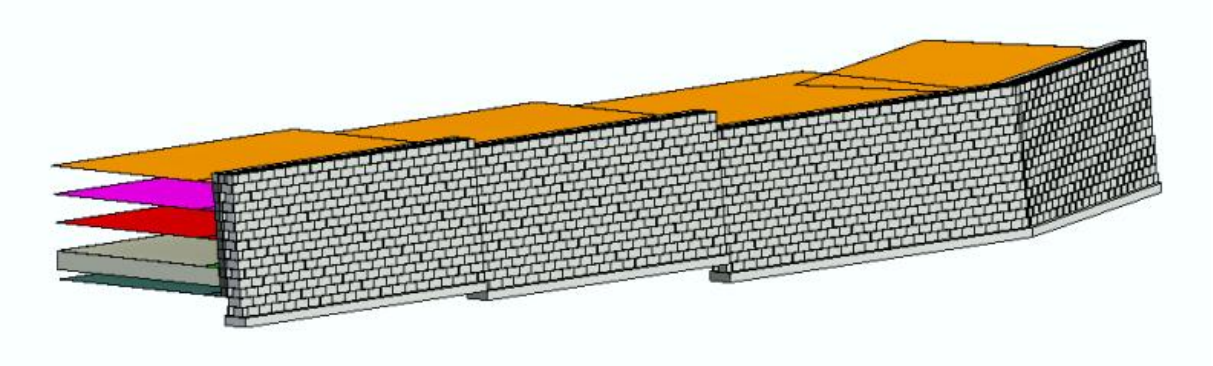


Figura 6 – Modelo de contenção em sistema MUROSTERRAE®®. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Extração e organização dos quantitativos no ambiente BIM

A partir da modelagem da contenção no ambiente BIM, foi possível extrair automaticamente os quantitativos associados aos principais materiais do sistema, incluindo volumes de materiais granulares, concreto da fundação, quantidade de blocos de face e áreas das geogrelhas de reforço.

A Tabela 1 apresenta a consolidação desses quantitativos totais obtidos a partir do modelo desenvolvido. A extração direta das informações do modelo permite maior precisão na estimativa de materiais e reduz a necessidade de cálculos manuais, contribuindo para maior confiabilidade no planejamento e no dimensionamento preliminar da estrutura.

Tabela 1 – Quantitativo do modelo de contenção. Fonte: Elaborado pelo autor.

Item	Instância 1	Instância 2	Instância 3	Instância 4	Total
Área de Face Terrae (m²)	24	24	30	27	105
Volume de Pedrisco (m³)	3,14	3,14	3,92	3,53	13,72
Volume de Areia (m³)	16	16	24	18	74
Volume de Concreto na Sapata Corrida (m³)	0,96	0,96	1,2	1,08	4,2
Quantidade de Blocos 8 MPa	300	300	375	337,5	1312,5
Quantidade de Blocos 12 MPa	0	0	0	0	0
Área de Fortrac 55T (m²)	0	0	0	0	0
Área de Fortrac 80T (m²)	48	48	70	54	220
Área de Fortrac 110T (m²)	48	48	70	54	220
Área de Fortrac 150T (m²)	48	48	70	0	166
Área de Fortrac 200T (m²)	48	48	70	0	166
Área de Fortrac 300T (m²)	48	48	70	0	166
Área de Fortrac 400T (m²)	0	0	0	108	108

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma família paramétrica em ambiente BIM para modelagem de estruturas de contenção em solo reforçado com face em blocos segmentados. A solução permite representar de forma integrada os principais componentes do sistema, incluindo blocos de faceamento, camadas de geogrelhas e elementos associados à fundação e ao maciço de solo.

A utilização da família no ambiente BIM proporciona uma visualização mais clara da estrutura, facilitando a compreensão do arranjo construtivo e permitindo a integração com outras disciplinas de projeto, o que possibilita identificar interferências ainda nas fases iniciais de desenvolvimento. Além disso, a

parametrização do modelo contribui para maior agilidade na elaboração e atualização dos projetos, especialmente quando comparada aos métodos tradicionais baseados em desenhos CAD bidimensionais.

Outro benefício relevante está relacionado à extração automatizada de quantitativos, que permite obter informações mais precisas sobre os materiais utilizados na estrutura, como as áreas de geogrelhas e os elementos de faceamento. Essa abordagem contribui para reduzir incertezas no levantamento de materiais, auxiliando no planejamento das obras e na redução de perdas.

Dessa forma, o desenvolvimento de famílias BIM específicas para soluções geotécnicas representa uma ferramenta promissora para ampliar a aplicação da metodologia BIM em projetos de infraestrutura, promovendo maior integração entre disciplinas, maior confiabilidade das informações e maior eficiência no desenvolvimento de projetos de contenção em solo reforçado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTÓN, L. et al. Aplicação do BIM na Linha 6-Laranja do Metrô de São Paulo. Revista de Engenharia, 2025.

ARDILA, L. et al. CVU Terrae – Parque del Plata, Uruguay: reinforced soil wall with geosynthetics. HUESKER Technical Paper, 2025.

ARDILA, L.; MENDIZ, A.; PORTELINHA, F.; ESQUIVEL, E. Muros de suelo mecánicamente estabilizado con geosintéticos: modelado numérico y casos de obra en Argentina. In: CONGRESO ARGENTINO DE MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA, 26., 2023, Comodoro Rivadavia, Argentina.

DECRETO nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estratégia BIM BRASIL. Diário Oficial da União: seção 1, p. 5, 03 abr. 2020. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10306-2-abril-2020-789938-publicacaooriginal-160263-pe.html. Acesso em: 01 de março de 2026.

CHENARI, R. J. et al. Numerical investigation of reinforced soil segmental walls using two-dimensional finite element analysis in RS2. In: ROCSCIENCE INTERNATIONAL CONFERENCE (RIC), 2023, Toronto. Proceedings [...]. Toronto: Rocscience, 2023. p. 362-372.

DE AZEVEDO, O. J. M. Metodologia BIM: Building Information Modeling na direcção técnica de obras. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho (Portugal).

EHRLICH, Maurício; BECKER, Leonardo. Muros e taludes de solo reforçado: projeto e execução. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KUMAR, B.; CAI, H.; HASTAK, M. An assessment of benefits of using BIM on an infrastructure project. ASCE Conference Proceedings, 2017.

RIBEIRO, R. R; JÚNIOR, K; MAGALHÃES L. C; Modelagem paramétrica baseada em objetos em BIM para o projeto estrutural: estudo de caso de fundações tipo tubulão. PARC: Pesquisa Em Arquitetura E Construção, v. 12, p. e021029-e021029, 2021.

SANTOS, A. C. S. Análise do uso do BIM nas obras de infraestrutura de transporte no Brasil. UFAL, 2024.

STRIEDER, H. L; SCHREINERT, Gabriel Grassioli. Metodologia BIM em obras de infraestrutura: Uma revisão sistemática. Proceedings of the 47th Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), Bento Gonçalves, Brazil, p. 9-12, 2022.

LIRA, E. C. F BIM na geotecnia: uma revisão sistemática da literatura aplicada a barragens. 2025.