

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

APLICABILIDADE DA METODOLOGIA BIM A UMA OBRA DE BARRAGEM DE TERRA

**BEATRIZ FARIA FAJARDO(1); FERNANDO PEREIRA FELIX
CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS SA(1)**

RESUMO

O trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade da metodologia BIM a uma obra de barragem de terra. Foi feito um estudo de caso utilizando a modelagem em 3D, a discriminação de quantitativos separado por material, o planejamento bem como a elaboração do orçamento BIM 5D. Dependendo do grau de informação necessária, não há necessidade de modelar todos os detalhes. A logística do empreendimento também é plausível de um planejamento 4D dependendo da modelagem elaborada. Este estudo possibilita a otimização de custos com a implantação do canteiro de obra. Entretanto, a parametrização dos elementos permite que dados sejam indiretamente ligados a outras informações do modelo.

PALAVRAS-CHAVE

Metodologia BIM, Modelagem em 3D, Planejamento 4D, Orçamento 5D, Barragem de Terra

1.0 INTRODUÇÃO

A Eletrobras Holding, de acordo com seu planejamento estratégico para o cenário próximo mais provável, procurará nos próximos anos ampliar sua atuação no setor elétrico nacional através de estudo e aquisição de novos empreendimentos, prospecção de novos negócios e participação de leilões de energia promovidos pela ANEEL.

Para esse novo cenário cada vez mais competitivo, haverá a busca natural por uma TIR cada vez mais elevada, devendo dessa forma o grau de assertividade do planejamento e estimativa de custos ser cada vez mais próximo do valor de mercado, cabendo ao Engenheiro de Custos realizar suas estimativas orçamentárias de maneira compatível com o grau de detalhamento dos estudos ou projetos aos quais se referem.

Para contribuir decisivamente no alcance de uma TIR mais elevada, a chamada metodologia BIM constitui uma das ferramentas técnicas mais apropriadas pois permite produção de estimativas de recursos mais assertivas, melhorando a qualidade dos orçamentos e prazos do projeto.

A utilização do BIM acelera os processos de decisões que precisam ser tomadas, não apenas relacionadas aos detalhes construtivos e especificações de um determinado projeto, mas também sobre os métodos construtivos que serão utilizados, bem como alterações no decorrer da obra mais conscientes e com menor impacto no empreendimento, tanto no prazo como no custo (1).

O BIM (Building Information Modeling ou Modelagem da Informação da Construção) de um ativo é uma representação digital (3D) capaz de armazenar todos os atributos técnicos que possam ser quantificados desse determinado ativo, significando uma fonte única e compartilhada de informações provenientes das várias disciplinas que atuam no planejamento, concepção, construção, operação e manutenção, formando assim uma base multidisciplinar confiável de dados para tomada de decisões durante todo o seu ciclo de vida útil do empreendimento (2).

No BIM os objetos são paramétricos e inteligentes, significando que esses objetos já possuem informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com outros objetos, e com o seu entorno ou ambiente no qual está inserido.

Uma das funcionalidades mais desejadas da metodologia BIM é quantificação automática dos serviços e componentes dos modelos, permitindo consistência, precisão das comparações entre serviços previstos e os efetivamente realizados, agilidade de acesso sobre informações das quantidades, que poderão ser divididas e organizadas (ou agrupadas) de acordo com as fases definidas no planejamento (3).

Uma outra vantagem da aplicabilidade da metodologia BIM é sem dúvida a interoperabilidade, ou seja, a capacidade da existência de softwares que possibilitam que os objetos constituintes de um modelo BIM sejam associados com as atividades de um cronograma desenvolvido em MS-Project ou Primavera, permitindo que a programação da obra

também seja realizada com base nos modelos. Também é possível associar os componentes BIM a bancos de dados externos de custos, tais como o SINAPI, operado pela Caixa Econômica Federal – CEF, ou o Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO, a cargo do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT(4).

Trabalhar com BIM é uma mudança de cultura, pois demanda integração, cooperação, coordenação, comprometimento, colaboração e conhecimento, onde os resultados de cada um dependem dos demais, exigindo dessa forma novas posturas de toda a equipe.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade da metodologia BIM a uma obra de barragem de terra. Para essa obra em particular, foi feito um estudo de caso simplificado utilizando a modelagem em 3D, a discriminação dos quantitativos por material (cota x volume) e o planejamento 4D, bem como a elaboração do orçamento modelagem BIM 5D.

2.0 - POLÍTICA E DIRETRIZES

O BIM se tornou um tema estratégico para as empresas Eletrobras a partir de incentivos governamentais mediante a publicação de diversos decretos e diretrizes que objetivaram a disseminação da metodologia BIM no âmbito nacional.

Em 2018, foi publicado o Decreto nº 9.377/2018, que determinou a estratégia nacional de disseminação da metodologia BIM no país, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e à sua difusão no País, lançando uma série de objetivos específicos e estratégicos para adoção do BIM 5).

Em 2019, com a nova configuração da estrutura administrativa do Governo Federal, houve a necessidade de atualizar o Decreto nº 9.377/2018. Em 22/08/2019 o governo federal relançou no dia o decreto 9.983 conhecido por Estratégia BIM BR, que coloca os parâmetros de implantação do BIM ao longo dos 10 anos (6).

Fases de implantação do BIM:

- Primeira Fase - Janeiro de 2021 - o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura engenharia elaboração de modelos, detecção de interferência, extração de quantitativos gerações de documentação.
- Segunda fase - janeiro de 2024 - os usos previstos na primeira fase, orçamentos, planejamentos e controle de execução de obras.
- Terceira fase -janeiro de 2028 - os usos previstos na primeira e na segunda fase e o gerenciamento e manutenção.

O decreto mais recentemente é 10.303 de 2020 que está ligado diretamente a obrigatoriedade da utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizado pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Esse decreto é um desdobramento da estratégia BIM BR. Traz a obrigatoriedade para 2 Ministério da Defesa (exército, marinha e força aérea) e da infraestrutura (Secretaria nacional de aviação civil e DNIT)(7).

O Ministério de Minas e energia ainda não está inserido nesse decreto, no entanto o Ministério de infraestrutura entende que faz parte da infraestrutura do país o setor elétrico.

Esse decreto é importante pois traz o quem se quer com esse conjunto de tecnologia e processos integrados que permite a criação a utilização e atualização de modelos digitais de uma construção de modo colaborativo que sirva a todos os participantes de um empreendimento em qualquer etapa do ciclo de vida da construção.

Concernente a esse tema, foi aprovado recentemente no âmbito do Senado Federal o Projeto de Lei 4253/2020 que dispõe sobre a renovação do marco legal das licitações e contratações públicas no país, ressaltando-se a menção explícita ao BIM no parágrafo 3º. do Artigo 19, transcrito a seguir:

“§ 3º Nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação, será preferencialmente adotada a Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modelling -BIM) ”.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade da metodologia BIM a uma obra de barragem de terra. Para essa obra em particular, foi feito um estudo de caso simplificado utilizando a modelagem em 3D, a discriminação dos quantitativos por material (cota x volume) e o planejamento 4D, bem como a elaboração do orçamento modelagem BIM 5D.

3.0 – OBJETIVO

A proposta do trabalho, é a modelagem de uma barragem de terra genérica, levando a execução de modelagem em 3D, a discriminação dos quantitativos (cota x volume), e o planejamento 4D bem como a elaboração do orçamento modelagem BIM 5D.

A cota volume é utilizado para o dimensionamento das equipes tanto de mão de obra, como de equipamentos, o que possibilita um cronograma realista (BIM 4D) e um orçamento muito próximo do real (BIM 5D).

As composições analíticas e os custos unitários nesse estudo foram obtidos do banco de dados SICRO em consonância com o Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Este Decreto estabelece regras e critérios a serem seguidos por órgãos e entidades da administração pública federal para a elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União.

Desta forma, a extração automática de todas as quantidades de serviços e materiais (cota x volume), utilizados na execução do empreendimento e componentes dos modelos BIM permite consistência, precisão e agilidade de acesso sobre informações das quantidades. O emprego do software MS Project® possibilitou que os objetos constituintes de um modelo BIM fossem associados às atividades de um cronograma desenvolvido.

O MS Project é um software utilizado para gerenciamento de projetos por sua facilidade de utilização e versatilidade de aplicação. Através de sua aplicação, gestores conseguem gerenciar recursos, avaliar orçamentos, criar cronogramas, medir o desempenho, analisar oportunidades e avaliar riscos.

Por sua vez, o software NavisWorks possibilitou que os objetos constituintes de um modelo BIM fossem associados às atividades de um cronograma desenvolvido em MS-Project®, permitindo que a programação da obra também seja realizada com base em modelos.

O Navisworks é um software de gestão ou compatibilização de projeto BIM, que permite aos usuários abrirem e combinarem modelos, navegando em tempo real e o possibilitando a revisão dos modelos. Esta aplicação permite a integrar os modelos das diferentes especialidades em um arquivo BIM unificando geometria + dados, e inclui um robusto conjunto de funcionalidades para coordenação no BIM 3D, planejamento (BIM 4D) e análise de custos (BIM 5D), que facilitam a comunicação da solução entre todos no projeto, a programação dos trabalhos de obra e a análise dos custos de construção.

Desta forma, a quantificação automática dos serviços a partir dos modelos BIM pode agilizar e garantir a precisão das comparações entre serviços previstos e os efetivamente realizados, além de simulações rápidas para tomada de decisões, caso ocorram interferências em campo que devam ser contornadas. Essas simulações possibilitam tomadas de decisões mais assertivas, com o menor impacto possível nos custos. Com isso, também foi possível associar os componentes BIM a bancos de dados externos de custos, tais como o SINAPI e SICRO.

4.0 - METODOLOGIA

Inicialmente propõe-se a execução de um projeto com informações básicas sobre a barragem para que se possa identificar as potencialidades do software nesse quesito. Leva-se em consideração nessa primeira etapa:

- Modelagem da topografia, inserção da barragem com suas partes elementais (no caso foi modelado uma barragem com núcleo de argila e enrocamento) e a inserção do volume de água após a conclusão do barramento. Para a modelagem foi utilizado o software Autocad, sendo o volume dos materiais extraídos por meio de uma macro desenvolvida em VBA no Excel.
- O planejamento foi realizado utilizando o MS Project, com a inserção de recursos, possibilitando a visualização dos custos e o avanço da execução ao longo do tempo. A integração entre o cronograma e a modelagem 3D foi realizada por meio do software Navisworks. Aqui não foi utilizado o Revit pois este programa trata-se de uma solução generalista não sendo a mais indicada para obras de Terra. Ressalta-se que o Revit seria mais indicado para a modelagem das estruturas de concreto de uma barragem. Para obras de terra o mais indicado seria o Autocad ou o Autocad civil 3D.

5.0 - DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi realizada a modelagem da Barragem de Terra com o auxílio do software AutoCad, considerando elementos e dimensões genéricas, composta por um núcleo de argila e enrocamento, conforme Figura 1 a seguir:

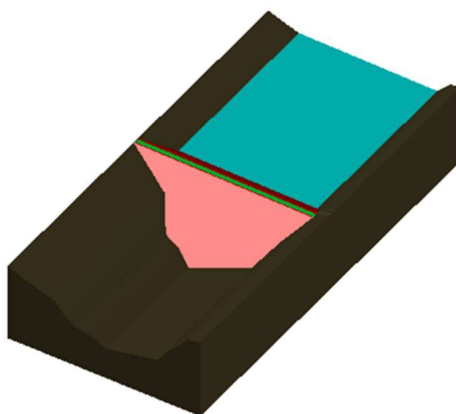


Figura 1 - Modelo de uma Barragem de enrocamento com núcleo de argila

Em seguida foi utilizado a aplicação em VBA Excel para a extração dos quantitativos de materiais por elevação (Cota x Volume), conforme mostra Tabela 1.

O VBA (Visual Basic for Applications) é uma ferramenta que pode ser usada no Microsoft Excel para dar mais opções de controle e edição de uma planilha. Basicamente o VBA atua como uma linguagem de programação que permite a criação de rotinas e a automatização de diversos processos dentro das planilhas e tabelas desenvolvidas no Excel. No caso foi desenvolvida uma rotina integrando o Excel ao Auto Cad, automatizando o cálculo e a separação de camadas do modelo 3D desenvolvido.

Tabela 1 – Quantitativos extraída do modelo utilizando a aplicação em VBA Excel

ELEVAÇÃO	ENROCAMENTO	NUCLEO DE ARGILA	VOLUME TOTAL
68,00	1.417,04	326,91	1.743,95
70,00	7.251,30	1.677,35	8.928,65
72,00	17.343,76	4.023,04	21.366,79
74,00	31.418,23	7.308,73	38.726,97
76,00	49.198,56	11.479,21	60.677,77
78,00	70.521,66	16.505,94	87.027,61
80,00	96.366,36	22.631,49	118.997,85
82,00	126.485,39	29.811,01	156.296,40
84,00	158.837,13	37.570,05	196.407,18
86,00	191.665,30	45.495,18	237.160,47
88,00	224.174,94	53.399,24	277.574,19
90,00	256.284,08	61.265,84	317.549,92
92,00	287.910,50	69.078,52	356.989,01
94,00	318.895,79	76.801,81	395.697,59
96,00	349.105,50	84.405,76	433.511,26
98,00	378.470,84	91.876,61	470.347,45
100,00	406.923,01	99.200,59	506.123,61
102,00	434.393,21	106.363,96	540.757,18
104,00	460.812,65	113.352,96	574.165,61

ELEVAÇÃO	ENROCAMENTO	NUCLEO DE ARGILA	VOLUME TOTAL
106,00	486.112,52	120.153,81	606.266,33
108,00	510.224,04	126.752,77	636.976,81
110,00	533.176,16	133.163,55	666.339,70
112,00	555.265,02	139.477,93	694.742,96
114,00	576.382,75	145.677,85	722.060,60
116,00	596.375,94	151.732,63	748.108,57
118,00	615.091,21	157.611,58	772.702,80
120,00	632.375,18	163.284,04	795.659,21
122,00	648.074,44	168.719,32	816.793,76
124,00	662.035,62	173.886,74	835.922,35
126,00	674.105,32	178.755,63	852.860,95
128,00	684.130,16	183.295,30	867.425,46
130,00	691.956,74	187.475,09	879.431,83
132,00	697.431,68	191.264,32	888.696,00
134,00	700.049,82	194.045,11	894.094,93

Para efeito de agilidade, os recursos lançados no MS Project, foram simplificados sendo utilizado o recurso enrocamento e o recurso núcleo, conforme mostra Tabela 2:

Para elaboração do cronograma no MS Project, os recursos lançados foram simplificados sendo utilizado o recurso enrocamento e o recurso núcleo, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Características dos Recursos Utilizados

Nome do Recurso	Tipo	Custo – m³
Enrocamento – Código SICRO: 1505877 – Data Base: Abril de 2021	Genérico	R\$ 103,72
Núcleo – Código SICRO: 5503041, 4413942 e 5502114 – Data Base: Abril/2021	Argila Compactada	R\$ 12,12 m³

Posteriormente foi vinculado o cronograma extraído do MS Project com o modelo 3D, utilizando o Navisworks, onde é possível obter o TimeLinear que mostra o desenvolvimento construtivo da barragem. Este é um recurso elementar para compreensão, simulação e compartilhamento de dados executivos e quantitativos que agem em conjunto com as dimensões da modelagem 3D. Nesse sentido, inicialmente foram considerados 102 dias úteis para a conclusão da barragem explicitada, onde a cada 3 dias considerando uma produtividade de 0,67 metros dia, se completaria uma camada – tanto do enrocamento, quanto do núcleo, que são desenvolvidas simultaneamente.

Pela TimeLinear é possível visualizar o cronograma vinculado ao modelo 3D, a evolução das atividades, o percentual de avanço e o custo acumulado. Neste ensaio, consideraremos a visualização a cada 3 semanas (levando em consideração o último dia de cada semana), que neste caso, evidência o processo de desenvolvimento da construção, conforme mostram Figuras de 2 a 5.

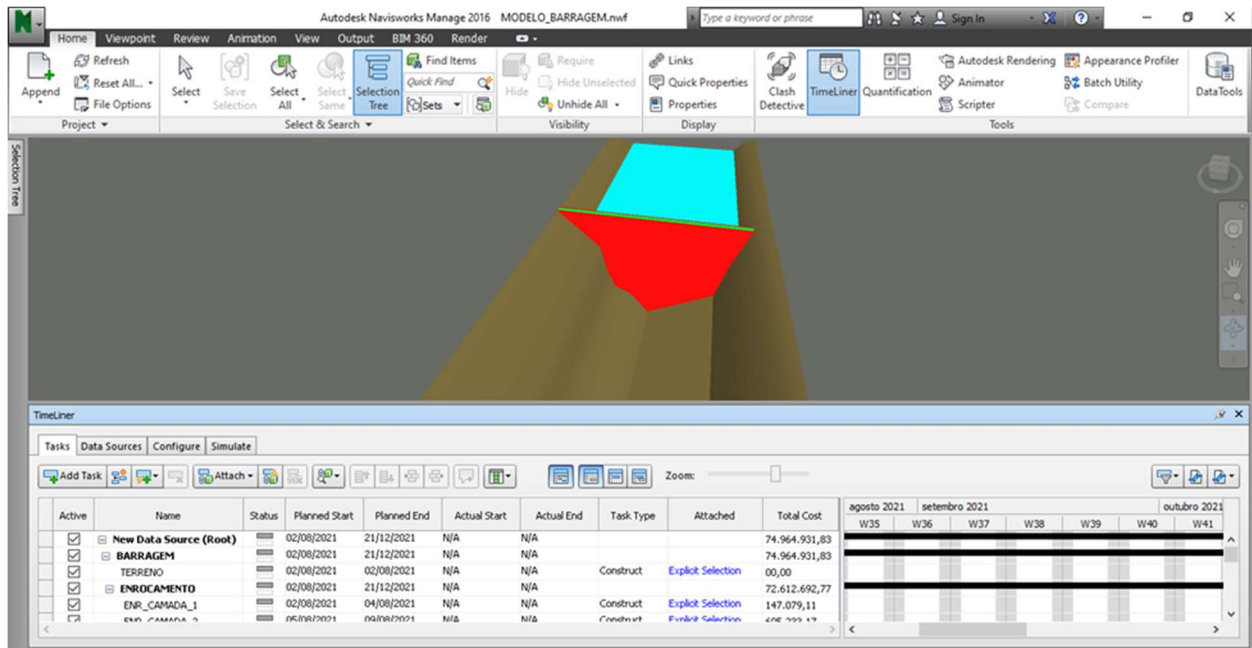


Figura 2 - Modelo Vinculado ao cronograma



Figura 3 - 1ª Semana – 7 dias trabalhados

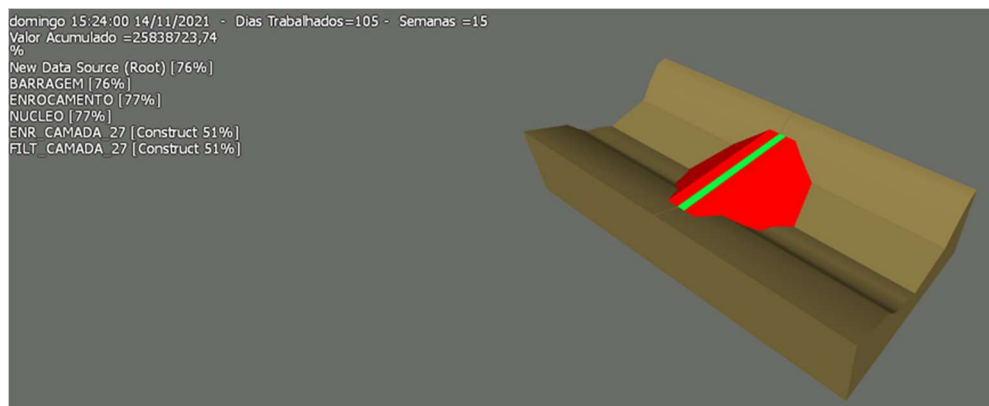


Figura 4 - 1ª Semana – 7 dias trabalhados

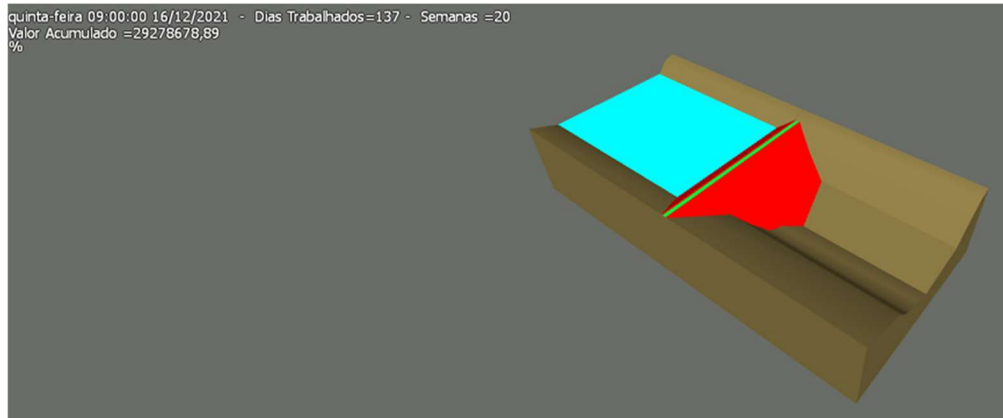


Figura 5 - 1ª Semana – 7 dias trabalhados

6.0 - CONCLUSÃO

Interoperabilidade entre CAD e BIM;

Optou-se pelo uso da plataforma CAD como meio desenvolvimento do modelo, não foi utilizado o Revit por ser mais indicado para a modelagem das estruturas de concreto de uma barragem. Para obras de terra o mais indicado seria o Autocad ou o Autocad civil 3D. Para que pudesse ser produzida uma tabela referente ao quantitativo de materiais, foi utilizado uma programação em VBA (Visual Basic for Applications) na plataforma Excel. Essa programação em específico, chama-se Cota x Volume e permitiu que as informações de volume pudessem ser extraídas diretamente do modelo 3D, e posteriormente, planejadas de maneira cronológica no MS Project, com inclusão de recursos e custos. Esse processo foi primordial para desenvolver um cronograma realista junto ao Naviswork, indicando um esquema completo com poucos ou sem erros. De maneira geral as etapas foram eficientes e funcionaram bem de maneira conjunta.

Extração Automática de Quantidades

Para haver confiabilidade e assertividade na quantificação de serviços, devem ser respeitados alguns cuidados em todas as suas etapas, incluindo a elaboração do modelo digital e a escolha dos métodos que serão utilizados, considerando-se que os dados quantitativos são tão detalhados quanto o nível de informação presente no modelo BIM, a qual tanto pode estar modelada em 3D, como simplesmente estar inserida como metadados de seus componentes.

A extração automática de quantitativos dos modelos em BIM já se encontra prevista na primeira fase de implementação do BIM, nos termos dispostos no art. 4º, do Decreto 10.306/2020.

Observe-se quanto a isso que nem sempre se mostra conveniente modelar todos os detalhes, pois, além de exigir mais esforço de elaboração, pode ocorrer indesejável sobrecarga informativa do modelo, tornando o trabalho mais lento.

DADOS BIOGRÁFICOS

(1) BIMDICTIONARY, Verbete Building Information Modelling. Disponível em: < <http://bimdictionary.com/en/building-information-modelling>. BUILDINGSMART. International home of OpenBIM. Disponível em <<http://buildingSMART.org/>>.

(2) Caderno de Apresentação de Projetos em BIM. [s.l.]: Governo de Santa Catarina – Secretaria de Estado do Planejamento, 2014. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/visualizar_biblioteca/acoes/1176-393-1/file>.

(3) PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok). 5a. ed. PMI Standard, 2013.

(4) SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

(5) BRASIL. Presidência da República. GC-BIM (Comitê Gestor). DECRETO Nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9377.htm>.

(6) BRASIL. Presidência da República. DECRETO Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. -Building Information Modelling - Estratégia BIM BR. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm>.

(7)4) BRASIL Presidência da República. DECRETO Nº 10.306, de 02 de abril de 2020. -Building Information Modelling - Estratégia BIM BR. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10306.htm>.

(8) Autodesk Navisworks 2017: conceitos e aplicações / Adriano de Oliveira, Claudia Campos Neto. – São Paulo: Érica: 2017.



Mestre em Engenharia Civil (COPPE/UFRJ), MBA Executivo em Administração: Negócios do Setor Elétrico (FGV), trabalhou na Petrobras Distribuidora como consultora técnica. Atualmente trabalha na Eletrobras na área O&M, atuando no Subcomitê de Gestão de Operação e Manutenção, em Grupo de Trabalho de Gestão de Ativo, e no Grupo de Trabalho BIM Energia Eletrobras, tendo trabalhado na análise técnica de Estudos de Inventário e Viabilidade Técnico-Econômico de aproveitamentos hidrelétricos, na elaboração e verificação de orçamentos de projetos energéticos, tendo atuado na Coordenação do Grupo de Trabalho Orçamentário das Empresas Eletrobras e na área de Prospecção de Novos Negócios.

(2)	FERNANDO	PEREIRA	FELIX
Graduado em Engenharia Civil (UFU), MBA em gestão de Projetos. Atualmente trabalha em FURNAS, tendo trabalhado na implantação de alguns empreendimentos de Geração hidráulica e na orçamentação de projetos de modernização		de	usinas.