



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - CAMPUS SERTÃO
EIXO TECNOLÓGICO
ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ GOMES DA SILVA JÚNIOR

**METODOLOGIA BIM 4D APLICADA AO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DE OBRA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA**

Delmiro Gouveia – AL

2017

JOSÉ GOMES DA SILVA JÚNIOR

**METODOLOGIA BIM 4D APLICADA AO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DE OBRA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas - Campus Sertão, como pré-requisito para obtenção do Título bacharel em Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira
Netto – UFAL

Delmiro Gouveia – AL

2017

JOSÉ GOMES DA SILVA JÚNIOR

METODOLOGIA BIM 4D APLICADA AO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DE OBRA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas - Campus Sertão, como pré-
requisito para obtenção do Título Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto

S586m Silva Júnior, José Gomes da
Metadologia BIM 4D aplicada ao planejamento e controle
de obra em uma estação de tratamento de água / José Gomes da
Silva Júnior. - 2017.
61f. : il.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal
Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto.

1. BIM 4D. 2. Controle de Obras. 3. Metodologia BIM.

CDU 65.012.2

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Campus Sertão/
UFAL – Delmiro Gouveia

2017

Folha de Aprovação

JOSÉ GOMES DA SILVA JÚNIOR

METODOLOGIA BIM 4D APLICADA AO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
corpo docente do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas - Campus
Sertão e aprovado em 14 de junho de 2017.

Antonio Netto

Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto - UFAL - Orientador

Banca Examinadora

Antonio Netto

Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto - UFAL - Campus do Sertão

Alexandre Nascimento de Lima

Prof. MSc. Alexandre Nascimento de Lima - UFAL - Campus do Sertão

Adriana Carla de Oliveira Lopes

Prof. MSc. Adriana Carla de Oliveira Lopes - UFAL - Campus de Penedo

Dedico este trabalho aos meus pais,
a Sr.^a **Givanilda Gomes** e o Sr. **José Gomes**,
a quem eu devo tudo e a quem tudo eu dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre me guiou, confortou e sempre atendeu aos meus mais sinceros pedidos e nunca me deixou desistir.

Aos meus pais pela paciência, amor, compressão, amparo e por sempre acreditar em mim e me tranquilizar dizendo que tudo passará, que não passam apenas de dias ruins.

Aos meus primos e primas que sempre acreditaram em mim.

À minha tia Gilvanete (*in memoriam*), que me ensinou uma maneira de ficar tranquilo nas situações mais difíceis.

À minha namorada Cecília, companheira de todas as horas, que sempre acreditou em mim e me deu forças para nunca desistir e sempre continuar minha trajetória.

Aos colegas de trabalho da secretaria de planejamento da prefeitura municipal de Delmiro Gouveia, que durante muitos anos sempre me ajudaram nas horas que eu precisava de tempo para estudar.

Aos inúmeros colegas que conheci nesta trajetória, com quem compartilhei dificuldades e alegrias.

Ao meu orientador prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto, pela paciência e dedicação na orientação para que eu pudesse concluir meu projeto.

Aos meus grandiosos professores da UFAL por passarem seus conhecimentos e me tornarem um ser humano melhor.

Ao Alexandre Barros da Silva, da Superintendência de Infraestrutura Hídrica e aos demais membros da equipe da SEINFRA que colaboraram de forma significativa na elaboração deste trabalho.

E por fim, à Universidade Federal de Alagoas – UFAL, campus do sertão, pela oportunidade de me formar nesta instituição.

“Sorte é quando o preparo encontra a oportunidade”.

Elmer G. Letterman

RESUMO

Este trabalho apresenta algumas das funcionalidades que a metodologia BIM 4D (modelo 3D associado ao tempo) pode proporcionar aos profissionais da construção civil em termos de gestão e controle de projetos em obras de infraestrutura. Para a elaboração desta pesquisa, foram utilizados como base os projetos, cronograma físico-financeiro (inicial e final), lista de materiais e equipamentos do bloco hidráulico da estação de tratamento de água, que é um dos elementos do sistema de abastecimento de água do alto sertão, disponibilizados pela SEINFRA. Essa metodologia é capaz de antecipar conflitos e prever ações mitigadoras, produzindo assim, maior eficiência em obras de infraestrutura. O estudo foi iniciado com a apresentação do referencial teórico que abrange os temas de histórico do desenho técnico, histórico do CAD, planejamento e controle de obras, BIM, modelagem BIM 4D e etapas de uma estação de tratamento de águas, que são os assuntos mais relevantes e necessários para entendimento do conceito deste relatório. O trabalho segue com a modelagem 3D feita inteiramente no software Revit 2017 de forma amplamente detalhada seguindo os arquivos de base fornecidos. Ainda com esses arquivos, foi confeccionado o cronograma físico no MS Project 2016. Depois de confeccionados os modelos, estes, foram emparelhados no Navisworks Manage 2017 para a obtenção dos resultados. Por fim, são mostrados os benefícios que a metodologia BIM 4D proporciona para obras de infraestrutura.

Palavras-chave: BIM 4D; Metodologia BIM; Obras de Infraestrutura; Planejamento e controle de obras; Cronograma físico-financeiro; ETA.

ABSTRACT

This work presents some functionalities that the BIM methodology (3D model associated with time) can offer to the civil construction's professionals in terms of management and control of infrastructure projects. For the elaboration of this research, were used as base: the projects, the physical and financial timetable, list of materials and equipment of the hydraulic block of the water treatment station, which is one of the elements of the high sertão water supply system, made available by the SEINFRA. This methodology is capable of anticipating conflicts and predicting mitigating resolutions, producing greater efficiency in infrastructure works. This study was started with the presentation of the theoretical reference that covers the themes of histories of the technical drawing, CAD, building planning and control, BIM, 4D BIM modelling and stages of a water treatment station, which are the most relevant and required issues to understanding the concept of this report. The work proceeds with 3D modeling made entirely in Revit 2017 software in a detailed way, following the data provide in the files. Still with these files, the physical timetable was made through the MS Project 2016. Once the models were elaborated, these were paired in the Navisworks Manage 2017 for the obtaining the results. Finally, the benefits that the BIM methodology provides are shown.

Keywords: BIM 4D; BIM Methodology; Infrastructure works; Building planning and control; Physical and financial timetable; ETA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pintura rupestre do sítio arqueológico Toca da Bastiana, São Raimundo Nonato.	16
Figura 2 - Terreno dividido em figuras geométricas.	17
Figura 3 – Épura.	17
Figura 4 - Uso do Desenho Assistido por Computador 2D em 1969.	19
Figura 5 - Uso do Desenho Assistido por Computador 3D em 1984.	20
Figura 6 - Gráfico de Gantt.	22
Figura 7 - Esquema da utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil.	23
Figura 8 - Benefícios ocasionados pelo BIM.	24
Figura 9 - Empresas e Órgãos que publicamente já deram o start na adoção do BIM.	26
Figura 10 - Estação de tratamento de água – ETA.	28
Figura 11 - Calha Parshall.	29
Figura 12 - Agitador mecânico do tipo axial.	29
Figura 13 - Decantador.	30
Figura 14 - Imagem de satélite do bloco hidráulica da ETA do município de Pariconha.	31
Figura 15 - Projeto de arquitetura elaborado no Revit.	33
Figura 16 - Projeto de instalações hidráulicas elaborado no Revit.	33
Figura 17 - Equipamentos elaborados no Revit.	34
Figura 18 - Associação de todos os projetos em um único modelo.	34
Figura 19 - Cronograma físico do bloco hidráulico.	35
Figura 20 - Modelo 4D.	36
Figura 21 - Vista geral do bloco hidráulico.	37
Figura 22 - Vista geral do bloco hidráulico.	38
Figura 23 - Canal de água decantada, filtros e galeria de comando.	38
Figura 24 - Floculadores.	38
Figura 25 - Decantadores.	39
Figura 26 - Detalhe do filtro com material suporte.	39
Figura 27 - Vista superior mostrando a calha Parshall, decantadores, filtros e tubulações hidráulicas.	39
Figura 28 – Vista imersiva das tubulações de água filtrada e de lavagem, bem como o canal de água filtrada.	40
Figura 29 - Checagem de medidas de maneira imersiva nos arredores do bloco hidráulico.	40

Figura 30 - Sequência construtiva, 01 de 04.	41
Figura 31 - Sequência construtiva, 02 de 04.	42
Figura 32 - Sequência construtiva, 03 de 04.	43
Figura 33 - Sequência construtiva, 04 de 04.	44
Figura 34 - Colunas responsáveis pelo controle da obra.	45
Figura 35 - A coloração vermelha indica que a obra está atrasada.	46
Figura 36 - A coloração azul indica que a obra está adiantada.	46
Figura 37 - Interferência entre o guarda-corpo e o pedestal de manobra elétrico.	47
Figura 38 - Interferência entre tubulações de ferro fundido.	48
Figura 39 - Interferência aceitável entre o agitador mecânico e a laje que o sustenta.	48
Figura 40 - Tipos de classificação que podem ser atribuídas às análises de interferência.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Benefícios ocasionados pela metodologia BIM.	25
Tabela 2 - Desafios que surgem com a implantação do BIM.	25
Tabela 3 - Descrição das etapas construtivas mostradas nas figuras 30 à 33.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Segunda Dimensão
3D	Terceira Dimensão
4D	Quarta Dimensão
5D	Quinta Dimensão
6D	Sexta Dimensão
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AsBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BM	Boletim de Medição
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
ETA	Estação de Tratamento de Água
GTBIM	Grupo Técnico BIM
IC	Indústria da Construção
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEINFRA	Secretaria de Estado da Infraestrutura
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

SUMÁRIO

1.0. INTRODUÇÃO	14
1.1. JUSTIFICATIVA	15
1.2. OBJETIVOS	15
1.2.1. Objetivo geral	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
2.0. REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1. HISTÓRICO DO DESENHO TÉCNICO	16
2.2. HISTÓRICO DO CAD (Desenho Auxiliado por Computador)	18
2.3. PLANEAMENTO E CONTROLE DE OBRAS	20
2.3.1. PLANEJAMENTO DE OBRAS	20
2.3.2. CONTROLE DE OBRAS	21
2.3.3. CRONOGRAMA FÍSICO	22
2.4. BIM – Building Information Modeling	23
2.5. MODELAGEM BIM 4D	26
2.6. ETAPAS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	27
3.0. METODOLOGIA	31
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	31
3.2. SOFTWARES UTILIZADOS	32
3.3. CRONOGRAMA FÍSICO	32
3.4. NÍVEL DE DETALHAMENTO E ETAPAS	33
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1. MELHOR VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DO MODELO	37
4.2. VISUALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA	40
4.3. CONTROLE DA SEQUÊNCIA DA OBRA	45
4.4. ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA	47

5.0.	CONCLUSÃO	49
6.0.	REFERÊNCIAS	50
7.0.	ANEXOS	53
7.1.	ANEXO 01 – PLANTAS DO BLOCO HIDRÁULICO	53
7.2.	ANEXO 02 – LISTA DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	57
7.3.	ANEXO 03 – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO INICIAL	59
7.4.	ANEXO 04 – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO FINAL.....	60

1.0. INTRODUÇÃO

O cenário atual da construção civil gira em torno de uma edificação que possui suas etapas de planejamento e elaboração de projetos executados por diversos profissionais, que na maioria das vezes, nunca se comunicaram entre si, tornando a edificação desta forma, fracionada, dependente de uma comunicação que ocorre de maneira ilustrada em papéis, o que acarreta em erros, custos imprevistos e eventuais atrasos no cronograma (EASTMAN et al. 2014, p.02). Ainda segundo o autor, um dos problemas frequentes relacionados à comunicação alicerçada em papéis durante a fase de projetos é o tempo e o custo necessários para obter informações críticas, como estimativas de custo, análise energética, detalhes estruturais e outros mais que são normalmente analisados por último, quando já não é possível, devido ao tempo, fazer modificações que possuem grande relevância.

A *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma ferramenta que permite a construção de um modelo virtual criado totalmente de forma computacional, onde esse modelo surge como um redutor de um dos principais problemas da Indústria da Construção (IC): a complexidade dos projetos atuais que, devido ao surgimento de novas tecnologias e materiais, impõe aos profissionais da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) a constante inovação em suas criações. Os custos estão mais elevados, prazos na execução estão cada vez menores e o desperdício de materiais e mão de obra não são tolerados. Deste modo, a metodologia BIM surge como instrumento de transformação do método tradicional de gestão da construção que não mais consegue acompanhar a crescente demanda do mercado.

Ainda no contexto BIM, a modelagem 4D mostra-se como uma nova forma de controle de obras que possibilita uma melhor ligação entre o que foi planejado com o que será executado, através de ferramentas gráficas capazes de antecipar inconsistências que ainda não aconteceram. De acordo com Eastman et al. (2014, p. 222) a metodologia de trabalho em quatro dimensões (4D) refere-se à aplicação de associações temporais aos modelos 3D. As ferramentas empregadas na utilização da tecnologia 4D propiciam aos idealizadores planejar visualmente e comunicar atividades no contexto do espaço e do tempo, ou seja, trabalhar em 4D é definir antecipadamente e controlar as etapas de execução de um projeto, delimitando prazos e metas.

1.1. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de um empreendimento construtivo demanda tempo, recursos e, para que haja sucesso, é necessária fluidez na comunicação entre os profissionais envolvidos no processo, além de um controle rigoroso. Estes itens, no geral, são mal gerenciados na indústria da construção.

Um estudo que mostre os benefícios decorrentes da aplicação da metodologia BIM 4D no que se refere à interação entre os vários profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto, desde o planejamento até a execução controlada, é significativo e crucial.

Difundir as vantagens proporcionadas pelo emprego desta metodologia à construção civil, apresentando as consequências benéficas no que tange ao gerenciamento de tempo e recursos, é sumamente importante para o desenvolvimento da área.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Demonstrar de maneira prática como a metodologia BIM 4D pode auxiliar o profissional da AEC a ser mais efetivo no gerenciamento de obras de infraestrutura.

1.2.2. Objetivos específicos

- Mostrar como o planejamento utilizando a metodologia BIM 4D pode ser eficaz, tomando como modelo, a construção do bloco hidráulico de uma ETA;
- Ilustrar como a análise de interferência pode ser eficiente na compatibilização dos projetos;
- Demonstrar que o planejamento 4D minimiza problemas de comunicação e melhora a troca de informações entre os envolvidos no empreendimento;
- Investigar a possibilidade de otimização do cronograma físico de execução da obra analisada.

2.0. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. HISTÓRICO DO DESENHO TÉCNICO

Desde os primórdios da humanidade o homem tem a necessidade de expressar-se com os seus iguais, conforme Defleur e Ball-Rokeach (1993, p. 26)

As primeiras formas humanas se comunicavam através de um número limitado de sons que eram fisicamente capazes de produzir, tais como rosnados, roncões e guinchos, além de linguagem corporal, provavelmente incluindo gestos com mãos ou braços, e movimentos de posturas de maior amplitude.

Esse sistema de expressão através de gestos e sons foi evoluindo para uma forma de linguagem oral “que foi considerado um estágio sucessivo à comunicação através dos gestos” (GIOVANNINI, 1987, p. 27). Então, com o passar das eras, nas paredes das cavernas surge o registro gráfico mais antigo da humanidade, a pintura rupestre, um **desenho** que para os povos antigos, segundo Oliveira (2015, p. 22) “representavam o desejo pela posse do elemento pintado, algo que seria feito ou adquirido. Assim, de forma mágica, o que era desenhado estava a caminho da conquista ou da realização”. A ilustração de uma pintura rupestre é apresentada na figura 1.

Figura 1 - Pintura rupestre do sítio arqueológico Toca da Bastiana, São Raimundo Nonato.

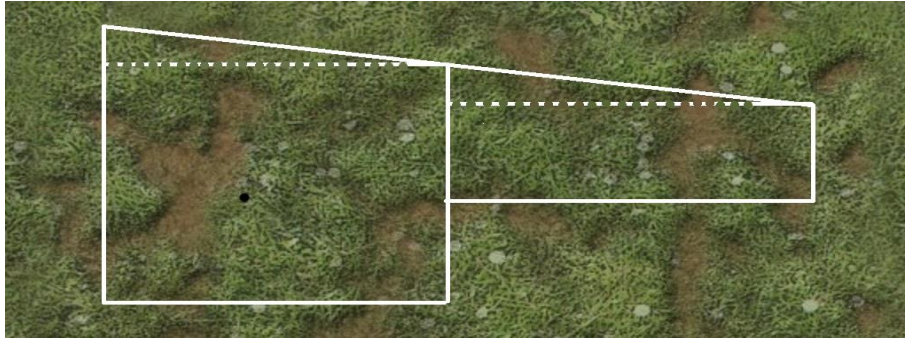


Fonte: Divalte, 2009.

Segundo Serra (2008, p. 03) “um grande fato no desenvolvimento do desenho foi o a concepção da geometria (do grego *geo* = terra + *metria* = medida, ou seja, ‘medir terra’) com base na matemática”.

“A utilização das figuras geométricas e suas combinações se mostraram muito úteis na determinação das áreas dos terrenos para fins de arrecadação de impostos” (HISTÓRIA *apud* SERRA, 2008, p. 04). A figura 2 que mostra um terreno dividido em figuras geométricas.

Figura 2 - Terreno dividido em figuras geométricas.



Fonte: O autor.

“A linguagem da expressão gráfica apresenta-se sob a forma de desenhos que descrevem a forma, o tamanho e as especificações de objetos sólidos. A linguagem é lida interpretando-se os desenhos de modo que objetos materiais possam ser traçados como foram concebidos” (SILVA, 2001, p. 51).

No final do século XVII o matemático francês Gaspar Monge desenvolveu um método de dupla projeção ortogonal que ficou conhecido como método Mongeano. O desenho técnico usa o método Mongeano como base, porém, com o nome de método das projeções ortográficas (RABELLO, 2005, p.18). Ainda segundo Rabello (2005, p. 21) essas representações ortográficas são feitas através da épura, uma maneira de retratar o volume de um sólido no plano. A épura é ilustrada na figura 3.

Figura 3 – Épura.



Fonte: PET Civil - UFPR, 2013.

Segundo Pastana (2006, p. 13) o desenho técnico é uma ferramenta gráfica utilizada na representação de forma, dimensão e posição de objetos, ajustando-se aos objetivos ensejados em cada área a qual seja aplicada. Ainda segundo o autor, valendo-se de um conjunto de linhas, símbolos, indicações padronizadas e afins, o desenho técnico é definido como a linguagem gráfica universal da engenharia e da arquitetura.

Sendo assim, como linguagem que é, o desenho técnico deve ser exato, claro e facilmente interpretado por quem o utiliza. Como um idioma é envolto por regras, o desenho técnico é padronizado através de normas técnicas. Convenções foram estabelecidas internacionalmente, criando um único sistema de normalização utilizado na fabricação de peças, máquinas, edificações e esquemas elétricos (SILVA, 2001, p. 52).

Visando esta padronização, em Londres, no ano de 1946, membros de vários países reuniram-se e colocaram em pauta a coordenação e a junção de normas industriais. Então, decidiram criar uma organização internacional que facilitasse esta unificação. Esta organização começou a funcionar oficialmente em fevereiro de 1947, com sede em Genebra, sendo denominada *International Organization for Standardization* (ISO) (ABNT, 2011, p. 39).

Já no Brasil, em setembro de 1940, foi criada a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – responsável pela edição e aprovação das normas brasileiras (ABNT, 2011, p. 49).

2.2. HISTÓRICO DO CAD (Desenho Auxiliado por Computador)

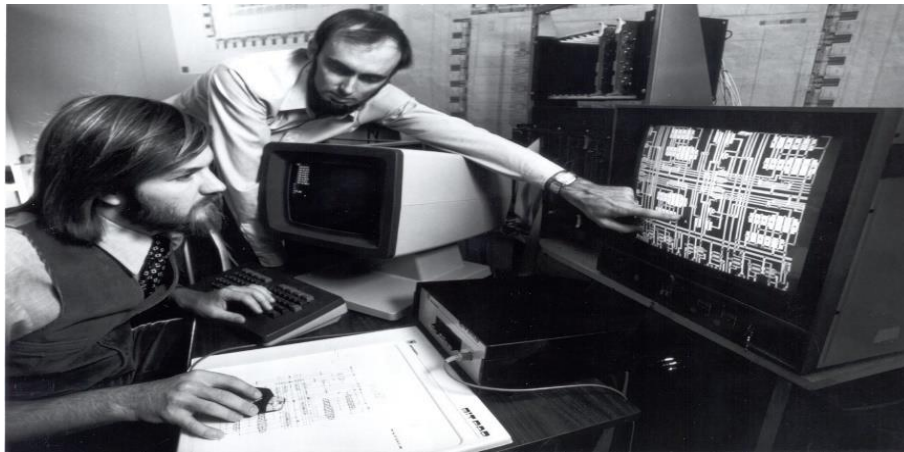
O processo de elaboração de projetos tem passado por constantes modificações, evoluindo e se adequando ao mercado como um todo e, como em quaisquer ramos produtivos, o avanço tecnológico tem forte influência sobre as diretrizes dos processos e, de igual modo, as etapas, os meios de trabalho e suporte da elaboração de projetos são influenciados. Por isto, com o surgimento do computador, profissionais da área de desenho técnico tiveram que se adaptar, aderindo à fusão das suas técnicas já conhecidas com o uso do computador.

Por volta da metade do século XX, percebeu-se a problemática da implementação da geometria no computador e a partir daí, com o aproveitamento das técnicas de modelagem e das potencialidades do computador, nasceu a *Geometria Dinâmica* (SCHIMIDT, 2002, p. 05).

A Geometria Dinâmica permite conciliar parâmetros perceptivos das representações gráficas com as particularidades formais dos objetos. Deste modo, pontos, linhas, arcos, etc. podem ser criados eletronicamente e manipulados, preservando as características intrínsecas dos elementos, sendo movimentados na tela sem alterar as posições relativas entre eles, e esse dinamismo é a chave da Geometria Dinâmica (SCHIMIDT, 2002, p. 05).

O incremento desta ferramenta marcou o período de transição da representação através de desenhos bidimensionais feitos à mão para contornos também em duas dimensões, mas elaborados com a utilização de softwares para CAD – *Computer Aided Design* – ou desenho assistido por computador (GTBIM AsBEA, 2013, p. 06). O uso CAD é ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Uso do Desenho Assistido por Computador 2D em 1969.

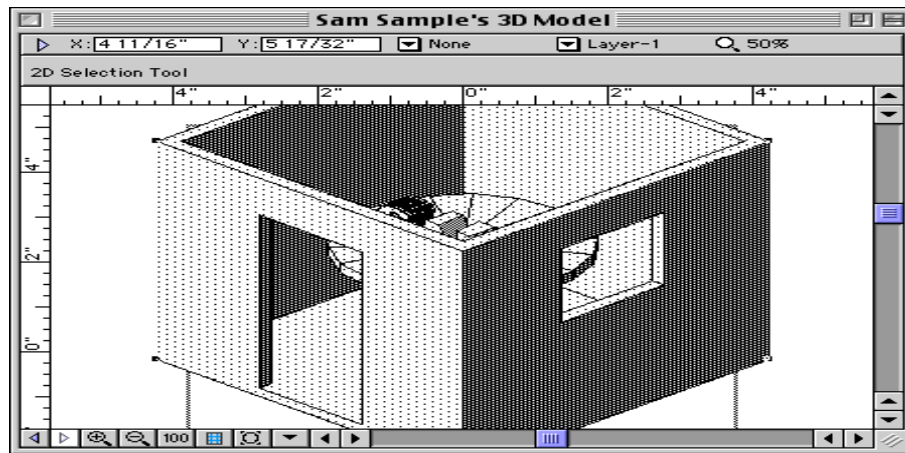


Fonte: Engineering History, 2014.- FX

Assim, no início da implementação do CAD, o desenho de um produto era desenvolvido apenas através de vistas, em duas dimensões (CAD 2D), ainda que eletronicamente. Com o contínuo avanço, também em uma plataforma CAD, desenvolveu-se a possibilidade de representação em três dimensões (CAD 3D), onde o produto é modelado no espaço tridimensional, facilitando o entendimento e aumentando a semelhança visual com a realidade física do produto final (SILVA, 2011, p. 29).

A modelagem de geometria em 3D se deu através da possibilidade de, com um conjunto definido de faces e poliedros, representar volumes com o propósito de visualização (Figura 5). Inicialmente, os projetos de objetos em 3D eram conceitualmente muito estranhos para uma grande parcela dos projetistas, que ficavam mais à vontade desenvolvendo seus projetos em 2D. No entanto, a ferramenta, ainda assim, se difundiu muito, isso devido à série de vantagens que oferece (EASTMAN et al., 2014, p. 327).

Figura 5 - Uso do Desenho Assistido por Computador 3D em 1984.



Fonte: Render, 2014.

2.3. PLANEAMENTO E CONTROLE DE OBRAS

O sucesso de uma construção é determinado não somente durante a realização das etapas de campo (execução de fundações, estrutura, instalações, etc.), mas também, e de forma significativa, desde a fase de planejamento.

Segundo Mattos (2010, p. 21), o processo de planejamento e controle desempenha um papel primordial nas empresas e tem como um de seus resultados um forte impacto nos setores produtivos. Também conforme o autor, estudos produzidos no Brasil e no exterior revelam que, entre os motivos que levam à baixa produtividade, falhas no planejamento e no controle estão entre os fatores mais influentes, inclusive quanto às perdas de material e desperdício de mão-de obra, além da baixa qualidade dos produtos.

2.3.1. PLANEJAMENTO DE OBRAS

Durante o planejamento de uma obra é indispensável que os responsáveis por este processo conheçam, de maneira detalhada, as etapas do empreendimento. Além disso, é necessário que estes responsáveis possuam um elevado grau de conhecimento sobre projetos para desenvolverem, da maneira mais eficiente possível, cada passo dos trabalhos que lhes sejam designados para que o processo resulte na obra finalizada, no mínimo, como o esperado.

O planejamento de uma obra é o desenvolvimento e a ordenação do conjunto de etapas necessárias e almejadas para suscitar o produto final. Isto é feito levando em consideração uma série de fatores como custos, capacidade de mão-de-obra, prazos, demandas do cliente, clima, tempo, etc.

De acordo com Limmer (2008, p. 16), o plano inicial estabelecido com base no conhecimento de dados referentes ao projeto é denominado Plano Mestre e este é composto dos seguintes elementos:

- Resumo descritivo do projeto;
- Especificações das características e detalhamento do desempenho final esperado;
- Definição da metodologia de execução;
- Cronograma;
- Procedimentos administrativos e operacionais do gerenciador harmonizados com os do(s) proprietário(s);
- Alocação de recursos de mão-de-obra, materiais e equipamentos;
- Matriz de responsabilidades;
- Estrutura operacional do projeto;
- Sistemas de informações do projeto;
- Sistema de controle.

Pelos itens acima, percebe-se o quanto o planejamento de um projeto, bem como sua execução, depende de fato do domínio das informações a respeito do empreendimento em conjunto com o entendimento dos profissionais. A coordenação entre os dados conhecidos e os objetivos finais são fatores cruciais para o desenvolvimento das estratégias de planejamento e controle de obras.

2.3.2. CONTROLE DE OBRAS

Nesta etapa do processo é que se define, na prática da gestão, o andamento ordenado da execução, em outros termos, durante o controle de uma obra é que as metas traçadas no planejamento são acompanhadas e geridas de modo que saiam do âmbito do planejamento e transcorram, durante o processo de produção, o máximo possível conforme o planejado.

Não obstante a toda a estrutura organizacional considerada, é comum que um projeto, ao longo da sua consumação, apresente desvios em relação ao planejado. Por isto, é

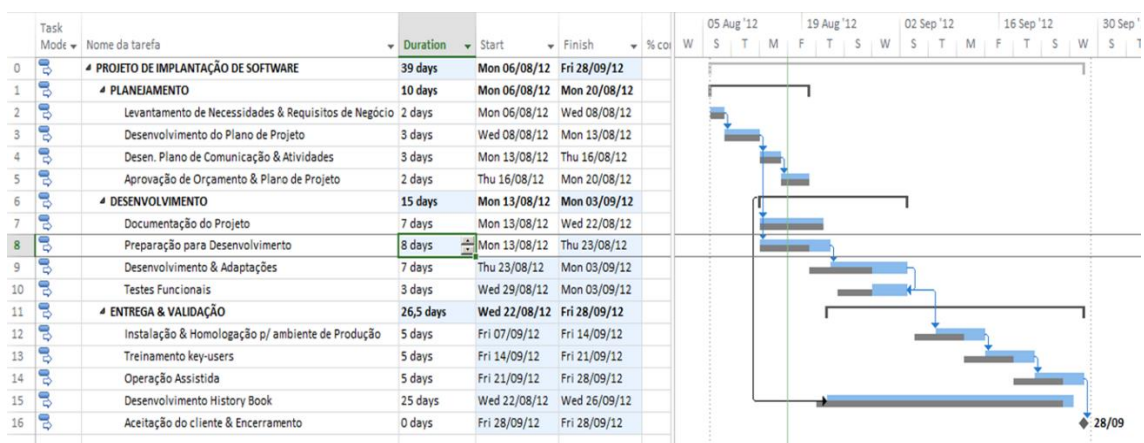
necessário controlar os parâmetros significativos do projeto e confrontá-los com os objetivos estabelecidos na etapa de planejamento. Sendo assim, dependendo do desvio apurado, o Plano Mestre deve ser reformulado ou, no mínimo, ajustado, visando a execução das etapas subsequentes da forma mais eficiente possível, garantindo o alcance dos objetivos anteriormente preestabelecidos (LIMMER, 2008, p. 18).

Conforme conceito formulado por Mattos (2010, p. 26) “planejamento sem controle não existe, o binômio é indissociável”, isso porque, se um dos propósitos do planejamento é minimizar as incertezas da obra, é necessário que o gestor possua algum mecanismo de apropriação de dados para análise periódica, para que se verifique se o seu planejamento está sendo proveitoso ou se há necessidade de refazê-lo.

2.3.3. CRONOGRAMA FÍSICO

O cronograma físico-financeiro, segundo Dias (2011, p. 173), é uma ferramenta que possibilita a reprodução gráfica do plano de execução de uma obra e deve abranger todas as fases desta, até a desmobilização do canteiro. No caso do cronograma físico adota-se usualmente o diagrama ou gráfico de Gantt (figura 6) para sua representação.

Figura 6 - Gráfico de Gantt.



Fonte: Santos, 2012.

O autor prossegue explicando que o cronograma físico demonstra a previsão da evolução física de cada serviço (execução de fundação, estrutura, alvenaria, etc.) relacionada ao tempo (geralmente dias e meses), propiciando avaliações periódicas de acertos e conformidade. A representação do cronograma deve ser feita de maneira clara, para que o responsável pelo empreendimento o interprete sem dificuldades e de maneira eficaz.

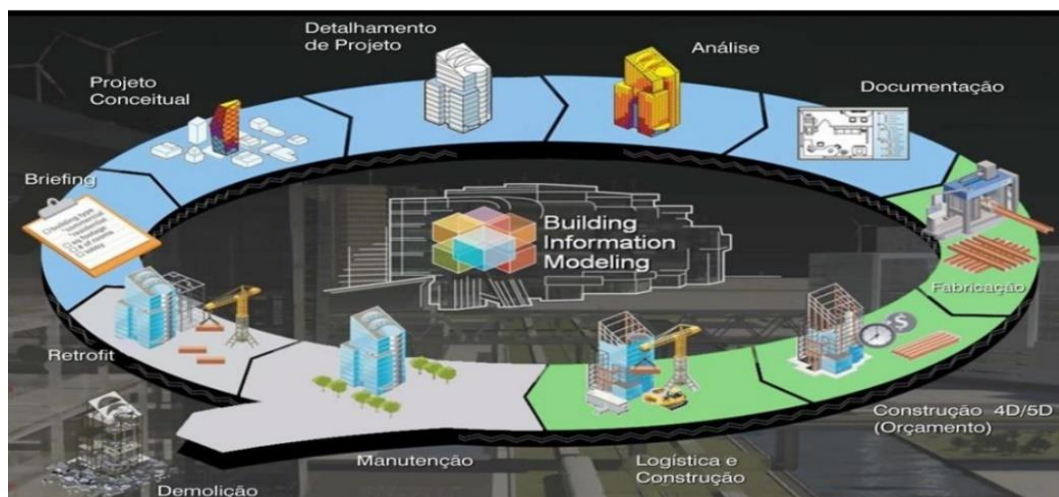
Existem ferramentas, atualmente, que auxiliam de forma satisfatória na elaboração de cronogramas físicos, sendo de alto valor técnico para a gestão de empreendimentos, possuindo boa precisão e funções que aceleram sua elaboração e reduzem a possibilidade de erro.

2.4. BIM – Building Information Modeling

No decorrer do regime evolutivo dos *softwares* e *hardwares*, uma nova plataforma surgiu para auxiliar no desenvolvimento de projetos, utilizando conceitos e processos inovadores: a Modelagem da Informação da Construção, ou *BIM – Building Informations Modeling* (GTBIM AsBEA, 2013, p. 06).

Segundo Araújo (2015, p. 05), o BIM é uma metodologia de trabalho que funciona centrada no princípio de que a construção virtual deve ser elaborada em todas as suas etapas, desde o planejamento aos projetos executivos, reformas, demolições, etc. Ele está presente desde as tarefas do estudo preliminar até questões de logística, manutenção, demolição e reforma, assim, a figura 7 ilustra como o BIM atua em todo o ciclo de vida de uma edificação. Ainda conforme Araújo, construir a obra por completo de forma virtual antes de executá-la antecipa a percepção de vários problemas que aconteceriam na realidade. Um dos fatores para que esta previsão seja alargada e facilitada é a capacidade de melhor integração entre os diversos profissionais envolvidos no projeto, permitindo que todos os projetos sejam unificados em um modelo, analisando e compatibilizando com relatórios de interferência automáticos.

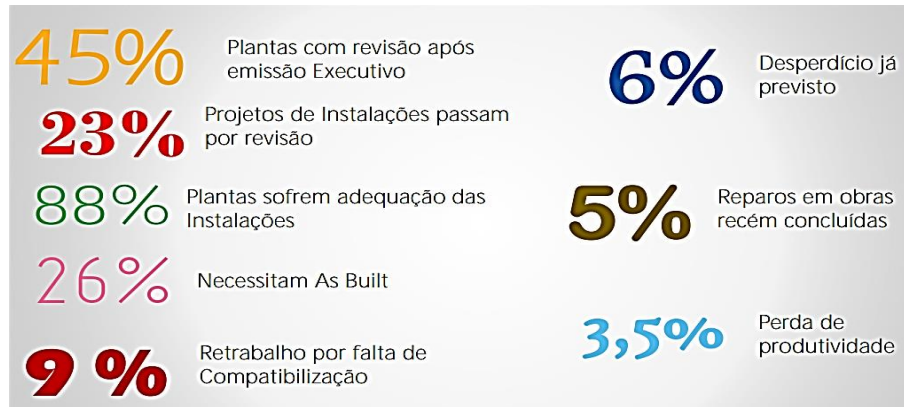
Figura 7 - Esquema da utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil.



Fonte: Araújo, 2015.

Estatísticas comprovam as grandes contribuições do BIM para as áreas de AEC. A figura 8 mostra algumas perdas significativas que podem ser consideravelmente reduzidas com a implementação da metodologia BIM.

Figura 8 - Benefícios ocasionados pelo BIM.



Fonte: Cardial e Alejandro, 2015.

Além das três dimensões usualmente conhecidas (comprimento, largura e altura), podem ser incrementadas ainda outras. O tempo é uma das dimensões que podem ser acrescentadas e, assim fazendo, cria-se o modelo 4D. Agregando o custo, gera-se o 5D e assim por diante. Seguem listadas algumas possíveis realidades multidimensionais que podem ser implementadas conforme as necessidades do empreendimento (ADDOR et al., 2010, p. 110):

- 3D: Visualização do modelo
- 4D: Cronograma físico e sequência da obra;
- 5D: Estimativa de custos de material, mão-de-obra, equipamentos, etc.;
- 6D: Operação e manutenção da construção;
- nD: etc.

Eastman et al. (2014, p.16) cita os benefícios que o BIM pode oferecer, apresentado na tabela 1, nas fases de pré-construção para o proprietário, projetos, construção e fabricação e pós-construção.

Tabela 1 - Benefícios ocasionados pela metodologia BIM.

Pré-construção para o proprietário	1	conceito, viabilidade e benefícios no projeto
	2	Aumento da qualidade e do desempenho da construção
Projeto	3	Visualização antecipada e mais precisa de um projeto
	4	correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto
	5	Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto
	6	Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto
	7	Verificação facilitada das intenções de projeto
	8	Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto
	9	Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade
Construção e Fabricação	10	Sincronização de projeto e planejamento da construção
	11	Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (análise de interferências)
	12	Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro
	13	Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados
	14	Melhor implementação e técnicas de construção enxuta
Pós-construção	15	Sincronização da aquisição de materiais com projeto e a construção
	16	Melhor gerenciamento e operação das edificações
	17	Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades

Fonte: Eastman et al., 2014.

Como qualquer tecnologia que acabara de surgir, alguns desafios surgem com implantação do BIM, que segundo Eastman et al. (2014, p.16) são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 - Desafios que surgem com a implantação do BIM.

1	Colaboração entre equipes
2	Mudanças legais na propriedade dos dados do projeto, fabricação, análise e construção
3	Mudanças na prática e no uso da informação
4	Questões ligadas à implantação

Fonte: Eastman et al., 2014.

Interoperabilidade

A capacidade de integração de vários setores do desenvolvimento administrativo de um projeto, possibilitados pela plataforma BIM, leva à necessidade de fluidez para o máximo da eficiência dos *softwares* utilizados. Esta necessidade decorre do fato de um projeto possuir várias fases e participantes distintos. Estes precisam interagir, trocar informações durante todo o processo. Se há boa interoperabilidade, a necessidade de réplica de dados é eliminada, além de facilitar, de forma automatizada, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p.80).

Por isso, há uma naturalidade na intenção de integrar e combinar aplicações para proporcionar funcionalidades além das que podem ser oferecidas por uma única companhia desenvolvedora de *softwares*. O método de integração é indispensável para empreendimentos

de porte considerável, pois conseguir interoperabilidade entre os vários sistemas utilizados é mais fácil, em grande proporção, do que deslocar as empresas de todas as equipes para uma única plataforma. Por isso, o IFC – *Industry Foundation Classes* – é um dos modelos de dados padrões, públicos e internacionais, utilizados para o intercâmbio de dados e integração dentro das indústrias que utilizam o BIM (EASTMAN et al, 2014, p. 68). A interoperabilidade é um conceito importante e básico para que os modelos interajam entre si.

A figura 9 confirma que o BIM já é uma realidade e que diversas empresas brasileiras já estão aderindo ao seu uso.

Figura 9- Empresas e Órgãos que publicamente já deram o *start* na adoção do BIM.



Fonte: Cardial e Alejandro, 2015.

2.5. MODELAGEM BIM 4D

Uma das formas de integração comumente utilizada do BIM é a aplicação em quatro dimensões (modelagem 4D). Esta estrutura, basicamente, é formada pela junção da construção virtual em três dimensões com o cronograma físico – período em que se prevê entregá-la construída (SILVEIRA; GÓMEZ; JUNGLES, 2006).

Os benefícios decorrentes da utilização da plataforma BIM, especialmente em 4D, são incontáveis, reduzindo problemas desde o atendimento ao cliente até a busca de medidas mitigadoras para resolução de imprevisto (FOUQUE, 2010, p. 13).

Profissionais da indústria brasileira da construção civil analisaram algumas das várias potencialidades da aplicação do BIM 4D. Em ordem decrescente em grau de importância, os itens listados são (FOUQUE, 2010, p. 213):

- Identificação de interferências e conflitos de espaço e tempo durante a construção;
- Capacidade de integração entre todos os profissionais envolvidos na fase de projeto;
- Facilitação na visualização e interpretação gráfica;
- Análise dos impactos devido a mudanças no planejamento;
- Apoio no sequenciamento e adequação ideal do cronograma;
- Inserção de equipamentos e elementos de canteiro de obras.

Apesar das claras vantagens da utilização dos modelos BIM na elaboração e execução dos projetos, a indústria da construção civil, de modo geral, precisa entender melhor e de maneira mais abrangente sobre como utilizá-los para o gerenciamento de projetos (HARTMANN; GAO; FISCHER, 2008).

Para a construção civil, a junção de cronograma ao projeto é uma vantagem exorbitante, principalmente quando é possível ver como cada etapa pode afetar outras posteriores, permitindo rearranjos temporais, relocação de mão-de-obra, redistribuição de tarefas e ainda várias outras medidas preventivas ou corretivas quando necessário.

Porém, os cronogramas tradicionalmente utilizados não possuem informações suficientemente completas e contextualizadas com o espaço e a complexidade dos componentes de um projeto, o que acarreta uma representação tendenciosamente irreal do planejamento. Os modelos em 4D, coordenados através da plataforma BIM, permitem aos idealizadores maior aproveitamento das potencialidades da plataforma, inclusive relativas ao andamento da construção como um todo em comparação ao cronograma. Cada etapa pode ser mais facilmente entendida no seu contexto e, assim, controlada (KOO; FISCHER *apud* BRITO; FERREIRA, 2015, p. 205).

2.6. ETAPAS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento da água possui a finalidade de reduzir a quantidade de impurezas que estão presentes na água bruta. Um sistema de abastecimento de água, segundo Freitas (2011, p. 05) possui os seguintes elementos:

- Equipamento de captação, situado em poços, galerias de infiltração, nascentes, rios, lagos, represas, barragens, etc., para recolha de água bruta;

- Conduitos de adução, para transporte da água bruta, dos locais de captação às estações de tratamento;
- Estação de tratamento, cujas dimensões e complexidade dependem da dimensão da população a servir e das características da água a tratar;
- Equipamento para bombeamento da água entre a estação de tratamento e um ou mais reservatórios;
- Reservatórios em locais estratégicos, para que a água chegue ao consumidor com a pressão desejável. Os reservatórios também permitem acumular água com o objetivo de dar resposta às situações de emergência, ou atenuar eventuais déficits nos períodos de grande consumo;
- Rede de distribuição, constituída por vários tipos de condutas e canalizações que conduzem a água até o local de consumo.

Ainda segundo Freitas “o tratamento convencional é composto de várias etapas, as quais podem ser utilizadas em várias combinações: **coagulação, floculação, decantação, filtração, fluoretação e desinfecção**”. A figura 10 ilustra uma ETA (estação de tratamento de água).

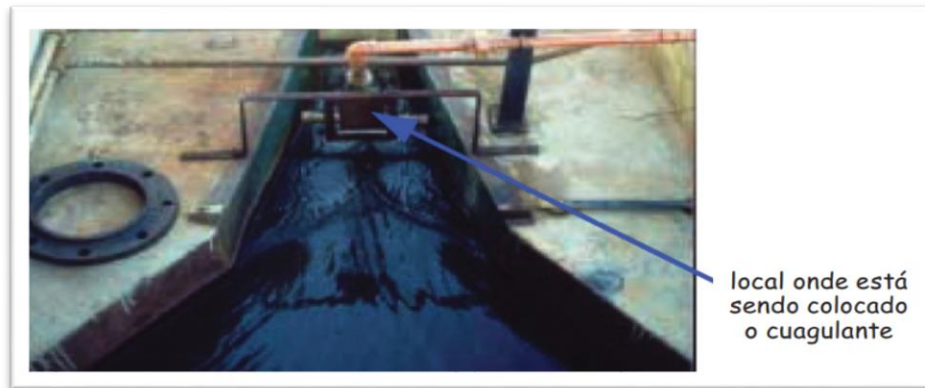
Figura 10 - Estação de tratamento de água – ETA.



Fonte: Ambiente energia, 2017.

A **coagulação** tem como objetivo desestabilizar as moléculas presentes na água preparando-as para serem removidas na etapa subsequente. Isso é feito através do agente coagulante sulfato de alumínio que é o mais utilizado, porém existem entre outros, que fazem as partículas de sujeira se juntarem. Essa etapa de coagulação é feita por agitadores hidráulicos (calha Parshall) ilustrado na figura 11, ou mecânicos (turbinas) (SNSA, 2007, p. 32).

Figura 11 - Calha Parshall.



Fonte: SNSA, 2007.

A etapa de **floculação** diferentemente da anterior, é agitada de forma lenta, para que as partículas de sujeira se unam e formem flocos. Os flocladores podem ser de hidráulicos (fluxo horizontal, fluxo vertical e alabama) e mecânicos (fluxo radial, fluxo axial e fluxo axial e radial) (SNSA, 2007, p. 33). A figura 12 ilustra um agitador mecânico utilizado em flocladores do tipo mecânico.

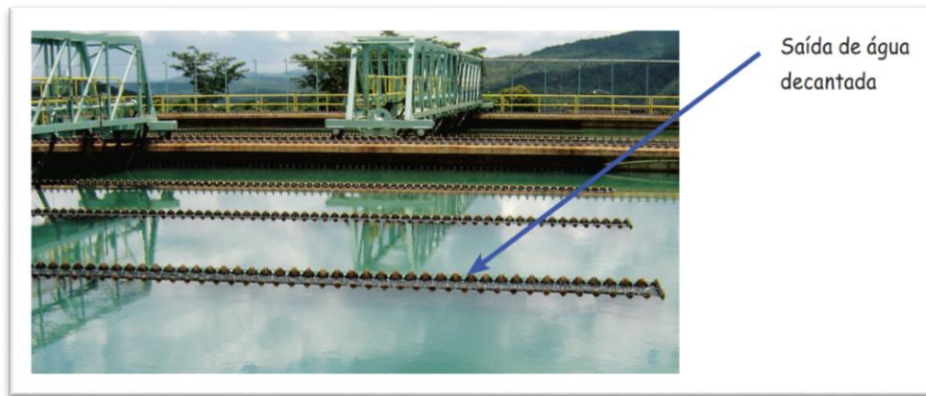
Figura 12 - Agitador mecânico do tipo axial.



Fonte: Meio filtrante, 2013.

No processo de **decantação** a água não sofre mais agitação e os flocos formados na etapa anterior vão sendo depositados no fundo do decantador, ilustrado na figura 13 (SAAE, 2006, p. 06), que em seguida o lodo formado pelos flocos é retirado para o devido tratamento.

Figura 13 - Decantador.



Fonte: SNSA, 2007.

Segundo Freitas (2011, p. 11) o processo de **filtração** consiste no uso de filtros compostos por camadas filtrantes que são utilizados para remover impurezas e flocos que não foram decantados. Os filtros de um processo convencional são de gravidade, podendo utilizar leito simples (apenas areia) ou leito duplo (areia e carvão).

Na **desinfecção** acontece a destruição dos microrganismos patogênicos que estão presentes na água (bactérias, vermes, vírus). Os principais agentes desinfetantes usados no tratamento de água são: cloro, cloraminas, dióxido de cloro, ozônio e radiação ultravioleta (SAAE, 2006, p. 06).

Segundo Freitas (2011, p. 11) a **fluoretação** implica na adição de compostos de flúor na água de abastecimento público com o intuito de prevenir a incidência da cárie dental que ocorre pela conjunção de três fatores: dieta rica em açúcares, dente frágil e atuação das bactérias presentes no meio bucal.

O processo de fluoretação é opcional e depende da concentração de flúor presente na água bruta. Além dos processos citados, pode haver necessidade de alcalinização da água final, para correção do pH, tornando a água própria para consumo humano.

3.0. METODOLOGIA

A construção de um modelo virtual utilizando a metodologia BIM 4D teve como base o bloco hidráulico, destacado na figura 14, da estação de tratamento de água, localizada no município de Pariconha no sertão alagoano, que é um dos elementos do sistema de abastecimento de água do alto sertão, uma importante obra de infraestrutura hídrica que, segundo o Ministério de Integração Nacional (2016), levará água para 130 mil pessoas em 8 municípios: Água Branca, Canapi, Delmiro Gouveia, Inhapi, Mata Grande, Olho D'água do Casado, Pariconha, Piranhas e 40 povoados. Esse sistema será capaz de captar a água do canal do sertão do estado de Alagoas e não mais diretamente do rio São Francisco.

Figura 14 - Imagem de satélite do bloco hidráulica da ETA do município de Pariconha.



Fonte: Google Maps, 2017.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A estação de tratamento de água é uma obra complexa, grandiosa e repleta de detalhes construtivos. Por isso, o objeto de estudo será apenas o bloco hidráulico com o seguinte acervo:

- Projetos de arquitetura e instalações hidráulicas - anexo 01;
- Lista de equipamentos e materiais - anexo 02;
- Cronograma físico-financeiro inicial - anexo 03;
- Cronograma físico-financeiro final - anexo 04.

O modelo virtual 4D foi elaborado com base nos arquivos, citados anteriormente, fornecidos pela SEINFRA – Secretaria de Estado da Infraestrutura, do estado de Alagoas. É importante ressaltar que só a parte física do cronograma será utilizada para este estudo.

3.2. SOFTWARES UTILIZADOS

A escolha dos softwares que utilizam a metodologia BIM é de extrema importância, pois estas são as ferramentas básicas empregadas para a criação do planejamento 4D. Assim, devem ter boa trabalhabilidade, ser compatíveis com outros softwares e ter rápido processamento de informações. Para o estudo em questão foram utilizados dois softwares da empresa Autodesk, **Revit** e **Navisworks** ambos na versão 2017, visando não ter problemas com compatibilidade nos projetos, uma vez que são do mesmo fabricante e o **MS Project 2016** da Microsoft.

O Revit, de acordo a Autodesk, é uma ferramenta poderosa que proporciona ao projetista planejar, projetar, construir e gerenciar obras de infraestruturas. Ainda segundo a Autodesk, o Navisworks na versão Manage é a solução para analisar, simular e coordenar informações de obras de infraestrutura, onde é possível combinar projetos multidisciplinares em um único modelo, antecipando e evitando problemas futuros nas construções. De acordo com a Microsoft, o MS Project é um software de controle e gestão de projetos que auxilia os profissionais das mais diversas áreas. O software conta com funções de visualização por meio do gráfico de Gantt, associação entre tempo e custo, visualização de caminho crítico, geração de diversos relatórios e apresentações efetivas.

A escolha dos softwares Revit e Navisworks para a elaboração deste trabalho, deve-se pelo fato da Autodesk fornecer licença gratuita para estudantes. Já a versão do software MS Project utilizada, foi uma versão de teste de 30 dias. No que se refere ao conhecimento necessário para utilização dos softwares, foram utilizados manuais e ajuda online, ambos disponibilizados pelos fabricantes.

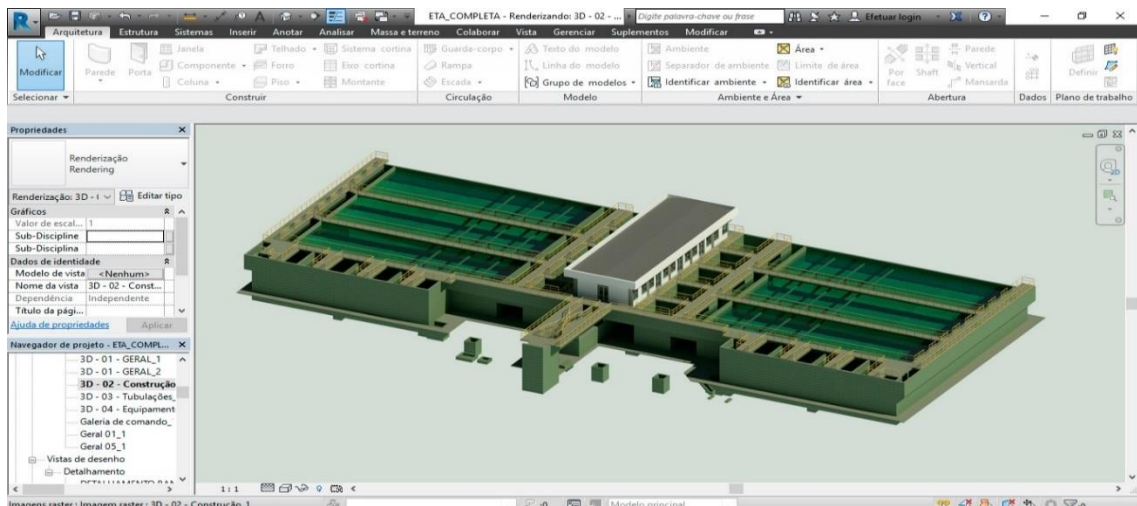
3.3. CRONOGRAMA FÍSICO

O cronograma físico mostra o tempo que os trabalhos irão durar, essa divisão do tempo é feita baseada nas etapas da obra. Como este trabalho está analisando apenas o bloco hidráulico em relação aos projetos de arquitetura e instalações hidráulicas, o cronograma utilizado será diferente do habitual, não diferindo tanto se o mesmo fosse elaborado do jeito convencional. Assim, o cronograma físico será feito seguindo as etapas do tratamento convencional da água, respeitando a lógica da construção e tendo como base o modelo fornecido pela SEINFRA.

3.4. NÍVEL DE DETALHAMENTO E ETAPAS

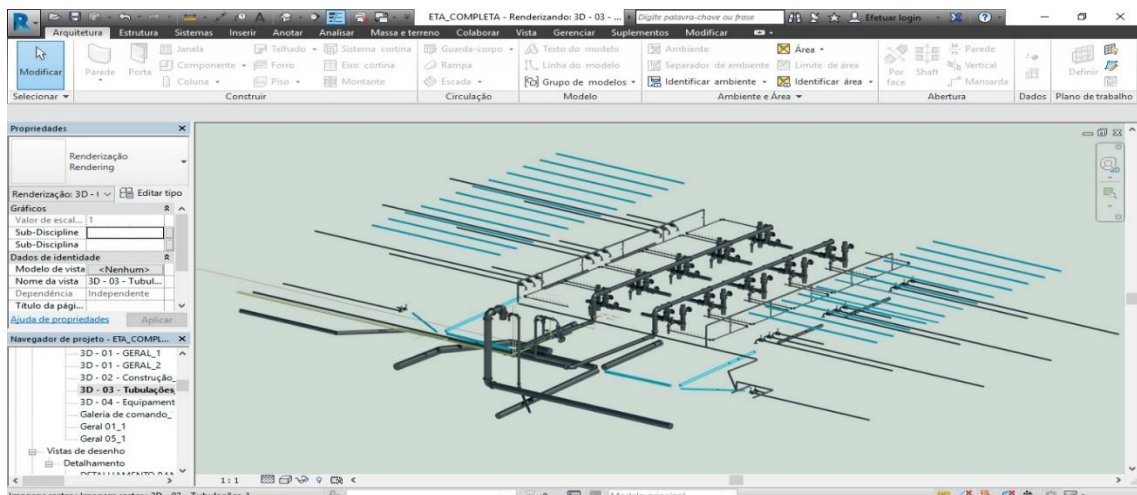
O nível de detalhamento é um fator de grande importância, pois está diretamente relacionado à qualidade final do planejamento 4D. Erros nesta etapa podem ocasionar prejuízos financeiros e de prazo. Esse detalhamento, tanto no modelo 3D como no cronograma físico, deve ser definido e bem estabelecido visando a qualidade final do planejamento 4D. A etapa 01 foi iniciada com a modelagem 3D feita inteiramente no software Revit, seguindo rigorosamente os projetos (anexo 01) e lista de materiais e equipamentos (anexo 02). A modelagem do projeto arquitetônico, projeto de instalações hidráulicas e equipamentos (pedestais de manobra, agitadores mecânicos, bombas e comportas manuais) é apresentada nas figuras 15, 16 e 17, respectivamente.

Figura 15 - Projeto de arquitetura elaborado no Revit.



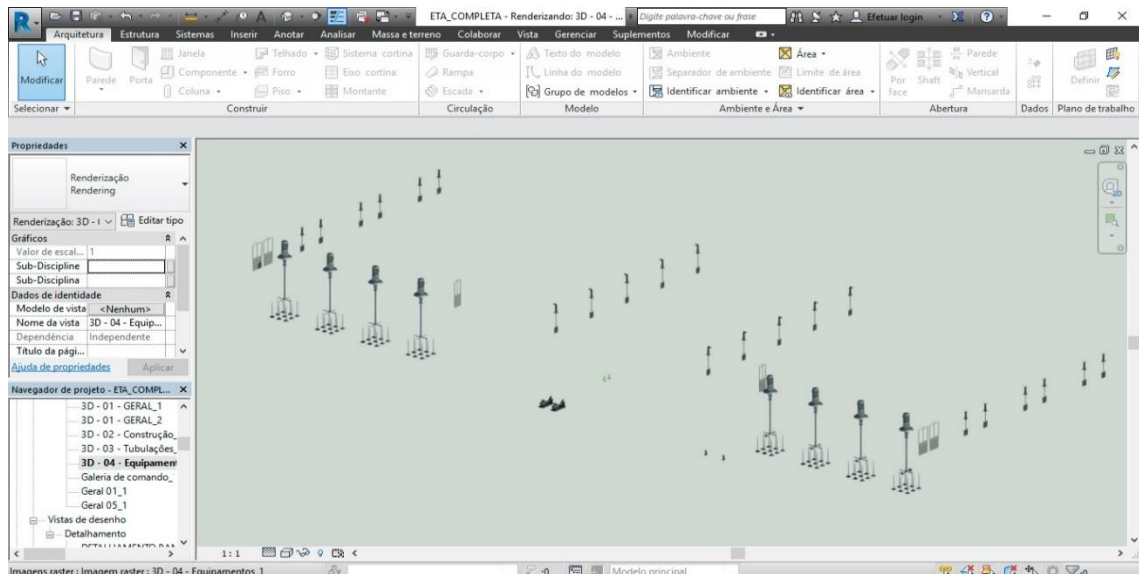
Fonte: O autor, 2017.

Figura 16 - Projeto de instalações hidráulicas elaborado no Revit.



Fonte: O autor, 2017.

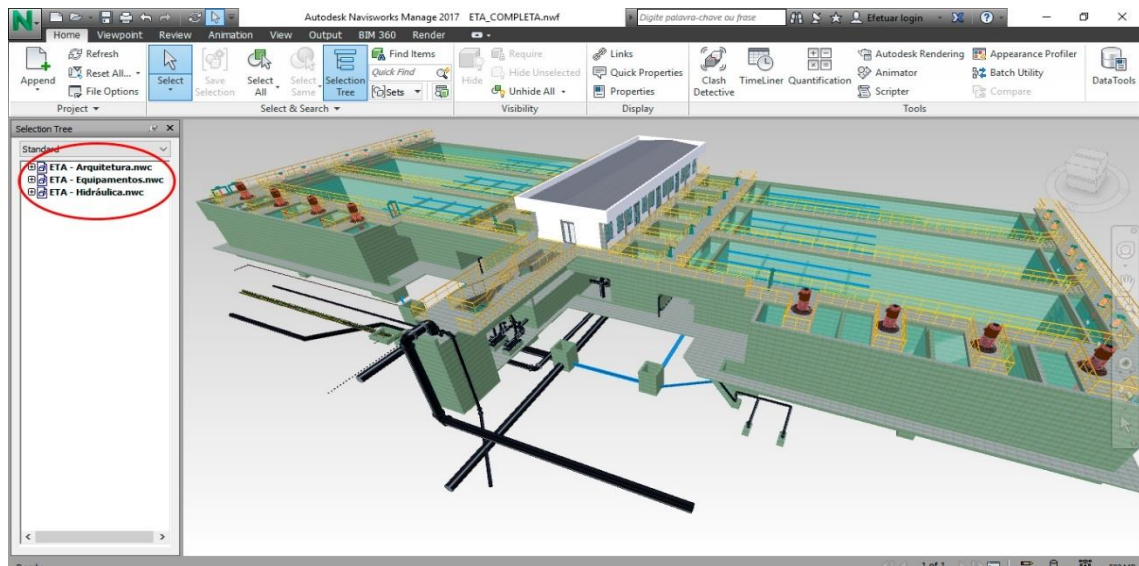
Figura 17 - Equipamentos elaborados no Revit.



Fonte: O autor, 2017.

A segunda etapa foi feita no Navisworks Manage, onde foram inseridos os projetos de arquitetura, instalações hidráulicas e equipamentos para serem realizadas as devidas análises. A figura 18 ilustra todos os projetos inseridos no Navisworks.

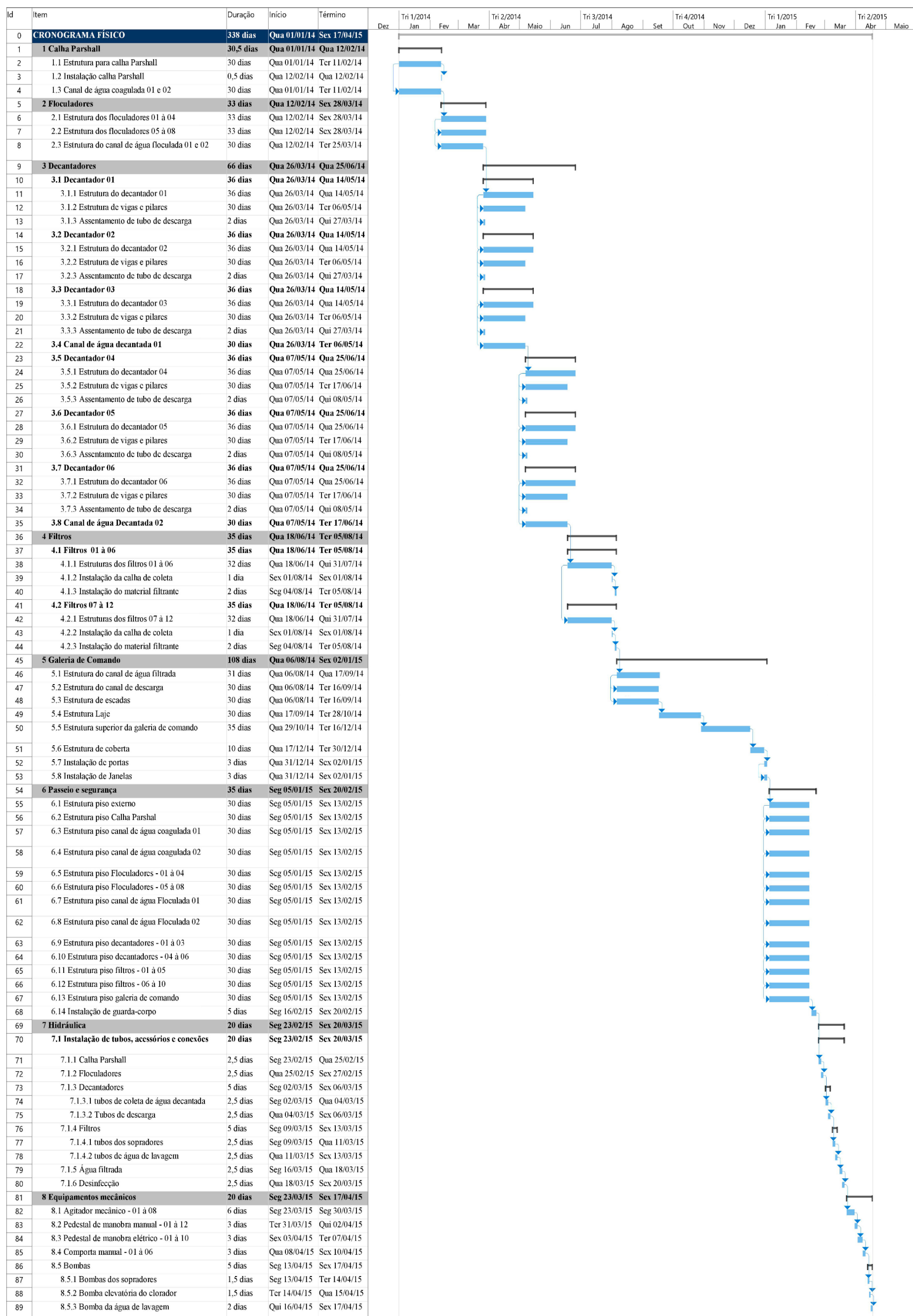
Figura 18 - Associação de todos os projetos em um único modelo.



Fonte: O autor, 2017.

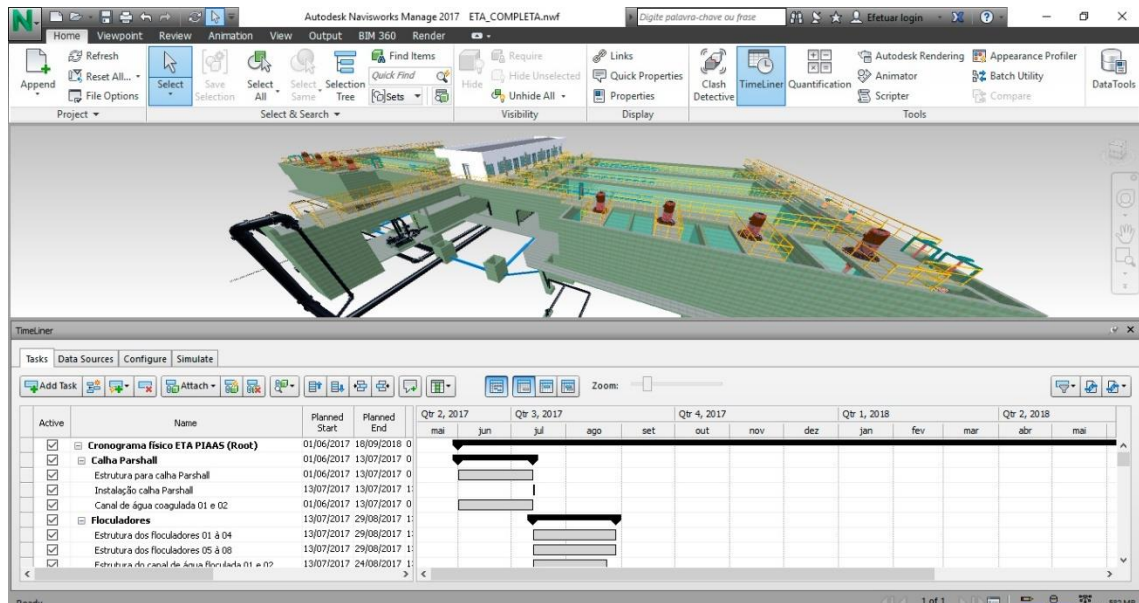
Na terceira etapa foi elaborado o cronograma físico no MS Project tendo como base o cronograma físico-financeiro inicial (anexo 03) e seguindo as etapas do tratamento convencional da água. Este é apresentado na figura 19.

Figura 19 - Cronograma físico do bloco hidráulico.



A quarta etapa é marcada pela associação, no Navisworks Manage, do modelo 3D elaborado no Revit ao cronograma físico idealizado no MS Project, criando assim, o modelo 4D, onde este, é apresentado na figura 20.

Figura 20 - Modelo 4D.



Fonte: O autor, 2017.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES

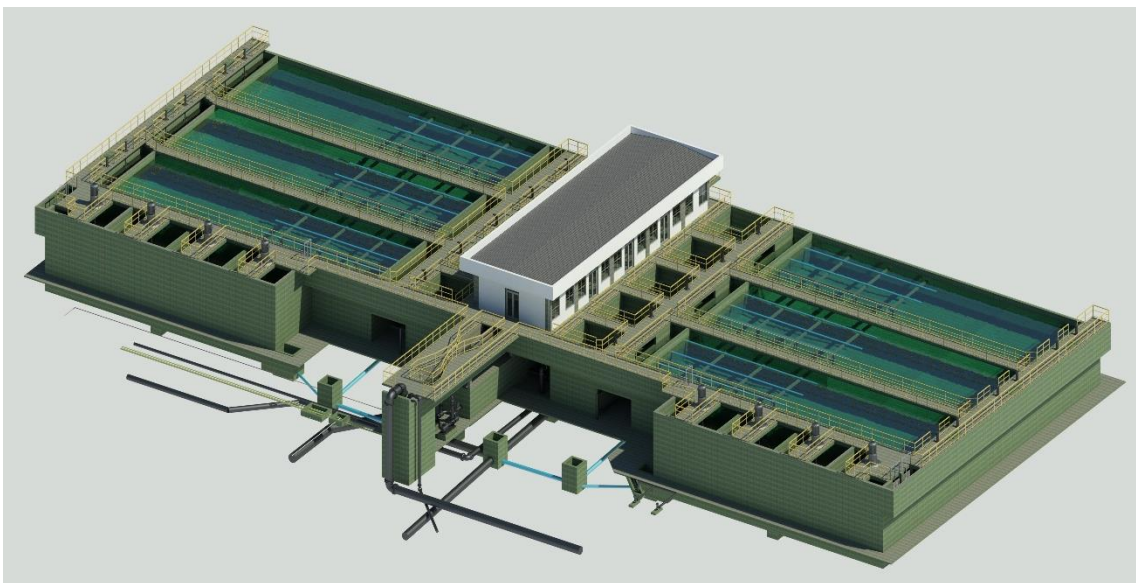
“Os planejadores da construção vêm construindo modelos 4D manualmente há décadas usando lápis coloridos e desenhos, com diferentes cores para diferentes sequências, a fim de mostrar a progressão do trabalho ao longo do tempo” (EASTMAN et. al., 2014, p. 226). Essa forma arcaica de elaborar modelos 4D já não é suficiente a realidade atual da AEC. Abaixo encontram-se alguns benefícios que a metodologia BIM 4D pode oferecer para obras de infraestrutura.

4.1. MELHOR VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DO MODELO

Erros nas etapas construtivas de uma obra de infraestrutura estão diretamente ligados à má interpretação dos projetos. Um dos fatores que ocasionam isto é a complexidade dos projetos atuais que atendem à crescente necessidade humana de inovar em suas construções conforme o surgimento de novas tecnologias.

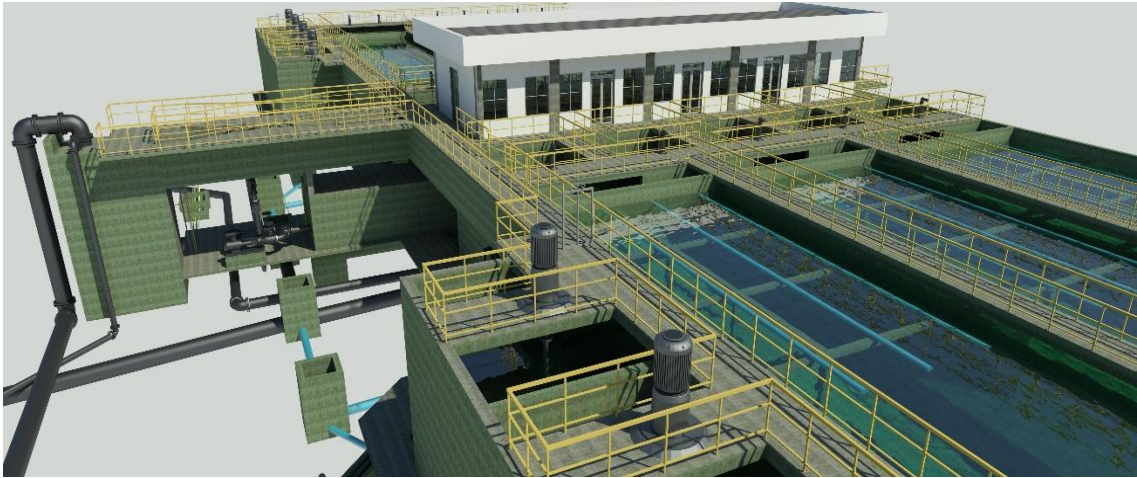
Analisando as plantas do anexo 01 é perceptível a complexidade do projeto em questão, portanto, mesmo o profissional mais experiente está sujeito ao equívoco no momento de leitura de um projeto de grandes proporções. A modelagem 3D surge como um mecanismo que promete reduzir ao máximo erros de interpretação. A sequência de figuras 21 à 27 abaixo apresentam os componentes do bloco hidráulico que foram confeccionados no Revit e como resultado obteve-se uma série de visualizações gráficas que minimizam erros de interpretação.

Figura 21 - Vista geral do bloco hidráulico.



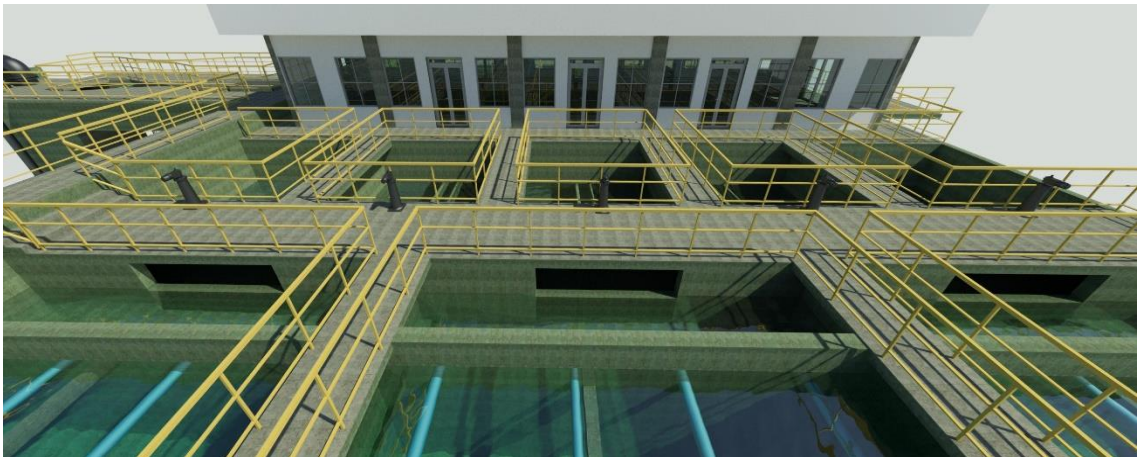
Fonte: O autor, 2017.

Figura 22 - Vista geral do bloco hidráulico.



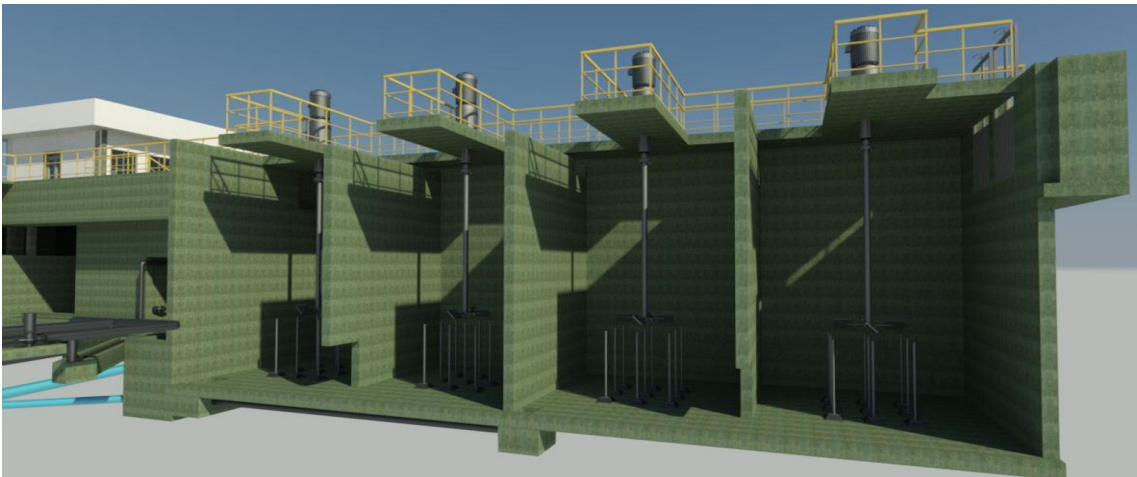
Fonte: O autor, 2017.

Figura 23 - Canal de água decantada, filtros e galeria de comando.



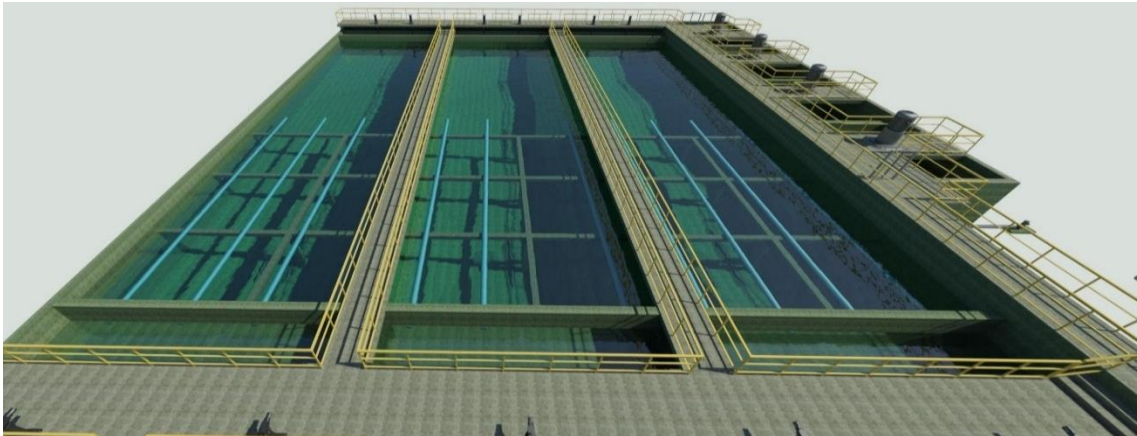
Fonte: O autor, 2017.

Figura 24 - Flocculadores.



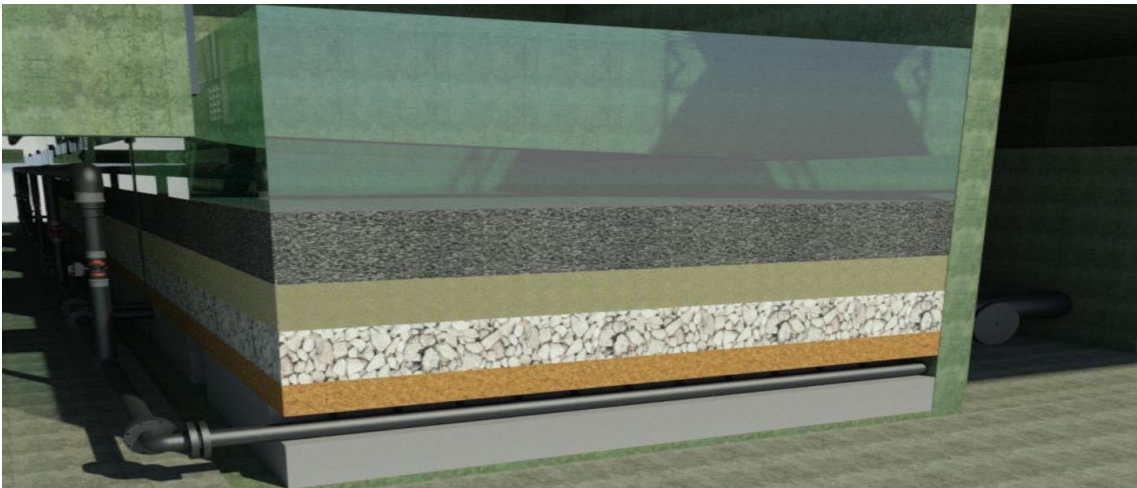
Fonte: O autor, 2017.

Figura 25 - Decantadores.



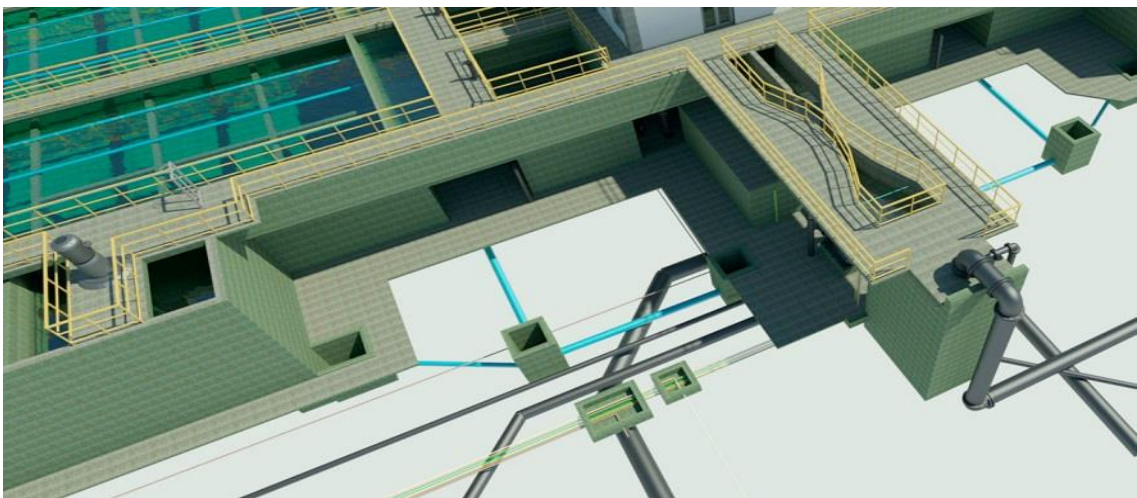
Fonte: O autor, 2017.

Figura 26 - Detalhe do filtro com material suporte.



Fonte: O autor, 2017.

Figura 27 - Vista superior mostrando a calha Parshall, decantadores, filtros e tubulações hidráulicas.



Fonte: O autor, 2017.

Ainda no que se refere à interpretação do modelo, o Navisworks permite ao projetista fazer passeios virtuais dentro do modelo, fazendo com que a análise ocorra de forma mais precisa e efetiva, de maneira imersiva (figuras 28 e 29), diferente do modo convencional onde a revisão é feita com visualizações de desenhos em 2D. Dessa forma é possível fazer checagens, extrair medidas e fazer comentários dentro do modelo.

Figura 28 – Vista imersiva das tubulações de água filtrada e de lavagem, bem como o canal de água filtrada.



Fonte: O autor, 2017.

Figura 29 - Checagem de medidas de maneira imersiva nos arredores do bloco hidráulico.



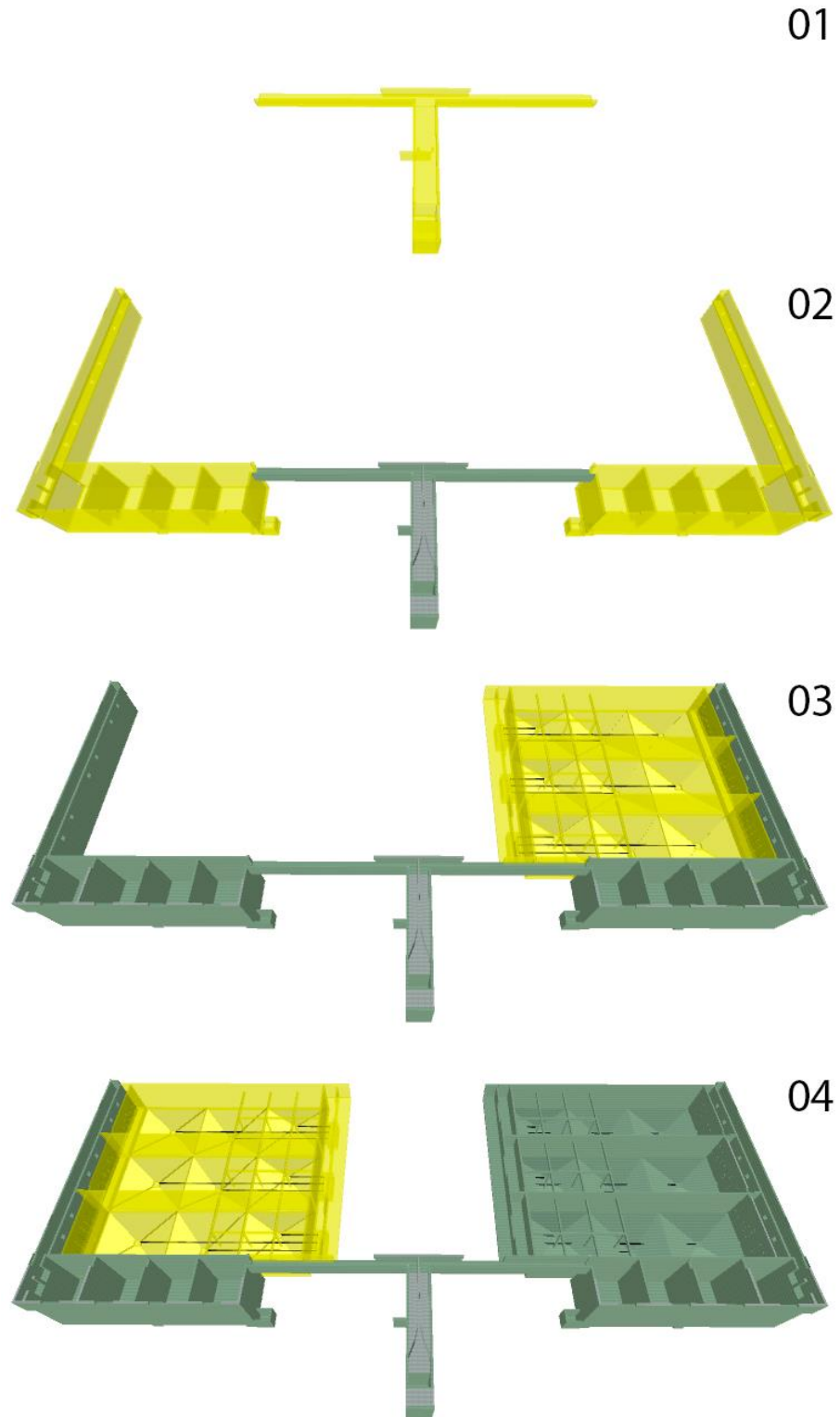
Fonte: O autor, 2017.

4.2. VISUALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA

O cronograma físico ilustra a sequência construtiva de acordo com o que foi planejado, a representação convencional é feita através do gráfico de Gantt, um gráfico de barras 2D. Como a metodologia BIM 4D associa o modelo 3D com o cronograma físico, fazendo com que a representação da sequência construtiva se dê através de visualizações gráficas, é uma ferramenta valiosa, uma vez que nem todos os envolvidos de uma obra possuem a mesma experiência de análise de um cronograma físico apresentado de maneira 2D.

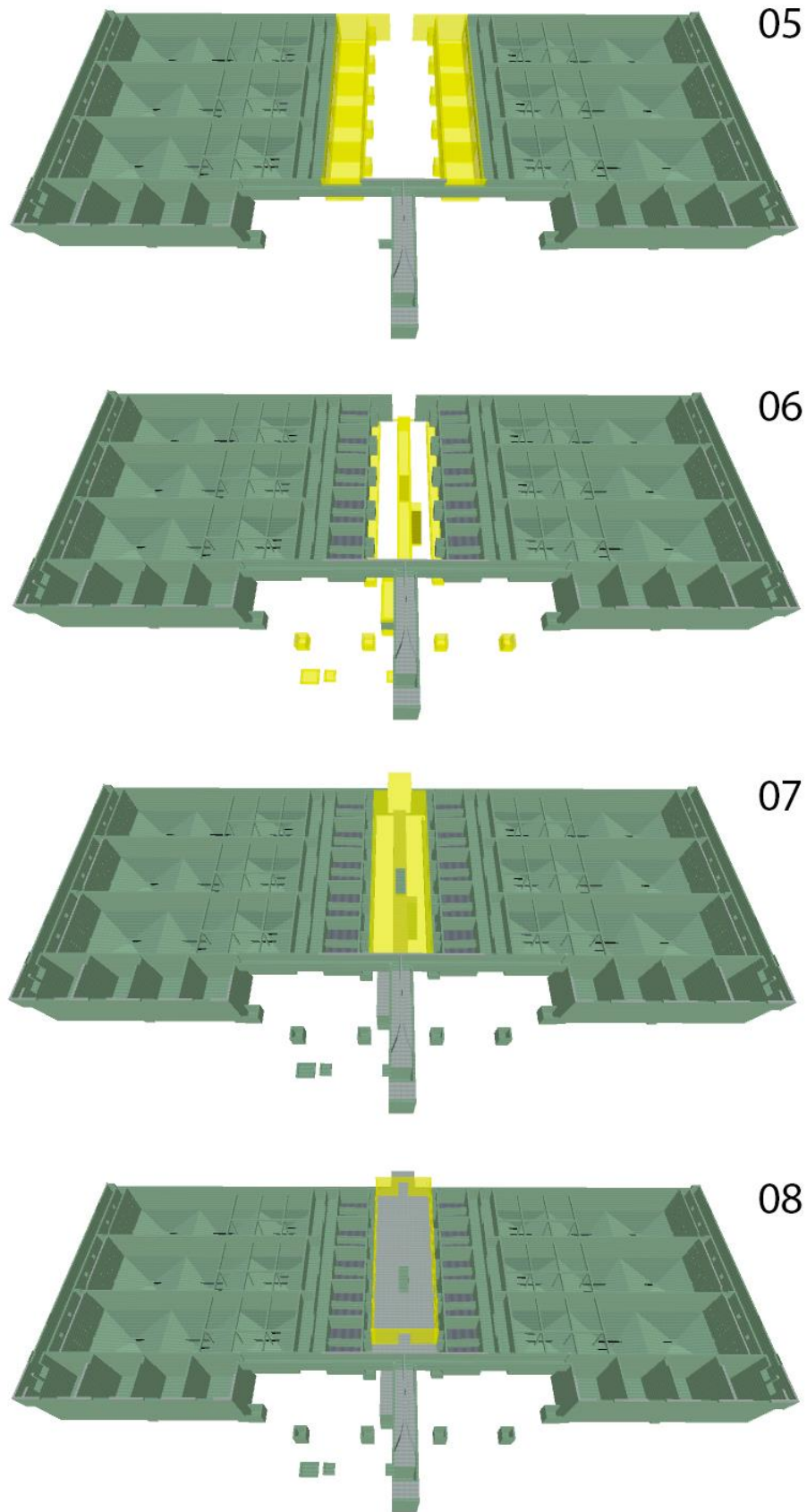
A representação gráfica da sequência construtiva é apresentada nas figuras 30 à 33, onde a etapa seguinte a ser construída está marcada com a coloração amarela.

Figura 30 - Sequência construtiva, 01 de 04.



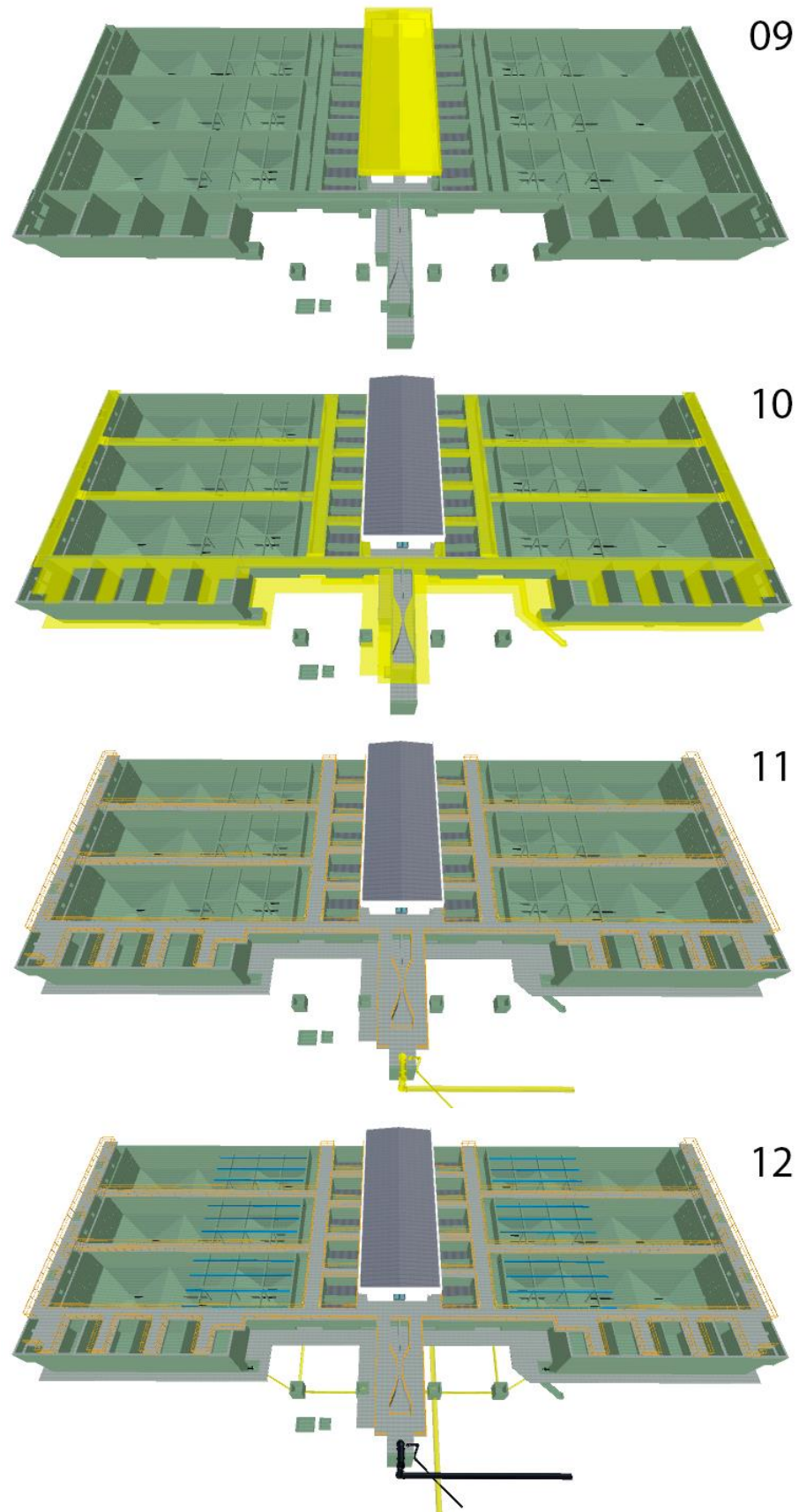
Fonte: O autor, 2017.

Figura 31 - Sequência construtiva, 02 de 04.



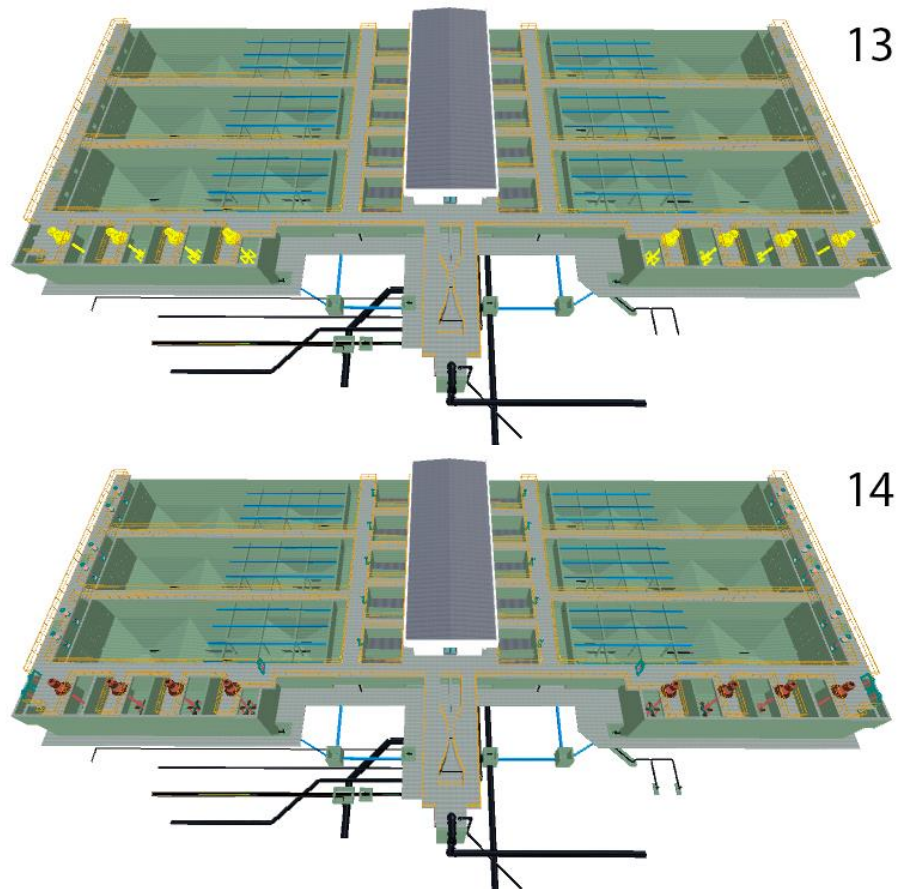
Fonte: O autor, 2017.

Figura 32 - Sequência construtiva, 03 de 04.



Fonte: O autor, 2017.

Figura 33 - Sequência construtiva, 04 de 04.



Fonte: O autor, 2017.

A descrição das etapas construtivas apresentadas nas figuras 30 à 33 estão resumidas na tabela 3, com outras informações que facilitam o controle da sequência construtiva.

Tabela 3 - Descrição das etapas construtivas mostradas nas figuras 30 à 33.

Nº	Etapas	Data	Dia da semana	Dias acumulados	Semanas trabalhadas
01	Estrutura da calha Parshall	01/01/2014	Quarta	1	1
02	Estrutura dos floculadores de 01 à 08	14/02/2014	Sexta	44	7
03	Estrutura dos decantadores de 01 à 03	01/04/2014	Terça	91	13
04	Estrutura dos decantadores de 04 à 06	15/05/2014	Quinta	134	20
05	Estrutura dos filtros de 01 à 10	26/06/2014	Quarta	176	26
06	Estrutura do canal de água filtrada, canal de descarga e estrutura das escadas	07/08/2014	Quinta	219	32
07	Estrutura da laje (galeria de comando)	19/09/2014	Sexta	261	38
08	Estrutura superior da galeria de comando	31/10/2014	Sexta	303	44
09	Estrutura da cobertura	18/12/2014	Quinta	351	51
10	Estrutura dos pisos	06/01/2015	Terça	370	53
11	Instalação hidráulica ligada a calha Parshall	24/02/2015	Terça	419	60
12	Instalação dos tubos de descarga	05/03/2014	Quinta	428	62
13	Instalação dos agitadores mecânicos - floculadores	24/03/2015	Terça	447	64
14	Bloco Hidráulico finalizado	17/04/2015	Sexta	471	68

Fonte: O autor, 2017.

A quantidade de dias trabalhados, marcada na cor amarela na tabela 3, difere da exposta no cronograma físico (figura 19), que é 338 dias. Isso ocorre porque o MS Project considera como dias trabalhados apenas os dias configurados como úteis, ou seja, neste caso de segunda a sexta. Já o Navisworks considera a semana inteira sendo útil, incluindo sábados e domingos, mesmo que não sejam executadas atividades nesses dias.

4.3. CONTROLE DA SEQUÊNCIA DA OBRA

Em obras de infraestrutura as mudanças no cronograma são inevitáveis, isso ocorre por falta/atraso de um equipamento específico, fornecedores que não dispõe de uma determinada quantidade de material, erro humano ou ainda variáveis que não estão submissas ao controle do homem, como o clima. O controle da obra, seguindo a metodologia BIM 4D, é feito no Navisworks, com atualizações constantes e de forma precisa das atividades que foram executadas.

O destaque da figura 34 mostra como esse controle é feito, onde as colunas de *Planned Start* e *Planned End* são as datas iniciais previstas e estabelecidas no cronograma físico elaborado no MS Project. Já nas colunas de *Actual Start* e *Actual End* são inseridas as datas em que realmente os trabalhos foram realizados.

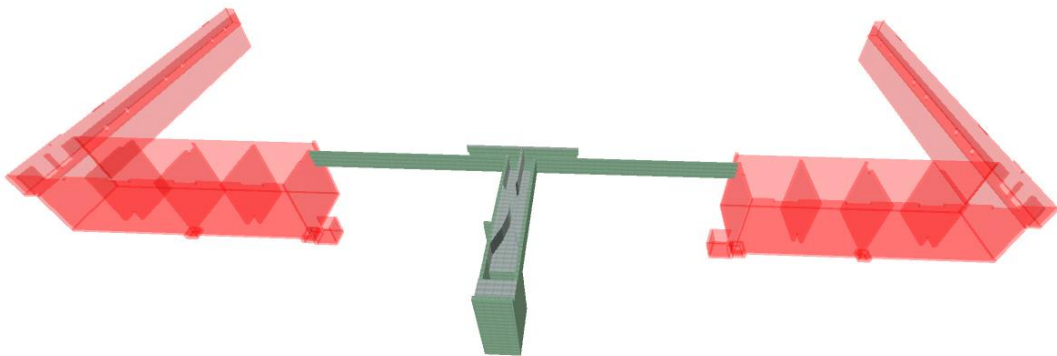
Figura 34 - Colunas responsáveis pelo controle da obra.

Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End
Caixa Parshall		23/02/2015	25/02/2015	N/A	N/A
Floculadores		25/02/2015	27/02/2015	N/A	N/A
Decantadores		02/03/2015	04/03/2015	N/A	N/A
Tubos de coleta de água decantada		02/03/2015	04/03/2015	N/A	N/A
Tubos de descarga		04/03/2015	06/03/2015	N/A	N/A
Filtros		09/03/2015	13/03/2015	N/A	N/A
tubos dos sopradores		09/03/2015	11/03/2015	N/A	N/A
tubos de água de lavagem		11/03/2015	13/03/2015	N/A	N/A
Água filtrada		16/03/2015	18/03/2015	N/A	N/A
Desinfecção		18/03/2015	20/03/2015	N/A	N/A
Equipamentos mecânicos		23/03/2015	17/04/2015	N/A	N/A
Agitador mecânico - 01 à 08		23/03/2015	30/03/2015	N/A	N/A
Pedestal de manobra manual - 01 à 12		31/03/2015	02/04/2015	N/A	N/A
Pedestal de manobra elétrica - 01 à 10		03/04/2015	07/04/2015	N/A	N/A
Comporta manual - 01 à 06		08/04/2015	10/04/2015	N/A	N/A
Bombas		13/04/2015	17/04/2015	N/A	N/A
Bombas dos sopradores		13/04/2015	14/04/2015	N/A	N/A
Bomba elevatória do clorador		14/04/2015	15/04/2015	N/A	N/A
Bomba de água de lavagem		16/04/2015	17/04/2015	N/A	N/A
Água		19/09/2018	21/09/2018	N/A	N/A

Fonte: O autor, 2017.

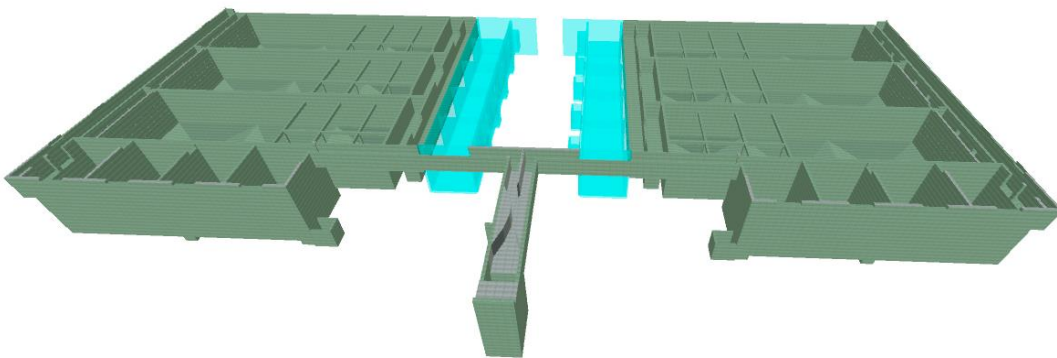
Desta forma, em resposta a essas atualizações, é possível visualizar de forma gráfica quais itens estão atrasados, no prazo ou adiantados, fazendo com que seja possível transmitir os impactos ocasionados pelos atrasos no cronograma e definir medidas mitigadoras. Para melhor ilustração, foram criadas duas situações, uma de atraso, figura 35, apresentada na cor vermelha e outra de uma atividade adiantada, figura 36, ilustrada na cor azul. Quando as etapas da obra estão dentro do prazo, a coloração fica amarela, conforme item 4.2.

Figura 35 - A coloração vermelha indica que a obra está atrasada.



Fonte: O autor, 2017.

Figura 36 - A coloração azul indica que a obra está adiantada.



Fonte: O autor, 2017.

Assim, o controle de obra “é uma atividade que visa exatamente não permitir a ocorrência de pontos críticos, evitar as distorções e desvios de parâmetros em relação ao programado. É, portanto, uma atividade que, em alcançando sua plenitude, será de caráter preventivo e raramente corretivo” (QUEIROZ, 2007, p. 82).

No anexo 04 é apresentado o cronograma físico-financeiro final da ETA em análise, observando apenas no que diz respeito ao tempo de execução, percebe-se que a obra foi

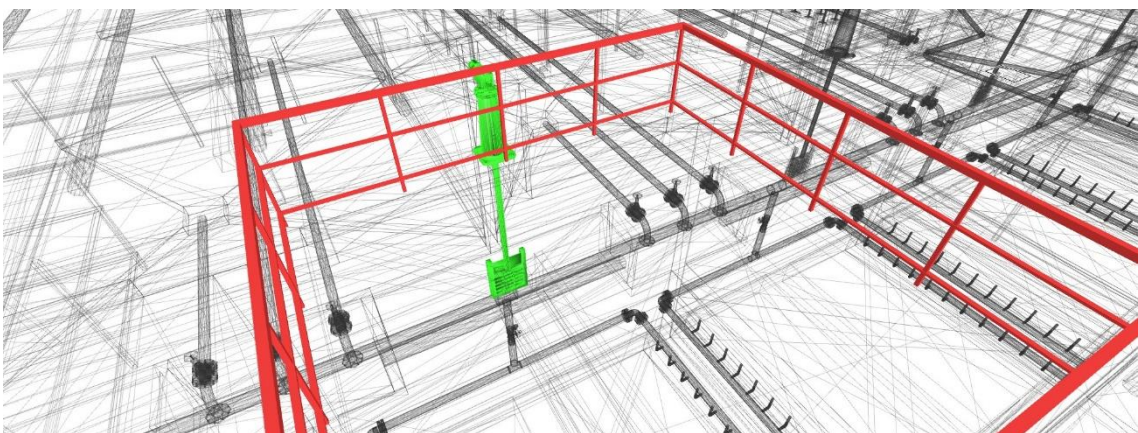
iniciada no boletim de medição (BM) 05 e concluída no BM 37, ou seja, a construção da ETA ocorreu em 32 meses. Esse valor é de 2,9 vezes o tempo previsto no cronograma físico-financeiro inicial, que era de 11 meses, exposto no anexo 03.

Mesmo que essa obra de infraestrutura seja de caráter público e tenha apresentado um longo período de execução, talvez em decorrência da falta ou atraso de recurso do governo, a metodologia BIM 4D poderia proporcionar uma diminuição considerável no tempo de execução dessa obra, antecipando diversos problemas e criando soluções mitigadoras antes mesmo de acontecerem.

4.4. ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA

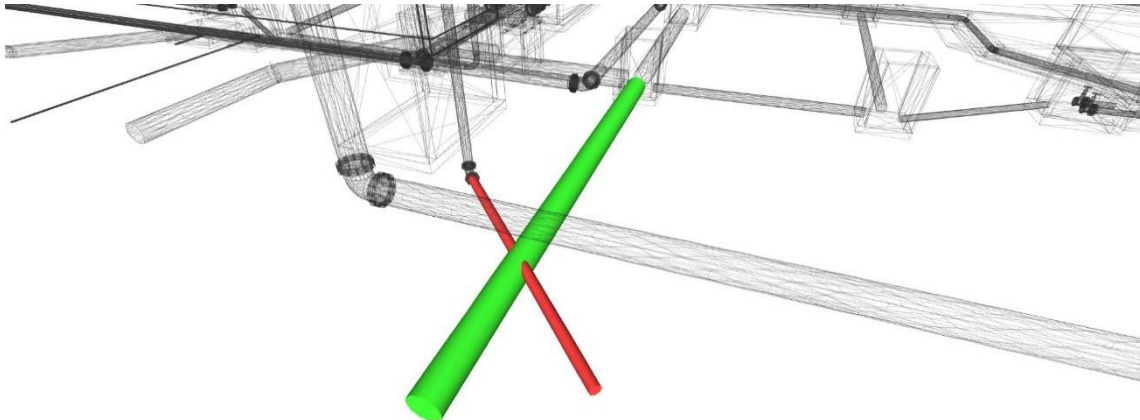
Um grande problema na indústria da AEC é a incompatibilidade de projetos que, segundo Cardial e Alejandro (2015), 9% desses empreendimentos possuem retrabalho por falta de compatibilização e 88% das plantas sofrem readequação das instalações. Nesse cenário de grande desperdício, o modelo 4D traz grandes benefícios na compatibilização dos projetos. Diferente do método convencional onde a análise de interferência é cansativa, demorada, limitada e passível de erro humano por analisar projetos em 2D, o Navisworks possui uma ferramenta para análise de interferências que verifica se existe transpasse em superfícies, de forma rápida e precisa. Para uma melhor compreensão, as figuras 37 e 38 ilustram duas interferências, geradas de forma proposital no modelo virtual em estudo.

Figura 37 - Interferência entre o guarda-corpo e o pedestal de manobra elétrico.



Fonte: O autor, 2017.

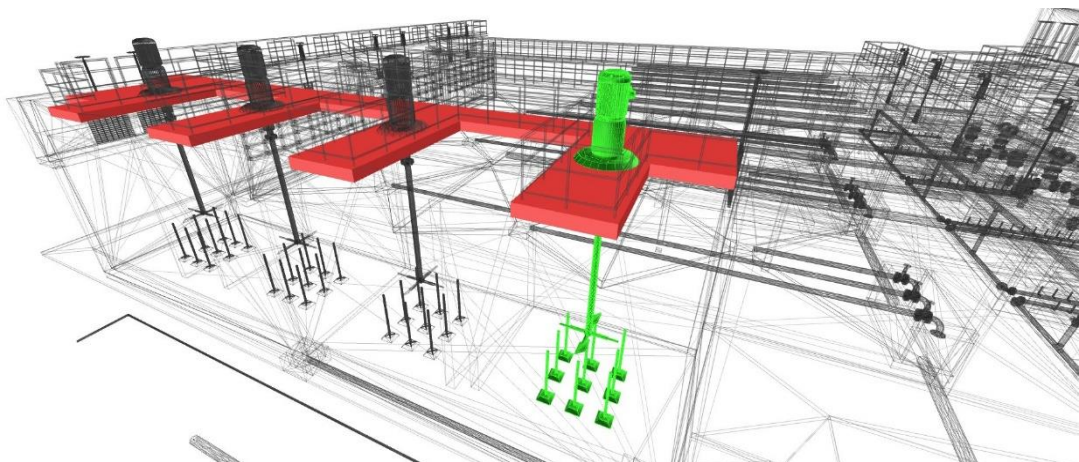
Figura 38 - Interferência entre tubulações de ferro fundido.



Fonte: O autor, 2017.

Contudo, é importante ressaltar que a experiência do projetista ao utilizar esta ferramenta é essencial, pois o software não entende que algumas interferências são aceitáveis, como o transpasse do agitador mecânico na laje que o sustenta, ilustrado na figura 39. Cabe ao usuário considerar se essa interferência possui relevância e, para isso, é possível classificar as interferências como novas, ativas, revisadas, aprovadas e resolvidas conforme ilustra imagem 40. Ainda é possível programar regras específicas para que não sejam detectadas inúmeras interferências, como a situação da imagem 39.

Figura 39 - Interferência aceitável entre o agitador mecânico e a laje que o sustenta.



Fonte: O autor, 2017.

Figura 40 - Tipos de classificação que podem ser atribuídas às análises de interferência.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
HID x ARQ	New	0	0	0	0	0	0



Fonte: O autor, 2017.

5.0. CONCLUSÃO

A indústria da AEC está sempre em constante atualização, passou-se pela era dos projetos elaborados em papéis, depois essa forma de apresentação foi substituída pelo CAD 2D, e o CAD 3D surgiu quando houve a necessidade de visualizar a forma sólida daquilo que estava sendo projetado. A nova era dos projetos chegou com o nome de BIM, e essa metodologia vem ganhando espaço com os profissionais das mais diversas áreas de atuação, pois a elaboração desse modelo virtual carrega as informações de todo o ciclo de vida do projeto.

O primeiro objetivo específico de mostrar como o planejamento 4D pode ser eficaz foi atendido com a construção de uma modelo virtual do bloco hidráulico da ETA, onde foi possível visualizar de forma clara e imersiva como ficaria o modelo depois de construído, não restando dúvidas na interpretação desse projeto complexo.

A utilização de uma das ferramentas de análise de interferência do Navisworks Manage, com uma intercessão gerada propositalmente para demonstrar a funcionalidade do mecanismo, demonstrou a eficiência da plataforma, cumprindo, com sucesso, o segundo objetivo específico. Possibilitar ao usuário este tipo de inconsistências em um projeto facilita a manifestação de uma solução ainda na fase de concepção e não durante a execução da obra.

O terceiro objetivo específico diz respeito a problemas de comunicação entre os envolvidos no empreendimento, esse objetivo foi atingido com ferramentas que proporcionam de maneira gráfica visualizar a sequência construtiva que os envolvidos no planejamento da obra devem seguir, ainda durante o cumprimento deste objetivo, foi possível visualizar, também graficamente, as etapas que estavam atrasadas, adiantados ou conforme o cronograma.

O último objetivo específico, de número quatro, foi investigar a possibilidade de otimização do cronograma. Esse objetivo também foi atendido quando foi apresentada uma comparação entre os cronogramas físico inicial e final de execução da obra, onde foi mostrado que a obra demorou quase 3,5 vezes o prazo planejado. Nesse último objetivo, fica evidente como a modelagem BIM 4D é viável e pode oferecer uma gama de ferramentas que garantem uma melhor precisão, automatização de processos e redução de erros de interpretação, fazendo com que as decisões sejam tomadas de forma antecipada ainda na fase de projeto e não do jeito convencional, em que essas decisões são tomadas em plena obra.

6.0. REFERÊNCIAS

ADDOR, M. **Colocando o “I” no BIM** In: Encontro sobre integração tecnológica em AEC: Projeto, Engenharia e Construção, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Evento do CTE, 2009.

ALAGOAS, 2012. Estação de Tratamento de Água. Integração do canal do sertão com o sistema coletivo de abastecimento de água do alto sertão. Secretaria de Estado da Infraestrutura - SEINFRA.

AMBIENTE ENERGIA. **Eficiência energética nas estações de tratamento de água é cada vez mais necessário.** Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/02/eficiencia-energetica-nas-estacoes-de-tratamento-de-agua-e-cada-vez-mais-necessario/31127>>. Acesso em 10 de março de 2017.

ANDRADE, Max Lira Vegas X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC.** V.4, nº 2, São Paulo, 2009.

ARAÚJO, Alan. **BIM para construtores e usuário final.** 9 f. Autodesk University Brasil, São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **História da normalização brasileira.** 112f. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AUTODESK. **Navisworks.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/features>>. Acesso em: 2 de maio de 2017.

AUTODESK. **Revit.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/campaigns/whats-new-revit?mktvar002=688383>>. Acesso em: 2 de maio de 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental– SNSA. **Operação e manutenção de estações:** abastecimento de água: guia do profissional em treinamento, 80 f. nível 1 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA 2007.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Adutora do Alto Sertão vai beneficiar 130 mil pessoas em Alagoas.** Disponível em: <http://www.mi.gov.br/area-de-imprensa/todas-as-noticias/-/asset_publisher/YEkzzDUSRvZi/content/adutora-do-alto-sertao-vai-beneficiar-130-mil-pessoas-em-alagoas/pop_up?inheritRedirect=false>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.

BRITO, Douglas Malheiros de; FERREIRA, Emerson de A. Marques. **Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D.** Ambiente construído, Porto Alegre, v. 15, n 4, p. 203-223, 2015.

CARDIAL, Ricardo; ALEJANDRO, Carlos. **Fazendo a mudança para o BIM.** 51f. Autodesk University Brasil, São Paulo, 2015.

DEFLEUR, Melvin L.; BALL-ROKEACH, Sandra. **Teorias da comunicação de massa.** Trad. Octavio Alves Velho. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

DIAS, Paulo R. Vilela. **Engenharia de custos: metodologia de orçamentação para obras civil** – 9ª ed. Rio de Janeiro, 2011.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Trad. Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ENGINEERING HISTORY. **History of Engineering and technology**. Disponível em: <<http://engineeringhistory.tumblr.com/post/100508734124/neil-weste-and-bryan-ackland-using-computer-aided>>. Acesso em 08 de fevereiro de 2017.

FIGUEIRA, Divalte Garcia. **História**. 1ª. ed. São Paulo: Ática, v. único, 2005.

FOUQUET, Jean. **Planejamento de edifício utilizando Software 4D**. 62 f. Tese (Monografia). Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

FREITAS, Daniela de Bacco. **Estudo de melhorias dos sistemas de cloração da água de abastecimento na CORSAN pela instalação de evaporadores de cloro e lavadores de gases**. 51 f. Tese (Monografia). Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2011.

GIOVANNINI, Giovanni et. al. **Evolução na comunicação: do sílex ao silício**. Trad. Wilma Freitas Ronald de Carvalho. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1987.

GOOGLE MAPS. **Imagem aérea da estação de tratamento de águas do município de Pariconha**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-9.3140142,-37.9813488,264m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2017.

GTBIM – AsBEA. **Guia AsBEA: estruturação do escritório de projeto para a implantação do BIM**. Fascículo 1, São Paulo, 2013.

HARTMANN, T.; GAO, J.; FISCHER, M. Areas of Application for 3D and 4D Models on Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 10, p. 776-785, 2008.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. 2.impr. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2010.

MICROSOFT. **MS Project**. Disponível em: <<https://products.office.com/pt-br/project/project-management>>. Acesso em: 2 de maio de 2017.

MEIO FILTRANTE. **Ação dos floculadores**. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=14450&link=noticias>>. Acesso em 10 de março de 2017.

OLIVEIRA, Katiuscia Angélica Micaela de. **A resignificação do Graffiti e da arte de rua nas obras de Nina Pandolfo**. 108 f. Tese (Mestrado). Curso de Ciência da linguagem. UNISUL, Tubarão, 2015.

PASTANA, Carlos E. Troccoli. **Desenho técnico**. 103 f. UNIMAR. Marília, 2006.

PET CIVIL – UFPR. **Softwares BIM**. Disponível em: <
<http://petcivil.blogspot.com.br/2013/05/softwares-bim.html>>. Acesso em 10 outubro de 2016.

QUEIROZ, Mario Nalon de. **Programação e controle de obras**. 89 f. Apostila do departamento de construção civil - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2007.

RABELLO, Paulo Sérgio Brunner. **Geometria descritiva básica**. 103 f. Cabo Frio, 2005.

RENDER. **A história do CAD**. Disponível em: <http://blog.render.com.br/cad/a-historia-do-cad/>. Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

SANTOS, Raphael. **Visualizando desvios no cronograma**. Disponível em: <
<http://www.rafael-santos.net/2012/09/visualizando-desvios-no-cronograma.html>>. Acesso em 26 de abril de 2017.

SCHMIDT, Alessandra. **O uso da geometria dinâmica na transformação de figuras**. 42 f. Tese (Monografia). Centro de ciências físicas e matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.

SERRA, Sheyla Mara Baptista. **Breve histórico do desenho técnico**. Apostila do departamento de engenharia civil da UFSCar. São Paulo. V. 1, 2008.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – SAAE. **Sistemas de tratamento de água**. 10f. Aracruz, 2006.

SILVA, Francisco Duarte Magalhães. **O CAD aplicado ao projeto do produto: o ponto de vista dos designers industriais**. 130 f. Tese (Mestrado). Programa de Engenharia de Produção – UFRJ/COPE, Rio de Janeiro, 2011.

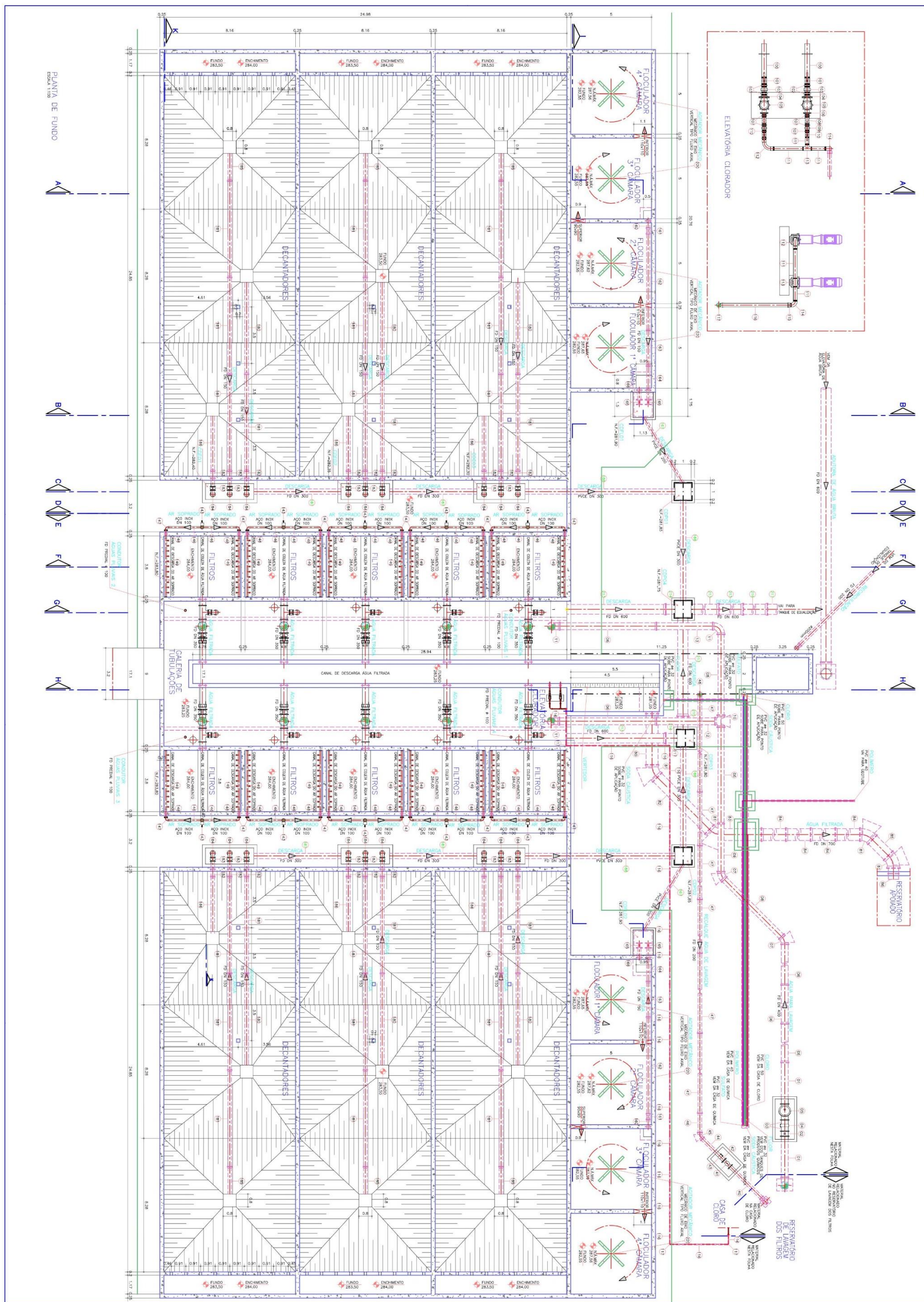
SILVA, Júlio César da. **Aprendizagem mediada por computador: uma proposta para desenho técnico mecânico**. 231f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2001.

SILVEIRA, S. J.; GÓMEZ, L. A; JUNGLES, A. D. **Metodologia para interoperabilidade entre softwares de planejamento e de visualização gráfica para o desenvolvimento do planejamento 4D**. In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza: 11 de outubro de 2006.

7.0. ANEXOS

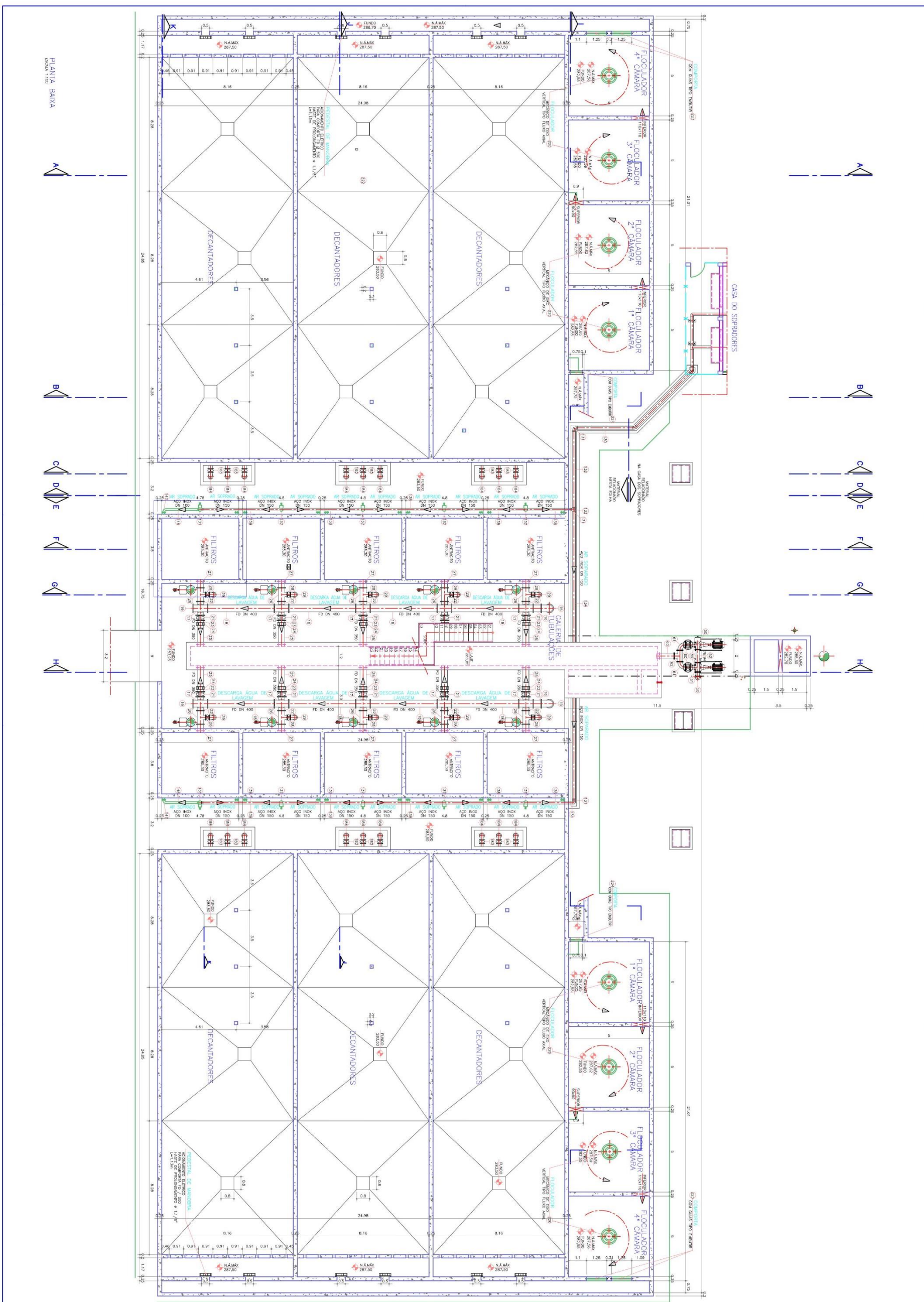
7.1. ANEXO 01 – PLANTAS DO BLOCO HIDRÁULICO

Planta de fundo

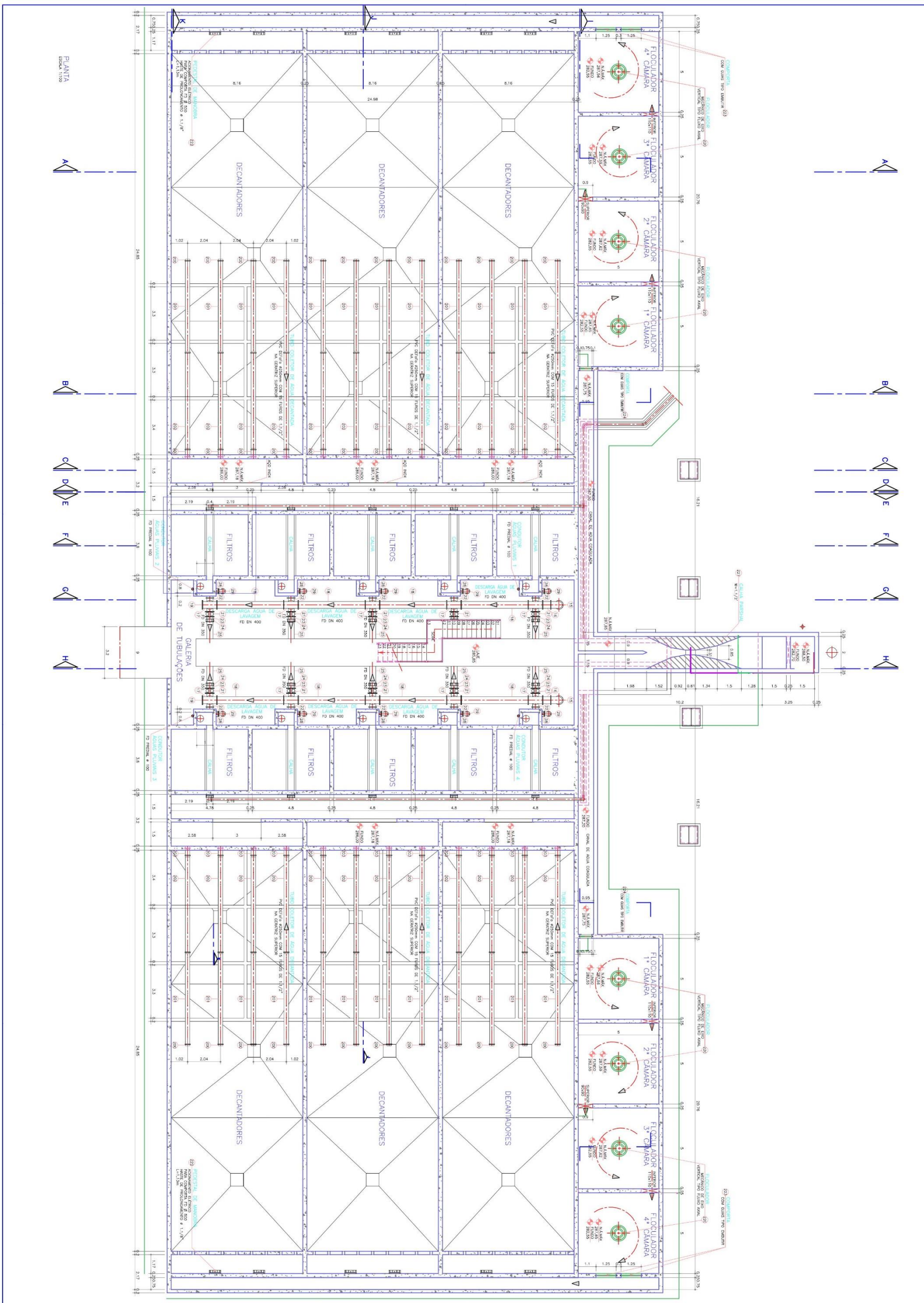


Fonte: SEINFRA, 2012.

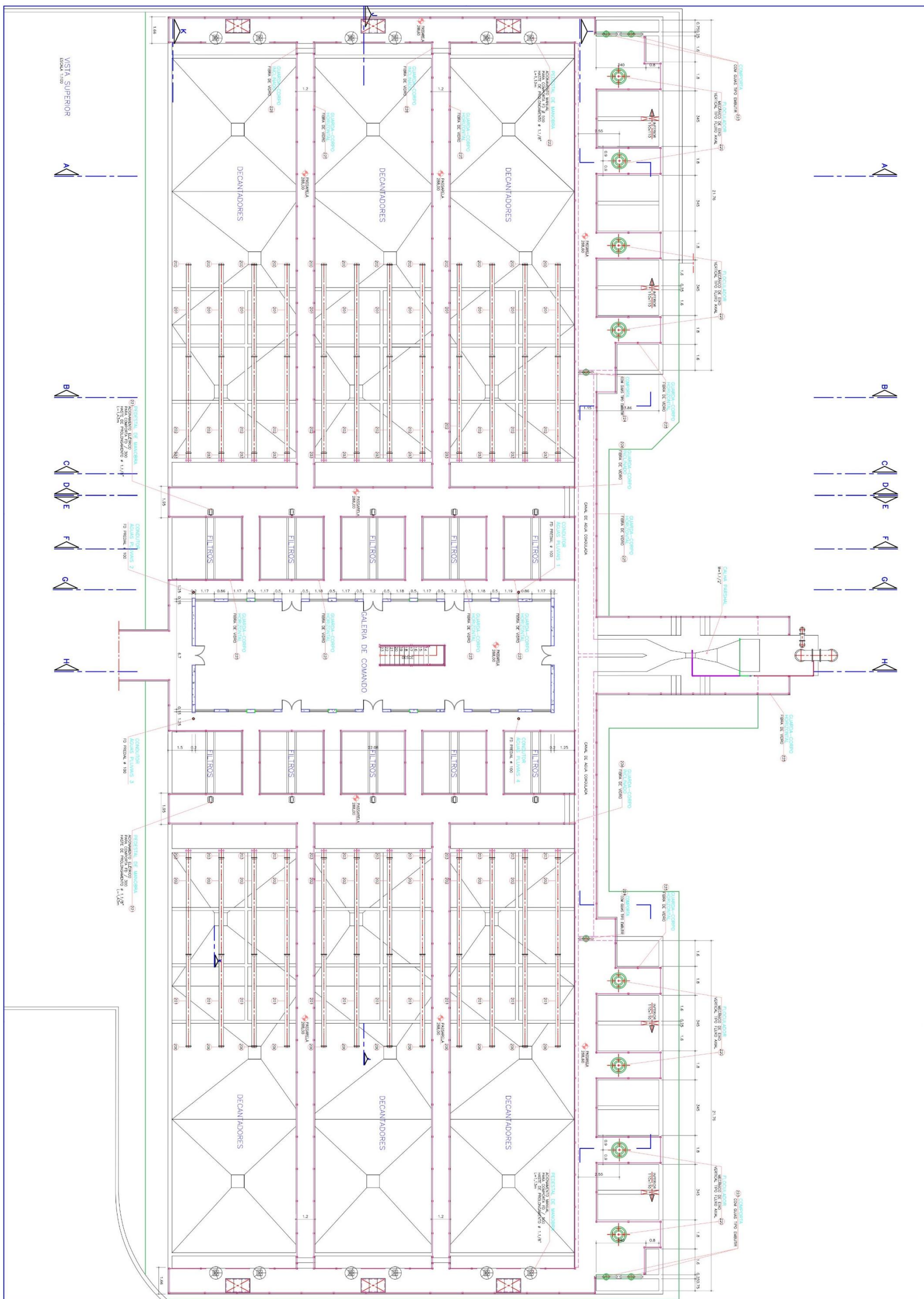
Planta baixa



Planta



Vista Superior



7.2. ANEXO 02 – LISTA DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Lista de equipamentos e materiais, 01 de 02.

BLOCO HIDRÁULICO - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA			
BLOCO HIDRÁULICO - EQUIPAMENTOS E MATERIAIS			
ÁGUA PARA LAVAGEM			
1		TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 400X2,65M	UN 2,00
2		REGISTRO COM FLANGES COM CUNHA DE BORRACHA CORPO TIPO EURO 23 COM CABEÇOTE PN10 FD DN 400	UN 1,00
3		TUBO FLANGE/PONTA PN10FD DN 400X0,35M	UN 2,00
4		JUNTA DE DESMONTAGEM MODELO STRAUB FLEX OU SIMILAR PARA TUBULAÇÃO PN 10 FD DN 400	UN 1,00
5		VÁLVULA DE CONTROLE DE NIVEL COM FLANGES PN10 FD DN 400	UN 1,00
6		TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 400X6,00M	BR 6,00
7		CURVA DE 45° COM BOLSAS JE FD DN 400	UN 2,00
8		TUBO COM PONTAS FD DN 400X5,20M	UN 2,00
9		TUBO COM PONTAS FD DN 400X3,15M	UN 1,00
10		TÊ 90° COM BOLSAS JE FD DN 400	UN 1,00
11		CURVA 90° COM BOLSAS JE FD DN 400	UN 3,00
12		TUBO COM PONTAS FD DN 400X3,80M	UN 1,00
13		TUBO COM PONTAS FD DN 400X3,70M	UN 1,00
14		TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 400X1,55M	UN 2,00
15		CURVA 90° COM FLANGES PN10 FD DN 400	UN 2,00
16		TOCO DE TUBO COM FLANGES PN10 FD DN 400X0,50M	UN 2,00
17		TÊ 90° COM FLANGES PN10 FD DN 400	UN 10,00
18		TUBO COM FLANGES PN10 FD DN 400X4,15M	UN 8,00
19		FLANGE CEGO PN 10 FD DN 400	UN 2,00
20		REDUÇÃO CONCENTRICA COM FLANGES PN10 FD DN 400X350	UN 10,00
21		VÁLVULA BORBOLETA COM FLANGES CONFORME AWWA C 504 COM ACIONAMENTO ELÉTRICO A FURAÇÃO DO FLANGE DEVERÁ SER CONFORME ISSO 2531 PN10 FD DN 350	UN 20,00
22		TÊ 90° COM FLANGES PN10 FD DN 350	UN 10,00
23		TUBO COM FLANGES PN10 FD DN 350X0,25M	UN 10,00
24	00003725	JUNTA GIBALUT FOFO DN 350	UN 10,00
25		TUBO FLANGE/PONTA COM ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PN10 FD DN 350X1,35M	UN 10,00
26		TÊ 90° REDUÇÃO COM FLANGES PN10 FD DN 350X200	UN 10,00
27		TUBO FLANGE/PONTA COM ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PN10 FD DN 350X0,65M	UN 10,00
28		VÁLVULA BORBOLETA COM FLANGES CONFORME AWWA C 504 COM ACIONAMENTO ELÉTRICO A FURAÇÃO DO FLANGE DEVERÁ SER CONFORME ISSO 2531 PN10 FD DN 200	UN 10,00
29		CURVA 90° COM FLANGES PN10 FD DN 200	UN 10,00
30		TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 200X0,55M	UN 10,00
		CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES PN 10 DN 400	CJ 38,00
		CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES PN 10 DN 350	CJ 60,00
		CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES PN 10 DN 200	CJ 30,00
		ELEVATÓRIA ÁGUA DE LAVAGEM	
40		TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 400X2,85M	UN 1,00
41		MEDIDOR DE VAZÃO COM FLANGES PN10 FD DN 200	UN 1,00
42		TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 200X0,35M	UN 1,00
43		JUNTA DE DESMONTAGEM, MODELO STRAUB FLEX OU SIMILAR PARA TUBULAÇÃO PN10 FD DN 200	UN 1,00
44		TUBO COM PONTAS FD DN 200X1,70M	UN 1,00
45		CURVA 45° COM BOLSAS JE FD DN 200	UN 1,00
46		TUBO COM PONTAS FD DN 200X1,45M	UN 1,00
47		TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 200	M 36,00
48		CURVA DE 90° COM BOLSAS JE FD DN 200	UN 1,00
49		TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 200X3,85M	UN 1,00
50		CURVA 90° COM FLANGES PN10 FD DN 200	UN 2,00
51		TÊ 90° COM FLANGES PN 10 FD DN 200	UN 1,00
52		TUBO COM FLANGES PN10 FD DN 200X0,80M	UN 1,00
53		REGISTRO COM FLANGES COM CUNHA DE BORRACHA CORPO TIPO EURO 23 COM CABEÇOTE PN10 FD DN 200	UN 2,00
54		TOCO DE TUBO COM FLANGES PN10 FD DN 200X0,25M	UN 4,00
55	00003722	JUNTA GIBALUT FOFO DN 200	UN 2,00
56		VÁLVULA DE RETENÇÃO ENTRES FLANGES PN10 FD DN 200	UN 2,00
57		REDUÇÃO CONCENTRICA COM FLANGES PN10 FD DN 200X150	UN 2,00
58		CONJUNTO MOTO BOMBA	UN 2,00
59		REDUÇÃO EXCÊNTRICA COM FLANGES PN 10 FD DN 250X200	UN 2,00
60		REGISTRO COM FLANGES COM CUNHA DE BORRACHA CORPO TIPO EURO 23 COM VOLANTE PN10 FD DN 250	UN 2,00
61		CURVA 90° COM FLANGES PN10 FD DN 250	UN 2,00
62		TÊ 90° PN10 FD DN 250	UN 1,00
63		TUBO FLANGE/PONTA COM ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PN10M FD DN 250X1,10M	UN 1,00
		CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES PN 10 DN 250	CJ 7,00
		CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES PN 10 DN 200	CJ 10,00
		ÁGUA FILTRADA	
80		TUBO COM PONTAS E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA FD DN 700X3,40M	UN 1,00
81		CURVA 45° COM BOLSAS JE FD DN 700	UN 4,00
82		TUBO COM PONTAS FD DN 700X4,80M	UN 1,00
83		TUBO COM PONTAS FD DN 700X2,60M	UN 1,00
84		TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 700	M 24,00
85		TUBO COM PONTAS FD DN 700X1,65M	UN 1,00
86		TUBO COM PONTAS E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA FD DN 700X0,80M	UN 1,00
		ELEVATÓRIA CLORADORES	
100		TUBO PONTA/ROSCA E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA BSP PVC Ø 2.1/2"X2,15M	UN 2,00
101		VÁLVULA DE ESFERA ROSCÁVEL BSP PVC Ø 2.1/2"	UN 2,00
102		NIPEL COM ROSCAS BSP PVC Ø 2.1/2"	UN 4,00
103	00009898	UNIAO PVC C/ROSCA P/AGUA FRIA PREDIAL 2 1/2"	UN 2,00
104		FLANGE COM SEXTAVADO BSPXPN10 PVCXFD Ø 2.1/2"X75	UN 2,00
105		CONJUNTO MOTOBOMBA	CJ 2,00
106		FLANGE COM SEXTAVADO BSPXPN10 PVCXFD Ø 1.1/2"X50	UN 2,00
107	00004214	NIPEL PVC C/ C/ ROSCA P/ AGUA FRIA PREDIAL 1.1/2"	UN 6,00
108		VÁLVULA DE RETENÇÃO ROSCÁVEL BSP PVC Ø 1.1/2"	UN 2,00
109	00009901	UNIAO PVC C/ROSCA P/AGUA FRIA PREDIAL 1 1/2"	UN 2,00
110	00011672	REGISTRO PVC ESPERA VS ROSCAVEL DN 1 1/2"	UN 2,00
111	00009863	TUBO PVC ROSCAVEL EB-892 P/ AGUA FRIA PREDIAL 2 1/2"	M 6,00
112	00001941	CURVA PVC 90G C/ROSCA P/ AGUA FRIA PREDIAL 1 1/2"	UN 1,00
113	00007118	TE PVC C/ROSCA 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 1.1/2"	UN 1,00
114	00003481	JOELHO PVC C/ROSCA 90G P/ AGUA FRIA PREDIAL 1 1/2"	UN 1,00
115		ADAPTADOR SOLDA/ROSCA BSPXIS PVC Ø 1.1/2"X50	UN 1,00
116	00009875	TUBO PVC SOLDÁVEL EB-892 P/AGUA FRIA PREDIAL DN 50MM	M 84,00
117	00003540	JOELHO PVC SOLD 90G P/AGUA FRIA PREDIAL 50 MM	UN 5,00

Fonte: SEINFRA, 2012.

Lista de equipamentos e materiais, 02 de 02.

	AR SOPRADO		
130	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X3,40M	UN	1,00
131	CURVA 90° COM PONTAS AÇO INOX DN 150	UN	6,00
132	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X4,70M	UN	1,00
133	TÊ 90° COM PONTAS AÇO INOX DN 150	UN	1,00
134	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X17,80M	UN	1,00
135	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X1,75M	UN	2,00
136	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X2,70M	UN	2,00
137	TÊ DE REDUÇÃO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X100	UN	8,00
138	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X4,85M	UN	6,00
139	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 150X4,70M	UN	2,00
140	REDUÇÃO CONCÊNTRICA COM PONTAS AÇO INOX DN 150X100	UN	2,00
141	TUBO FLANGE/PONTA PN10 AÇO INOX DN 100X0,65M	UN	8,00
142	TUBO FLANGE/PONTA PN10 AÇO INOX DN 100X0,35M	UN	2,00
143	VÁLVULA BORBOLETA COM FLANGES CONFORME AWWA C 504 COM ACIONAMENTO ELÉTRICO A FURAÇÃO DO FLANGE DEVERÁ SER CONFORME ISSO 2531 PN10 FD DN 100	UN	10,00
144	TUBO FLANGE/PONTA AÇO INOX DN 100X1,00M	UN	10,00
145	TÊ 90° COM PONTAS AÇO INOX DN 100	UN	10,00
146	TUBO COM PONTAS AÇO INOX DN 100X2,00M	UN	20,00
147	CURVA 90° FLANGE/PONTA AÇO INOX DN 100	UN	20,00
148	TUBO FLANGE/PONTA ABA DE VEDAÇÃO AÇO INOX DN 100X0,50M	UN	20,00
149	PEÇA ESPECIAL AÇO INOX DN 100	UN	20,00
	CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES Ø 16MMX80MM PN 10 DN 100	CJ	40,00
	DESCARGA FLOCULADORES		
160	TUBO COM PONTAS E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA FD DN 150X0,65M	UN	2,00
161	LUVA DE CORRER COM BOLSAS JE FD DN 150	UN	2,00
162	TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 150	M	12,00
163	TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 150X2,20M	UN	2,00
164	TUBO FLANGE/PONTA E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PN10 FD DN 150X2,20M	UN	2,00
	REGISTRO COM FLANGES COM CUNHA DE BORRACHA CORPO CURTO TIPO EURO 23		
165	REUROC COM CABEÇOTE PN10 FD DN 150	UN	4,00
166	EXTREMIDADE FLANGE/PONTA E ABA DE VEDAÇÃO PN10 FD DN 150X0,70M	UN	2,00
167	TUBO PONTA/BOLSA JE PVCE DN 200	M	9,80
	CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES Ø 20MMX90MM PN 10 DN 150	CJ	4,00
	DESCARGA DECANTADORES		
180	TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 150X5,60M	UN	6,00
181	TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 150	M	144,00
182	TUBO FLANGE/PONTA E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PN10 FD DN 150X1,05M	UN	18,00
	REGISTRO COM FLANGES COM CUNHA DE BORRACHA CORPO CURTO TIPO EURO 23		
183	REUROC COM CABEÇOTE PN10 FD DN 150	UN	18,00
184	CURVA 90° COM FLANGES PN10 FD DN 150	UN	18,00
185	TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 150X1,60M	UN	6,00
186	TUBO PONTA/BOLSA JE FD DN 150X3,35M	UN	6,00
187	TUBO COM PONTAS FD DN 300X5,40M	UN	4,00
188	TUBO PONTA/BOLSA JE PVCE DN 300	M	31,40
	CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES Ø 20MMX90MM PN 10 DN 150	CJ	36,00
	TUBO COLETOR DE ÁGUA DECANTADA		
200	CAP JE PVC DEFoFo Ø 250	UN	24,00
201	TUBO PONTA/BOLSA COM 7 FUIROS DE 1.1/2" JE PVC DEFoFo Ø 250X5,70M	UN	24,00
202	TUBO PONTA/BOLSA COM 8 FUIROS DE 1.1/2" JE PVC DEFoFo Ø 250X6,00M	UN	24,00
203	TUBO COM PONTAS E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PVC DEFoFo Ø 250X0,65M	UN	24,00
	DESCARGA FILTROS		
210	TUBO FLANGE/PONTA E ABA DE VEDAÇÃO SOLDADA PN10 FD DN 400X0,50M	UN	10,00
	VÁLVULA BORBOLETA COM FLANGES SÉRIE AWWA C-504 COM ACIONAMENTO ELÉTRICO		
211	FURAÇÃO DO FLANGE CONFORME ISO 2531 PN10 FD DN 400	UN	10,00
212	TUBO FLANGE/PONTA PN10 FD DN 400X1,80M	UN	20,00
213	TUBO PONTA/BOLSA FD DN 600X6,00M	UN	5,00
214	TUBO COM PONTAS FD DN 600X0,70M	UN	2,00
215	TUBO COM PONTAS FD DN 600X1,05M	UN	1,00
216	TUBO COM PONTAS FD DN 600X3,45M	UN	1,00
217	TUBO COM PONTAS E ABA DE VEDAÇÃO FD DN 600X0,85M	UN	1,00
	CONJUNTO DE ACESSÓRIOS PARA FLANGES Ø 24MMX100MM PN 10 DN 400	CJ	30,00
	EQUIPAMENTOS		
220	FLOCULADOR MECÂNICO DE EIXO VERTICAL TIPO FLUXO AXIAL	CJ	8,00
	COMPORTA COM PEDESTAL DE MANOBRA ACIONAMENTO ELÉTRICO E HASTE DE		
221	PROLONGAMENTO Ø 1.1/8" L=1,43M FD Ø 300	CJ	10,00
	COMPORTA COM PEDESTAL DE MANOBRA ACIONAMENTO MANUAL E HASTE DE		
222	PROLONGAMENTO Ø 1.1/8" L=1,13M FD Ø 500	CJ	12,00
	COMPORTA COM COMANDO EM VOLANTE E GUIAS TIPO EMBUTIR VÃO 1,25X1,90M		
223	PRFV	CJ	4,00
	COMPORTA COM COMANDO EM VOLANTE E GUIAS TIPO EMBUTIR VÃO 0,75X1,40M		
224	PRFV	CJ	2,00
225	GUARDA-CORPO HORIZONTAL=1,10M EM POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO PULTRUDADO	M	772,00
226	GUARDA-CORPO INCLINADOL=1,10M EM POLIÉSTER REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO PULTRUDADO	M	15,00
227	CALHA PARSHALL W=1.1/2'	UN	1,00

Fonte: SEINFRA, 2012.

7.3. ANEXO 03 – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO INICIAL

GOVERNO DO ESTADO DE ALAGOAS
SECRETARIA DE ESTADO DA INFRAESTRUTURA
CONCORRÊNCIA Nº 02/2013 - T3 - CPL/AL
OBJETO: EXECUÇÃO DAS OBRAS E SERVIÇOS DE INTEGRAÇÃO DO CANAL ADUTOR DO RIBZÃO ALAGANO COM O SISTEMA COLLETIVO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
DATA: 26/03/2013

Consórcio: **SVC** **ENGE MAT**
Engenharia de Materiais Ltda.

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS

Nº	Discriminação do Serviço	Período de Execução (meses)	%	Total do Serviço (R\$)	M E S E S															
					out/13	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14	mar/14	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14	ago/14	set/14	out/14	nov/14	dez/14	
1	CANTEIRO DE OBRAS	3	0,30%	353.055,04	9.542,96	-	-	70.611,01	276.901,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO	5	0,64%	591.501,09	-	69.204,67	69.204,67	69.204,67	140.409,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3	MANUTENÇÃO DO CANTEIRO	15	2,09%	1.925.273,78	3.024,86	92.691,46	27.888,19	45.047,08	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59	126.351,59		
4	ADMINISTRAÇÃO LOCAL DE OBRA E DESPESAS GERAIS PESSOAL	15	0,36%	7.687.194,60	13.376,17	42.417,38	49.227,74	407.488,35	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64	512.479,64		
5	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA - EEAB	5	2,10%	1.927.604,02	-	-	-	-	-	385.520,00	385.520,00	385.520,00	385.520,00	385.520,00	-	-	-	-		
6	ADUTORA DE ÁGUA BRUTA - AAB	2	0,29%	269.669,07	-	-	-	-	-	-	-	134.034,99	134.034,99	-	-	-	-	-		
7	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA Q = 400 L/S	11	16,91%	15.530.372,29	-	-	1.413.670,19	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21	1.413.670,21		
8	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA - EEAT-1	5	1,69%	1.549.919,41	-	-	-	-	309.983,08	309.983,08	309.983,08	309.983,08	309.983,08	309.983,08	-	-	-	-		
9	RESERVATÓRIO SEMI-ENTERRADO - CAP=1500M³	6	0,99%	913.649,04	-	-	-	-	-	114.206,13	114.206,13	114.206,13	114.206,13	114.206,13	114.206,13	114.206,13	114.206,13	114.206,13		
10	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA - EEAT-2	5	3,23%	2.970.302,10	-	-	-	-	-	594.060,42	594.060,42	594.060,42	594.060,42	594.060,42	-	-	-	-		
11	RESERVATÓRIO APOIADO - RAP 2 - CAP=600M³	5	1,01%	929.851,27	-	-	-	-	-	-	185.970,25	185.970,25	185.970,25	185.970,25	185.970,25	-	-	-		
12	ADUTORAS DE ÁGUA TRATADA	13	61,89%	57.013.209,12	-	1.153.536,68	3.232.101,71	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39	4.385.638,39		
13	ONE-WAY	3	0,32%	295.651,18	-	-	-	-	-	-	-	98.550,39	98.550,39	98.550,40	-	-	-	-		
TOTAL GERAL (R\$)				100%	91.977.343,81	21.943,99	164.313,51	1.299.557,20	5.238.093,01	6.857.450,25	6.750.123,71	7.843.911,06	8.029.881,31	8.263.266,69	8.263.266,69	7.018.447,85	6.740.316,23	6.554.345,96	6.554.345,96	
DESEMBOLSO ACUMULADO (R\$)						21.943,99	186.257,50	1.485.814,78	6.723.907,79	13.581.358,04	20.331.481,75	28.175.392,81	36.205.274,12	44.468.540,81	52.731.807,50	60.550.255,35	67.290.571,58	73.844.917,54	80.399.263,50	91.733.865,18
DESEMBOLSO MENSAL (%)						0,02%	0,18%	1,41%	5,69%	7,46%	8,53%	8,73%	8,90%	8,98%	7,33%	7,13%	7,13%	7,13%	12,31%	
DESEMBOLSO ACUMULADO (%)						0,02%	0,20%	1,61%	7,30%	14,78%	22,10%	30,63%	39,36%	48,34%	57,32%	65,82%	73,15%	80,26%	87,41%	98,22%

Fonte: SEINFRA, 2013.

[Assinatura]
 CONSÓRCIO SVC/ENGE MAT
 Engº Claudio Antonio de S. Mota
 CREA nº 21029 BA

7.4. ANEXO 04 – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO FINAL

Parte 01 de 02 do cronograma físico-financeiro final.



ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL
SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA
SUPERINTENDÊNCIA ESPECIAL DE PROJETOS
SUPERINTENDÊNCIA DE INVESTIMENTOS

CRONOGRAMA FÍSICO - FINANCEIRO ADEQUADO DO PROJETO DE INTER

dez/13 BM 03	jan/14 BM 04	fev/14 BM 05	mar/14 BM 06	abr/14 BM 07	mai/14 BM 08	jun/14 BM 09	jul/14 BM 10	ago/14 BM 11	set/14 BM 12	out/14 BM 13	nov/14 BM 14	dez/14 BM 15	jan/15 BM 16
	1,06%		44,89%	0,42%	0,18%			2,40%		47,64%			
	7.727,60		327.553,03	3.060,09	1.308,54			17.500,19		347.618,85			
10,55%	10,55%	10,55%	11,37%										
69.204,67	69.204,67	69.204,67	74.595,71										
0,51%	1,31%	2,14%	2,54%	1,73%	2,25%	2,18%	1,97%	1,97%	1,91%	13,04%	2,61%	2,13%	1,11%
27.588,19	69.976,72	114.875,58	135.910,57	92.910,73	120.292,05	116.909,16	105.571,35	105.415,37	102.330,61	698.529,21	139.627,09	114.242,04	59.250,62
0,52%	1,49%	2,12%	2,62%	3,55%	3,45%	3,39%	3,42%	3,32%	3,45%	4,62%	4,16%	1,98%	1,73%
49.227,74	141.264,89	200.648,43	248.326,38	336.272,47	326.931,02	320.951,90	323.444,25	314.533,38	326.796,32	437.307,44	393.817,60	187.622,89	163.275,98
												74,61%	
												222.080,64	
		0,01%	1,39%	6,03%	0,04%	1,66%	1,72%	1,45%	0,88%	5,65%	0,97%	0,08%	0,02%
		3.094,10	303.917,59	1.319.257,86	9.488,62	364.395,63	377.414,27	317.541,93	192.351,03	1.236.278,52	212.556,39	17.673,99	3.797,90
	0,09%		4,36%	0,09%	2,64%	2,24%	2,33%	0,04%	0,86%	2,46%		3,11%	
	2.047,31		95.821,24	1.967,06	57.902,59	49.101,09	51.082,19	943,03	18.828,67	54.131,68		68.393,38	
	0,53%		18,47%		10,50%	13,38%	17,43%	0,09%	2,01%	6,61%			
	6.223,57		218.285,59		124.161,28	158.141,70	206.092,99	1.102,32	23.754,07	78.155,43			
			1,90%	0,10%	1,31%	1,29%	2,04%	1,08%	0,00%	3,05%			
			72.718,23	3.647,19	49.859,58	49.418,71	77.954,14	41.196,39	123,10	116.610,67			
			14,37%		8,84%	12,24%	10,84%		2,18%	1,14%			
			150.833,55		92.789,07	128.464,24	113.740,89		22.919,36	11.978,07			
0,95%	2,80%	2,06%	3,05%	5,92%	11,01%	3,45%	2,09%	5,78%	2,07%	2,69%	7,63%	1,63%	0,21%
665.590,08	1.957.542,66	1.442.292,37	2.135.868,74	4.142.638,58	7.704.540,56	2.416.497,86	1.460.404,65	4.044.146,12	1.445.836,88	1.879.708,50	5.340.716,62	1.137.487,45	145.774,46
				0,34%		3,19%							
				1.867,68		17.292,71							
811.610,68	2.253.987,42	1.830.115,15	3.763.830,63	5.901.621,66	8.487.273,31	3.621.173,00	2.715.704,73	4.842.378,73	2.132.940,04	4.860.318,37	6.086.717,70	1.747.500,39	372.098,96
0,67%	1,87%	1,52%	3,13%	4,90%	7,05%	3,01%	2,26%	4,02%	1,77%	4,04%	5,05%	1,45%	0,31%
962.076,01	3.216.063,43	5.046.178,58	8.810.009,21	14.711.630,87	23.198.904,18	26.820.077,18	29.535.781,91	34.378.160,64	36.511.100,68	41.371.419,05	47.458.136,75	49.205.637,14	49.577.736,10
0,80%	2,67%	4,19%	7,32%	12,22%	19,26%	22,27%	24,53%	28,55%	30,32%	34,36%	39,41%	40,86%	41,17%

Fonte: EINFRA, 2016.

Parte 02 de 02 do cronograma físico-financeiro final.

DATA BASE: MAR/2016												
dez/15 BM 27	dez/15 BM 27-A	jan/16 BM 28	fev/16 BM 29	mar/16 BM 30	abr/16 BM 31	mai/16 BM 32	jun/16 BM 33	jul/16 BM 34	ago/16 BM 35	set/16 BM 36	out/16 BM 37	TOTAIS
											2,65%	
											19.333,81	729.641,77
											46,42%	
											304.417,02	655.831,41
1,15%	4,68%	5,13%	5,85%	9,22%	5,36%	4,02%	3,95%	2,66%	0,77%	0,40%	4,52%	
61.436,60	250.489,55	275.040,23	313.204,60	493.945,57	286.929,52	215.121,53	211.628,95	142.277,02	41.442,14	21.630,96	242.154,99	5.357.524,67
1,38%	6,98%	3,95%	3,75%	2,48%	2,27%	2,00%	1,96%	2,83%	0,31%	0,09%		
130.508,55	661.015,66	373.578,26	354.551,69	234.605,36	214.508,48	189.511,93	185.334,47	268.288,25	29.527,69	8.730,43	639.334,53	9.472.317,49
0,18%			0,96%	7,00%	7,16%	6,57%	1,25%				55,16%	
4.376,40			23.484,89	170.813,45	174.776,23	160.293,47	30.557,20				1.345.705,85	2.439.622,44
		0,09%		0,10%		4,71%		0,15%		0,13%	4,84%	
2,97%	0,49%	255,34		299,86		14.024,38		443,52		387,50	14.413,16	297.636,54
		2,88%	1,24%	12,47%	13,99%	3,85%	8,90%	1,47%	0,18%		4,36%	
649.307,66	106.774,43	629.908,96	270.989,94	2.729.350,33	3.062.192,28	842.342,98	1.948.189,87	321.821,37	38.812,52		954.610,56	21.888.189,40
22,40%			0,99%	6,98%	5,42%	8,81%	13,28%	0,25%	-0,13%	0,00%	3,68%	
491.925,55			21.686,54	153.221,47	119.009,30	193.424,75	291.703,24	5.450,22	-2.858,34	33,50	80.730,82	2.196.129,47
2,35%			0,13%	0,84%	13,63%	2,52%	1,62%	0,48%			6,40%	
27.802,59			1.580,16	9.887,48	161.163,09	29.782,81	19.098,28	5.683,90			75.600,43	1.182.126,15
8,74%	1,05%	1,09%	3,69%	6,85%	7,04%	2,71%	6,57%	7,65%	-0,07%		21,45%	
333.917,40	40.069,31	41.453,52	141.032,08	261.801,78	268.722,09	103.659,65	250.773,55	292.177,57	-2.790,99		819.371,10	3.819.634,24
1,46%	-0,39%		0,19%	0,05%	3,38%	1,19%	5,80%	1,66%			34,18%	
15.309,80	-4.110,69		1.975,19	481,40	35.527,18	12.503,58	60.928,85	17.431,59			358.781,78	1.049.672,15
0,18%	0,05%	0,04%	0,08%	0,64%	0,39%	0,24%	0,43%	0,62%	0,02%	0,31%	37,78%	
125.349,72	33.926,15	30.124,07	69.250,50	447.076,70	273.277,12	168.010,70	303.582,89	431.812,30	15.515,66	215.905,21	26.447.173,70	69.996.570,61
	7,59%			6,63%		1,41%	39,96%	0,04%	0,06%		2,97%	
	41.094,61			35.872,01		7.621,68	216.356,84	231,84	350,07		16.065,26	541.412,03
	35,62%		4,21%	3,96%	27,66%	9,53%	9,25%	3,63%			100,00%	
	286.565,29		33.860,44	31.893,15	222.484,12	76.656,52	74.436,49	29.170,01			49.403,71	804.469,73
1.839.934,37	1.129.259,02	1.350.360,38	1.187.755,59	4.569.247,56	4.818.589,41	2.012.953,98	3.592.590,63	1.514.787,59	119.998,75	246.687,60		120.430.778,10
1,53%	0,94%	1,12%	0,99%	3,79%	4,00%	1,67%	2,98%	1,68%	0,52%	0,62%		
3.201.024,14	69.330.283,16	70.680.643,54	71.868.399,13	76.437.646,69	81.256.236,10	83.269.190,08	86.861.780,71	88.696.995,03	88.816.993,78	89.063.681,38		
56,63%	57,57%	57,76%	58,74%	62,54%	66,54%	68,21%	71,19%	73,65%	74,95%	76,36%		73,65%

Fonte: SEINFRA, 2016.

