



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA

**PLANEJAMENTO DE FUNDAÇÕES DE PARQUE EÓLICO: UMA ABORDAGEM
UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM PREVISION**

ANGICOS

2021

PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA

**PLANEJAMENTO DE FUNDAÇÕES DE PARQUE EÓLICO: UMA ABORDAGEM
UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM PREVISION**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.(a) Dra. Marcilene Vieira da
Nóbrega

ANGICOS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D266p DOS SANTOS TEIXEIRA , PAULO RODOLPHO .
 PLANEJAMENTO DE FUNDAÇÕES DE PARQUE EÓLICO: UMA
ABORDAGEM UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM PREVISION /
PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA . - 2021.
 89 f. : il.

 Orientador: MARCILENE VIEIRA DA NÓBREGA.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2021.

 1. Planejamento de obras . 2. Parque Eólico .
3. Lean Construction . 4. BIM . I. VIEIRA DA
NÓBREGA, MARCILENE, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos

Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte

CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA

**PLANEJAMENTO DE FUNDAÇÕES DE PARQUE EÓLICO: UMA ABORDAGEM
UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM PREVISION**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 18 / 11/ 2021.

BANCA EXAMINADORA

**Marcilene Vieira
da Nóbrega**

Assinado de forma digital por
Marcilene Vieira da Nóbrega
Dados: 2021.11.19 14:26:08
-03'00'

Marcilene Vieira da Nóbrega, Prof(a). Dra. (UFERSA)
Presidente

**ARTHUR GOMES DANTAS
DE ARAUJO:07161258464**

Assinado de forma digital por ARTHUR
GOMES DANTAS DE ARAUJO:07161258464
Dados: 2021.11.19 15:45:21 -03'00'

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

**LUIS HENRIQUE
GONCALVES
COSTA:00832425460**

Assinado de forma digital por LUIS
HENRIQUE GONCALVES
COSTA:00832425460
Dados: 2021.11.19 14:06:27 -03'00'

Luís Henrique Gonçalves Costa, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho ao meu maior incentivador e
inspiração de vida **Edgar Adelino Dos Santos**
(*Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por guiar meus passos em sua infinita bondade e misericórdia, e por todo amor me ofertado.

Agradeço aos meus pais, Leonaldo Teixeira da Silva e Maria José Adelino dos Santos por todos os ensinamentos, cuidado, proteção, amor e carinho. Agradeço por serem meus exemplos de vida e por terem me guiado sempre pela escolha dos bons caminhos.

Às minhas avós Maria Nazaré dos Santos (*in memoriam*) e Maria Anunciada Teixeira e aos meus avôs Edgar Adelino Dos Santos (*in memoriam*) e José Teixeira da Silva por se fazerem presentes em todos os momentos da minha vida, sempre cuidando de mim com muito amor.

À minha irmã, Luana Nayara dos Santos Teixeira, por todo o companheirismo, amizade, luta, esforço e exemplo.

À minha namorada Mylliane Samara Soares Pereira que me acompanhou durante todo o árduo percurso sendo meu porto seguro e fiel companheira nos estudos, no amor e na vida.

À minha orientadora Prof(a). Dra. Marcilene Vieira da Nóbrega por toda orientação, paciência e integridade. Por entender tão bem o significado do educador e ser um ser humano ímpar. Minha eterna gratidão.

À banca pela disponibilidade de avaliar o presente trabalho, o Prof. Dr. Arthur Gomes Dantas de Araújo e ao Prof. Me. Luís Henrique Gonçalves Costa.

Aos professores da UFERSA campus Angicos e IFRN Campus Santa Cruz, por todo conhecimento repassado, pela amizade e pelos grandes ensinamentos dentro e fora da sala de aula.

Aos meus companheiros de faculdade que se tornaram amigos de coração Francisco Cleiton, Ronaldo Roberto, Kaio Henrique, Junior Torres, Mateus Davi, Alison e Ana Carolina. pelas incansáveis noites de estudo, por todo cansaço e alegria compartilhada, pelo companheirismo e por terem se tornado minha família longe de casa.

Aos amigos Mateus Oliveira, Cecília Alves, Matheus Carlyelton, Pedro Venício, Kayro e Maria Rayane além de tantos outros que não foram citados aqui por toda a assiduidade e terem se tornado irmãos de longas datas.

À todos que compõe a plataforma Prevision e Dois A Engenharia por todo o apoio necessário para que fosse realizado este trabalho.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para o meu conhecimento dentro e fora da universidade. A todos vocês o meu muito obrigado!

“Ora, a fé é a certeza daquilo que esperamos e a prova das coisas que não vemos.”

Hebreus 11:1

RESUMO

Devido a crescente competitividade do mercado da construção civil, sobretudo na construção de parques eólicos que vêm em crescente ascensão no Brasil, as empresas têm entendido a necessidade de bons investimentos no setor de planejamento e controle de obras, de modo a considerar aspectos advindos da teoria do *Lean Construction* em busca da diferenciação através de técnicas como: melhoria da produtividade, gerenciamento do tempo, controle de custos e especificação da mão de obra em serviços recorrentes. De modo a atender tais conceitos, a tecnologia BIM no planejamento tem se mostrado cada vez mais satisfatória, uma vez que além de favorecer o projeto, ainda diferencia a empresa no mercado devido o controle sobre a produção e consequentemente à entrega no prazo. O referente trabalho apresenta a análise do cronograma executivo de obra de fundações de um parque eólico, inicialmente produzido no Ms Project®, e importado para uma plataforma BIM, o Prevision®. No domínio da Engenharia Civil, as fundações dos aerogeradores configuram elementos essenciais na construção dos parques eólicos, uma vez que é através destas que os esforços, em grande escala induzidos pelo vento, são transmitidos ao solo. Em parques eólicos, a reincidência das atividades considerando as fundações e o bom gerenciamento das equipes deve ser considerada. Dessa forma, a gestão do tempo e o controle das atividades devem ser guiados por um meio que consiga se interligar com a concomitância dos serviços, visibilidade na obediência aos prazos, compatibilidade com softwares de gerenciamento e controle de custos, otimizando o tempo do planejador e apresentando resultados eficientes na análise em questão. Este trabalho através da plataforma Prevision realizou uma análise do cronograma civil das fundações de torres eólicas e obteve como resultado a redução de dias no planejamento, gestão visual, análise de custo e análises cruciais à execução da obra.

Palavras-chave: Planejamento de obras, Parque eólico, Lean Construction, BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Cronograma de Gantt (Representação).....	23
Figura 02: Cronograma de Gantt com integração do calendário	24
Figura 03: Linha de balanço.....	26
Figura 04: Índices da plataforma Prevision®.....	30
Figura 05: Aparelhagem do PCE	34
Figura 06: Concreto de regularização	34
Figura 07: 1ª etapa de armação: fundação do tipo convencional elevada.....	35
Figura 08: Fundação convencional – Reparo de fissura	36
Figura 09: Fundação do tipo elevada: Jibalcone em Serra do mel/RN	36
Figura 10: Fundação do tipo convencional elevada 1ª Etapa – Armação	37
Figura 11: Concretagem de fundação do tipo convencional elevada.....	38
Figura 12: Vista da demarcação do parque eólico São Vitor.....	39
Figura 13: Complexo eólico São Vitor	41
Figura 14: Fundação convencional elevada em armação.....	41
Figura 15: Vista de seção de projeto do tipo de fundação	42
Figura 16: Geometria da fundação	43
Figura 17: Cronograma inicial	44
Figura 18: Cronograma civil das fundações.....	46
Figura 19: Cronograma civil São Vitor 13.....	46
Figura 20: Atividades civis	47
Figura 21: Fluxograma das atividades civis.....	48
Figura 22: Cronograma de controle	49
Figura 23: Gantt de controle.....	50
Figura 24: Cronograma com dias inteiros	51
Figura 25: Inserção de colunas.....	52
Figura 26: Inserção de colunas.....	52
Figura 27: Cronograma pós importação	64
Figura 28: Inserção de colunas.....	65
Figura 29: Serviços	65
Figura 30: Precedência e sequenciação	66
Figura 31: Sequenciação Supressão	67
Figura 33: Implementação de serviços.....	69
Figura 34: Etiquetas	70
Figura 35: Criação de restrições.....	71
Figura 36: Restrição estudo PCE	72
Figura 37: Restrição traço do concreto	72
Figura 40: Orçamento 01.....	76
Figura 41: Níveis da tabela orçamentário no Prevision®	76
Figura 42: Vinculação dos custos aos serviços	77
Figura 44: Curva de avanço físico	79
Figura 45: Índices do projeto	80
Figura 46: Curva S	81

Figura 47: Comparativo do avanço dos serviços da curva S.....	81
Figura 48: Quantitativo por período.....	82
Figura 49: Cronograma Físico-Financeiro	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Potência instalada (MW) por período de entrada em operação comercial.....	32
Tabela 02: Caso de carregamento extremo–Sem majoração de esforços – dimensionamento	43
Tabela 03: Resumo dos quantitativos.....	44
Tabela 04: Quantitativo de equipes inicial	67
Tabela 05: Exportação de atividades para o Excel	73
Tabela 06: Planilha orçamentária de custo	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BIM	Building Information Modeling
CR	Custo real
EAP	Estrutura analítica do projeto
EVA	Análise de valor agregado
LPS	Last Planner System
PDCA	Planejar, Desempenhar, Checar e Agir
PCE	Prova de carga estática
PERT/COM	Program Evaluation and review technique/ Critical path method
RMT	Rede de média tensão
VA	Valor agregado
VP	Valor previsto

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Planejamento e controle de obras	18
2.1.1 Benefícios do planejamento	19
2.1.2 Tipos de planejamentos de obras	20
2.1.2.1 <i>Last Planner System (LPS)</i>	20
2.1.8 Cronograma.....	22
2.1.8.1 <i>Cronograma de GANTT</i>	22
2.1.9 Análise e gestão de custo no planejamento.....	24
2.1.10 Valor agregado	25
2.1.11 Linha de balanço	26
2.1.11.1 <i>Objetivos da linha de balanço</i>	27
2.2 Método BIM (Building Information Modeling) no planejamento de obras.....	28
2.2.1 Lean Construction	28
2.2.2 Prevision®.....	29
2.3 Construção de Parques eólicos	31
2.3.1 Energia eólica - Cenário da produção global	31
2.3.2 Cenário da produção nacional.....	31
2.3.3 Etapas da construção de parques eólicos	32
2.3.3.1 <i>Supressão vegetal</i>	32
2.3.3.2 <i>Escavação</i>	33
2.3.3.3 <i>Prova de carga estática – PCE</i>	33
2.3.3.4 <i>Concreto de regularização</i>	34
2.3.3.5 <i>Armação, fôrma e concretagem</i>	35
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	39
3.1 Descrição do local de localização da fundação pesquisada.....	39
3.2 Tipologia da fundação pesquisada	41
3.2.1 Descrição da estrutura	43
3.3 Cronograma de referência	44

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1 Análise do cronograma inicial	46
4.2 Importação do cronograma para o Prevision®	50
4.3 Restrições utilizando a metodologia kanban.....	70
4.4 Exportação para o Excel	73
4.5 Importação do orçamento para o Prevision®	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
REFERÊNCIAS.....	85
ANEXOS.....	89
ANEXO A –Cronograma civil das fundações, Prevision®	89

1 INTRODUÇÃO

O planejamento de obra tem como objetivos principais estabelecer prazo, custo, qualidade e prever os riscos em todas as fases de determinado projeto. É através dele que a empresa, o construtor ou o incorporador tem visão real e geral dos impactos que seu projeto pode gerar, sejam eles positivos ou negativos. Planejar é realizar a obra antes mesmo dela começar, e isso pode evitar muitos problemas, trazer otimização e maior qualidade na execução do projeto.

Devido a competitividade do mercado, as empresas buscam sempre executar projetos com menor custo tendo maior qualidade de execução. Isso cria a necessidade de controle minucioso da obra, obrigando as empresas do setor a realizarem maiores investimentos no segmento do planejamento e orçamento de todas as suas atividades. Trabalhando assim, com números mais precisos, prazos mais bem calculados, para assim aumentar a produtividade tornando-se cada vez mais competitivas (FERREIRA, 2019).

A construção civil é uma atividade que envolve grande quantidade de variáveis e se desenvolve em um ambiente particularmente dinâmico e mutável. Gerenciar obra adequadamente não é um dos trabalhos mais fáceis. No entanto, ainda se percebe muito de improvisação nos canteiros. O planejamento da obra é um dos principais aspectos do gerenciamento, conjunto de amplo espectro, que envolve também orçamento, compras, gestão de pessoas e comunicações (MATTOS, 2019).

Ao passar dos anos o método do planejamento foi se modificando e evoluindo cada vez mais, de modo que o controle e o acompanhamento de cronogramas de planejamento atendam a evolução das dimensões dos softwares quanto a quantidade de informação que pode ser apresentada através da entrada de dados. O planejamento em plataformas BIM (Building Information Modeling) vai muito além da dimensão. Representa o processamento de informações que podem ser apresentadas, compatibilizadas e a velocidade com que ocorre esse processo também é interpretada, de modo que com na modernização tanto as dimensões das ferramentas evoluam, quanto a riqueza de detalhes e independência dos softwares quanto a geração de informações, como cita a plataforma (PREVISION, 2019).

Na evolução do planejamento de obras, alguns conceitos primordiais foram trabalhados e tem-se como tese para alguns valores da obra. Utilizar métodos estruturados na execução de obras que propiciem gestão mais coordenada dos trabalhos para que se obtenha, como

benefício, o aumento da eficiência e melhor resultado final é associado a filosofia *Lean*¹, mais precisamente o *Lean Construction*² e as boas práticas de gerenciamento de projetos representando o seguimento que as grandes empresas buscam emergir seus processos, (AIRES E VALENTE, 2017).

Lopez (2002) menciona que a energia proporcionada pelos ventos está presente no dia a dia do homem desde os primórdios da civilização. Atividades como extração de água e bombeamento utilizado para consumo próprio e beneficiamento de grãos até sua distribuição através da navegação contaram com o vento para que pudessem ser realizadas. Os primeiros registros de utilização do vento para técnicas importantes da época foram registrados há anos a.C. Como grande marco histórico, a Revolução industrial no final do século XIX teve um papel fundamental no desenvolvimento de muitas tecnologias, dentre elas a do vento.

De acordo com a ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica (2021), atualmente o país possui cerca de 18GW de capacidade instalada, em média 695 parques eólicos e mais de 8.300 aerogeradores em operação em 12 estados. Toda essa geração corresponde ao abastecimento de 28,8 milhões de residências por mês e 86,3 milhões de habitantes beneficiados.

Com a grande quantidade de Parques eólicos e a tendencia de crescimento, obter controle sobre os projetos e execução por meio do planejamento se torna cada vez mais comum, uma vez que as grandes empresas adotam a teoria do *Lean* para alavancar seus investimentos e crescer no mercado com projetos inovadores, realizados com excelência e com objetivo de se tornarem referência no tipo de construção.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Realizar o planejamento de execução de uma fundação de torre eólica utilizando plataforma BIM (Building Information Model).

¹ *Lean* é uma filosofia de gestão que teve origem em práticas aplicadas e resultados obtidos dentro da Toyota.

² *Lean Construction* Trata-se de uma variação ou adaptação da filosofia *Lean* para o ambiente da construção civil.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Apresentar o cronograma de execução da fundação na plataforma do software Ms Project®;
- ✓ Extrair o cronograma para análise em uma plataforma BIM (Building Information Model);
- ✓ Realizar um estudo de melhoria na execução e acompanhamento do planejamento através do auxílio do conceito Lean Construction;
- ✓ Apresentar o acompanhamento do custo no cronograma;
- ✓ Analisar as ferramentas de identificação de restrições durante a execução do projeto da fundação;
- ✓ Analisar o cronograma em linha de balanço;
- ✓ Estudar ferramentas de melhoria em uma análise quantitativa da mão de obra utilizada em situações de restrições e seus possíveis impactos no cronograma de execução;
- ✓ Realizar um comparativo de melhoria no acompanhamento das atividades e na simulação de cenários de restrições no cronograma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Planejamento e controle de obras

O planejamento é uma importante ferramenta utilizada no controle de obras porque, mesmo que não haja como oferecer certeza de perfeição em qualquer atividade humana, existe o risco inerente em todas as áreas. Proporciona às pessoas e às organizações garantia razoável de alcance dos objetivos, que por sua vez se traduz em confiança, noção prévia do que se deve fazer e para onde ir. Isso abre o caminho para a eficiência nas ações e para se obter máxima eficácia nos resultados, além da agilidade na tomada de decisões e outros favorecimentos ofertados à obra através do planejador.

A indústria da construção tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos, afirma (MATTOS, 2019). O autor destaca as principais causas: a intensificação da competitividade, a globalização dos mercados, a demanda por bens mais modernos, a velocidade com que surgem novas tecnologias, o aumento do grau de exigência dos clientes e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos.

Ainda enfatizado por Mattos (2019), o mesmo coloca sobre o planejamento como ferramenta de gestão e controle de construções uma vez que diante do exposto, as empresas se deram conta de que investir em gestão e controle de processos é inevitável, pois sem essa sistemática gerencial os empreendimentos perdem de vista seus principais indicadores: o prazo, o custo, o lucro, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa.

Maximiano (1995) reforça e complementa os argumentos sobre a importância do planejamento ao comentar que os processos fiquem sem controles mostrando os caminhos a seguir, evitando e se preparando para eventuais surpresas. Destaca ainda, três importantes benefícios, sendo eles, a permanência das decisões, o equilíbrio e o melhor desempenho.

Pode-se definir o planejamento como: “definição de um futuro desejado e dos meios eficazes para alcançá-lo” (ACKOFF, 1976 *apud* BERNARDES, 2003). Syal *et al* (1992 *apud* Bernardes 2001), definem planejamento como sendo o resultado de um conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final.

2.1.1 Benefícios do planejamento

Um bom planejamento de uma obra permite ao planejador um conhecimento estratégico necessário para saber a eficiência e a condução da obra, sobretudo em obras de grande porte que compactuam de diversas atividades acontecendo concomitantemente. O sucesso de um empreendimento perpassa, sobretudo, no valor da imagem que a empresa ganha em uma obra bem sucedida que garanta o lucro, entrega no prazo, sustentabilidade e diversos outros fatores que agregam valor à construção de um projeto. Diversos benefícios podem ser elencados, como afirma Mattos (2019): Conhecimento pleno da obra; detecção de situações desfavoráveis; agilidade nas decisões; relação com o orçamento; otimização da elaboração de recursos; referência para acompanhamento; padronização; referência para metas; documentação e rastreabilidade; criação de dados históricos; profissionalismo.

O autor afirma a bem sucessão da obra através destes benefícios que se tornam, além de tudo dados históricos para obras que se assemelham. Dessa forma, o planejamento se integra na sua sucessão com melhorias contínuas e experiências documentadas, como acontece em um banco de dados. O conhecimento da obra é essencial para o planejador, gestor e toda a equipe de controle e gestão, impõe aos profissionais o estudo de projetos, análise de métodos construtivos, identificação das produtividades consideradas no orçamento e a trabalhabilidade de cada frente de serviço, que se tornam indicadores e apontam para a eliminação de restrições em tempo hábil para que sejam tomadas decisões ágeis.

A relação com o orçamento também é um fator importante, uma vez que as atividades estão bem definidas no acompanhamento diário dos avanços do cronograma. Realizar assim um acompanhamento da alocação de recursos é fundamental para o conhecimento da posteridade de cada atividade, mobilização de equipamentos e colaboradores. O planejamento traz seriedade e comprometimento à empresa, (MATTOS,2019).

Assim, como o sucesso da empresa está diretamente relacionado a um bom planejamento, a falta deste também pode acarretar em danos pontuais às empresas e aos empreendimentos. Planejar, significa, antes de tudo pensar no futuro tendo como base o presente. (MATTOS, 2019) Fundamenta, ainda que a ausência do planejamento ou o seu mal uso é comum em empresas pequenas e médio porte. A deficiência dos construtores se dá em graus variáveis, desde a ausência do planejamento, à existência e não obediência.

2.1.2 Tipos de planejamentos de obras

No planejamento global de obras, tem-se divisões de planejamentos de acordo com seus respectivos horizontes. Algumas atividades estão relacionadas e responsabilizadas por níveis diferenciados: o nível tático relaciona seus planos com o horizonte de médio e longo prazo, já o nível operacional está totalmente ligado a atividades de curto prazo. Assim, definem-se as respectivas divisões de planejamento: Planejamento estratégico; planejamento tático; planejamento operacional.

O planejamento estratégico ou de longo prazo, se caracteriza geralmente por ser utilizado para atividades que antecedem a obra, segundo (SOUZA et al. 2005), tem baixo grau de detalhamento e é chamado de plano mestre. É usado para facilitar a identificação dos objetivos do empreendimento. Como característica principal, este tipo de planejamento tem grau de detalhamento baixo por estar relacionado a atividades de longo prazo, que inclusive podem sofrer alterações. Atividades de longo prazo estão sujeitas a variações e correções dos planos de planejamento.

O autor acentua ainda sobre o planejamento tático ou de médio prazo que se utiliza da visão global dos planos de longo prazo e vincula com as atividades de curto prazo. Ele considera: análise de fluxo, especificação de métodos construtivos, identificação de recursos necessários à execução, quantificação de recursos disponíveis em canteiro e restrições relacionadas ao desenvolvimento dos trabalhos. Nesse nível de planejamento são estabelecidas as quantidades de trabalho a serem realizadas, programação e sequência obedecendo os limites estabelecidos no nível estratégico (ALVES, 2000).

Planejamento operacional ou de curto prazo, de acordo com AKKARI (2003), o planejamento operacional tem a função de proteger a produção contra os efeitos da incerteza. Alves (2000) enfatiza que é no nível operacional onde ocorre a distribuição dos pacotes de trabalho para as equipes, preparando uma detalhada programação da produção para o seu efetivo controle.

2.1.2.1 Last Planner System (LPS)

O LPS (*Last Planner System*) é um modelos de planejamento e controle da produção que tem princípios de análise no *Lean Construction*, com filosofia da produção enxuta, visando promover a estabilidade do sistema de produção por meio da variabilidade e do aumento da confiabilidade do processo construtivos (BALLARD, 2000) Um sistema de produção é estável

quando se consegue produzir de acordo com o planejado, sendo a estabilidade fundamental para que os processos não sejam frequentemente interrompidos (LIKER, 2005).

Esse sistema adota níveis hierárquicos no planejamento e controle a fim de gerenciar o que deve ser feito no prazo estabelecido (BALLARD, 2000). Pode ser entendido como um conjunto de quatro níveis de planejamento para transformar o que deve ser feito no que pode ser feito (BALLARD; TOMMELEIN, 2016), descritos a seguir:

- Planejamento de longo prazo (*master scheduling*): gerencia os grandes marcos da construção, ou seja, apresenta as atividades contidas no escopo do empreendimento. Possui baixo grau de detalhe devido à falta de informações sobre a duração real das atividades e das entregas de recursos (BALLARD; TOMMELEIN, 2016);
- Planejamento de fase (*phase scheduling*): correspondente à interface entre o longo e o médio prazo, ou seja, às atividades que devem ser realizadas e que são decompostas dos principais marcos do plano de longo prazo da obra, detalhando as transições entre as fases (BALLARD; TOMMELEIN, 2016). Objetiva produzir um plano para concluir uma fase de trabalho buscando maximizar a geração de valor e integrando todos os envolvidos da fase para que contribuam para a realização do planejamento (BALLARD; HOWELL, 2003);
- Planejamento de médio prazo (*lookahead planning*): horizonte no qual são identificadas e removidas as restrições para viabilizar a execução das atividades conforme definido no planejamento de fase. Nesse nível de planejamento também é detalhado o processamento das atividades e definida a logística de execução (BALLARD; TOMMELEIN, 2016);
- Planejamento de curto prazo (*commitment planning*): as atividades que estão prontas para serem realizadas são incluídas nos planos de curto prazo, geralmente em ciclos semanais. Objetiva orientar a execução da obra e detalhar as atividades com os responsáveis pelas equipes (BALLARD; TOMMELEIN, 2016). Neste nível deve ocorrer a aprendizagem, que objetiva analisar o trabalho realizado do plano semanal por meio da avaliação de indicadores e da investigação da causa raiz para a não execução das atividades no prazo. Esses dados são utilizados para realizar ações que evitem a recorrência de erros no sistema de produção (BALLARD; TOMMELEIN, 2016).

2.1.8 Cronograma

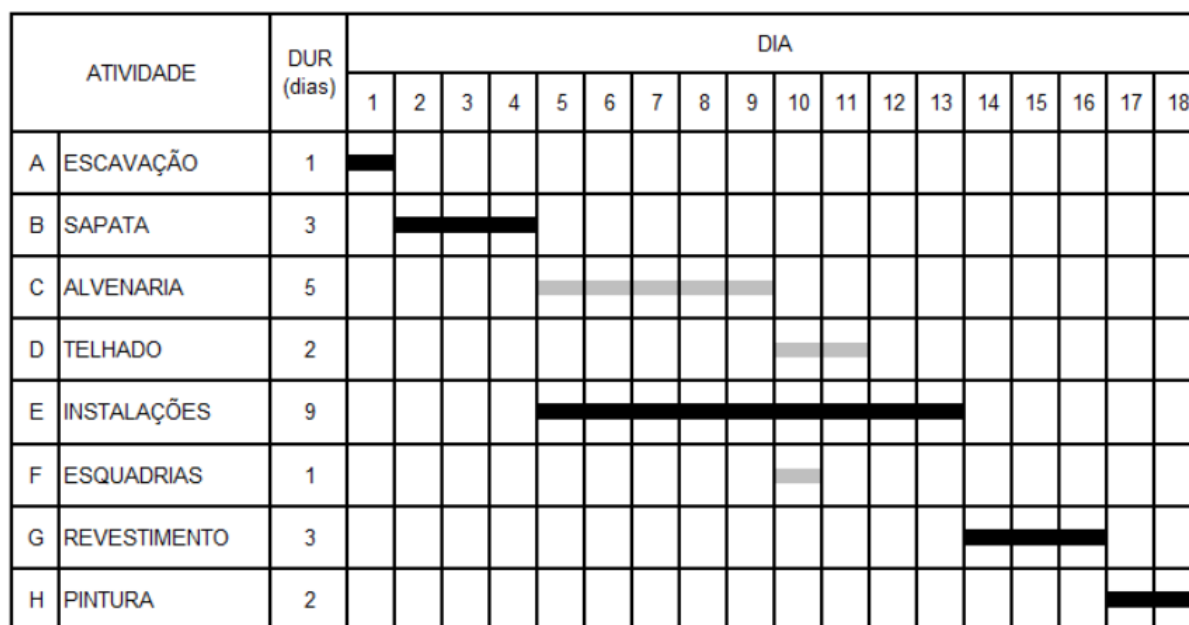
Os cronogramas são ferramentas de planejamento que permitem acompanhar o desenvolvimento físico dos serviços e efetuar previsões de quantitativos de mão de obra, materiais e equipamentos, além de permitir que se determine o faturamento a ser feito ao longo da execução da obra, constituindo-se no chamado cronograma físico-financeiro, (FERREIRA, 2019).

Limmer (1997, p.72) afirma sobre o cronograma que é utilizado também para a programação das atividades planejadas, relacionando tempo com o prazo estabelecido para a execução de cada uma delas. define como “a representação dos serviços programados numa escala cronológica de períodos expressos em dias corridos, ou meses, mostrando o que deve ser feito em cada período”.

Mattos (2010, p. 52) afirma que o cronograma é o produto final do planejamento, e que ele constitui uma ferramenta de extrema importância para gestão. Ainda segundo Mattos (2019) o cronograma que resulta do planejamento é o produto de um método bem definido. O cronograma integrado leva em conta as premissas adotadas e materializa graficamente o resultado dos cálculos efetuados segundo o PERT/CPM. O cronograma é, por excelência, o instrumento do planejamento de acompanhamento diário da obra e é com base nele que o planejador deve tomar decisões importantes como pontua o autor: programar as atividades das equipes de campo: instruir as equipes; fazer pedidos de compra; alugar equipamentos; recrutar operários; aferir o progresso das atividades; monitorar atrasos ou adiantamentos das atividades; replanejar a obra; pautar reuniões.

2.1.8.1 Cronograma de GANTT

O cronograma pode ser representado graficamente através do *cronograma de Gantt*. Geralmente visualizado através de barras e acompanhado do cronograma, no qual responde o gráfico. Muito utilizado, o *Gantt* é uma ótima e eficaz ferramenta de controle de controle no qual a barra representa a duração em uma escala de tempo por atividade, como referência Mattos (2019). Segue representação na Figura 01:

Figura 01: Cronograma de Gantt (Representação)

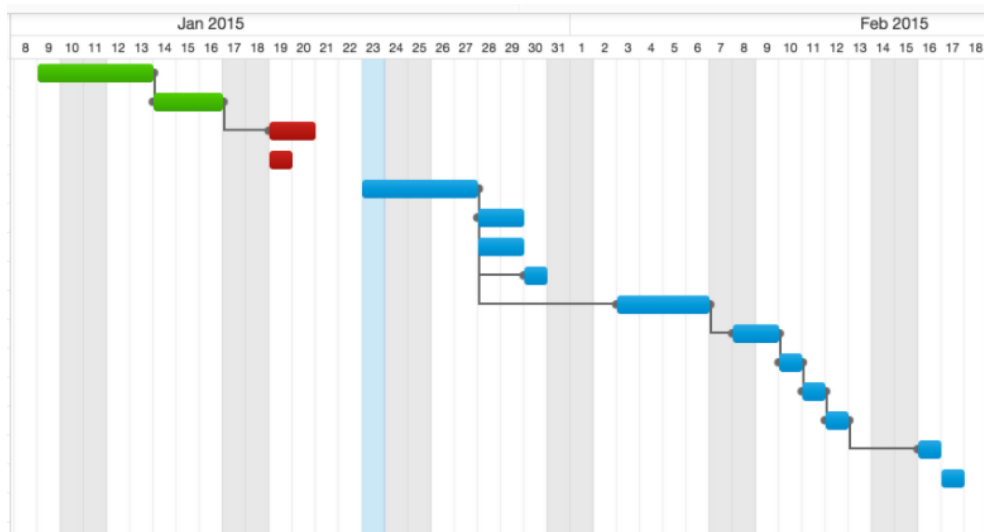
Fonte: <https://engenheirodecustos.com.br/>, acesso em 14/10/2021.

Para a figura, o mesmo prazo final da obra está sendo obedecido pelo relatório, apontando para 18 dias, os serviços críticos neste caso, estão todos grifados em preto para indicar a sua importância no projeto. A duração de cada atividade é representada pela extensão longitudinal.

Mattos (2019) fundamenta que dentro do cronograma diversas informações podem ser incluídas, como por exemplo o previsto e realizado no acompanhamento das barras, bem como os marcos, sejam eles contratuais ou etapas de projeto. Os marcos são pontos de controle no cronograma para sinalizar a data em que o cronograma alcança esses instantes. Do ponto de vista do planejamento, o marco tem duração zero e funciona no cronograma como um indicador de referência.

O autor conclui ainda sobre as formas de consideração do cronograma, podendo ou não considerar os dias úteis. De forma que o cronograma pode ser considerado como dias corridos (Sem contabilizar feriados e finais de semana), mas para uma análise realística, a depender do projeto, deve-se considerar os dias úteis na análise, de modo a manter a duração real das atividades apenas em dias trabalháveis, como segue ilustrado na Figura 02.

Figura 02: Cronograma de Gantt com integração do calendário



Fonte: <https://asana.com/>, acesso em 14/10/2021

Pós análise de Mattos (2019) algumas importantes conclusões foram extraídas do modelo de *Gantt*, pontua o autor. Sendo as vantagens: Fácil apresentação; facilita o entendimento das folgas; Base para alocação de recursos; base para o cronograma Físico-Financeiro; ótima ferramenta de controle; serve para mostrar o progresso das atividades.

E as desvantagens: A sequência lógica é mais bem compreendida no diagrama de rede; fica difícil identificar como o atraso ou o adiantamento de uma atividade afeta a rede como um todo; não elimina o recálculo da rede para a atualização do programa.

2.1.9 Análise e gestão de custo no planejamento

É fato reconhecido na literatura a utilidade da informação de custos no processo gerencial das organizações (ATKINSON et al, 2008). O que se tem discutido nas últimas décadas, em função das mudanças nos ambientes de atuação das empresas, são os conceitos e métodos utilizados na obtenção e divulgação de informações relevantes à gestão.

De acordo com, Boff (2018) de uma maneira geral a informação é utilizada com três objetivos básicos: (1) direcionar decisões que viabilizem a avaliação e escolha da melhor alternativa entre aquelas apresentadas; (2) avaliar o resultado das decisões tomadas frente aos objetivos planejados; (3) direcionar ações corretivas.

O custo-meta e o custo-padrão, como práticas de planejamento e controle de custos, estão envolvidos com o atendimento desses três objetivos (CATELLI, 2001; GARRISON e NOREEN, 2001).

2.1.10 Valor agregado

O valor agregado (VA) é definido em termos de produtos ou serviços específicos que têm capacidades/funcionalidades específicas, oferecidos a preços específicos para clientes específicos em intervalos de tempo, segundo a revista *Voitto*, 2020.

Dentro desse conceito pode-se classificar o tempo de ciclo dos operadores do processo em 3 tipos: atividades que geram valor agregado, atividades necessárias e desperdício.

- ✓ Atividades que geram valor agregado: Atividades que transformam os materiais ou as informações em produtos que o cliente deseja, ou seja, paga por eles porque enxergam valor.
- ✓ Atividades necessárias: Consomem recursos, não contribuem diretamente para o produto ou serviço, mas são altamente necessárias.
- ✓ Desperdício: Atividades que consomem recursos, tempo e espaço, mas não contribuem diretamente para produzir o que o cliente deseja. Podem ser eliminados e não comprometem o resultado.

Mattos (2010) fundamenta sobre o valor agregado e enfatiza que entre as várias técnicas de avaliação de desempenho de empreendimentos, a análise do valor agregado (earned value analysis, ou EVA) destaca-se por fornecer resultados precisos a partir da integração de dados reais de tempo e custo, permitindo ao planejador ter uma clara noção da situação atual do projeto e fazer análises de variância e tendências.

O valor agregado funciona como um alerta, permitindo a avaliação do projeto quanto ao custo utilizado para realizar determinada tarefa. Mattos (2010) enfatiza que o ponto de partida para a implementação do EVA é o cronograma Físico-Financeiro, que por sua vez se baseia em uma EAP e gera como subproduto a curva S de custos. É exatamente com essa curva S prevista que o avanço do projeto será cotejado.

O autor conceitua, ainda, três importantes definições: Valor previsto (VP), Valor agregado e custo real.

O valor previsto (VP) é o custo que deveria ter sido incorrido no período de aferição, Ele corresponde ao custo orçado do trabalho agendado (ou planejado), ou seja, calculado de acordo com o orçamento/planejamento da obra, (MATTOS, 2010)

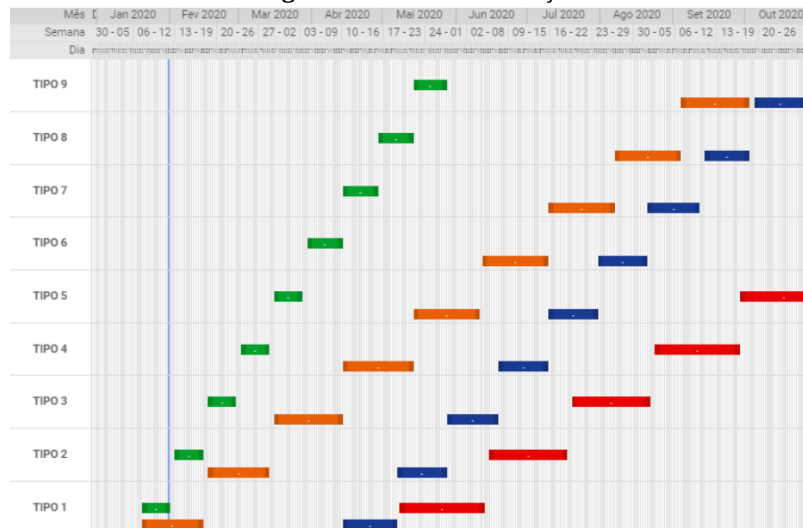
Define-se como valor agregado (VA) o custo orçado do trabalho real fado. O VA representa quanto deveria ter custado o que foi executado Ele corresponde a soma de dinheiro que, pelo orçamento, deveria ter sido gasta para produzir o trabalho realizado.

Define-se como custo real (CR) o custo real do trabalho realizado. O CR representa quanto custou o que foi executado. O CR refere-se à realidade física e não se relaciona com o planejamento prévio da obra, (MATTOS, 2010).

2.1.11 Linha de balanço

A Linha de Balanço é um processo de controle de planejamento que foi criado pela Goodyear na década de 1940. Ainda é amplamente utilizada na construção civil, principalmente em projetos que possuem padrão de repetição, como prédios ou loteamentos. Apesar de ser anterior ao Lean Construction, a técnica engloba alguns de seus princípios de construção enxuta e padronizada. O balanceamento em linhas consiste em um planejamento em que os locais da obra, por exemplo pavimentos, lotes, casas, trechos, são dispostos no eixo y, enquanto o calendário segue o eixo x, conforme ilustra a Figura 03.

Figura 03: Linha de balanço



Fonte: Prevision, (2021)

As atividades ou serviços que serão realizados estão na junção dos dois, formando um gráfico com diversas retas. Além das linhas, o planejamento pode ser visualizado também em um conjunto de blocos, em que a espessura equivale à duração da atividade, (PREVISION, 2021).

Mattos (2019) discorre muito bem sobre a linha de balanço nas construções, sobretudo para projetos em que determinados serviços são repetitivos. Estradas, conjuntos habitacionais e edifícios altos são alguns exemplos de projetos que apresentam características de repetitividade, ou seja, em que um núcleo de atividades é executado sucessivas vezes.

O autor fundamenta, ainda que linha de balanço, também conhecida por diagrama tempo-caminho ou diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento desenvolvida para esse tipo de obra. Por haver ciclos de produção, os serviços repetitivos podem ser representados por uma reta traçada em um gráfico tempo-progresso. A inclinação da reta mostra o ritmo com que a atividade avança. Os métodos de rede, como o PERT/CPM, já tiveram bastante êxito no planejamento e controle de projetos, mas ao fim não são tão adequados em projetos de natureza repetitiva, porque as atividades repetidas em ciclos geralmente têm diferentes produtividades.

A linha de balanço é uma técnica de programação e controle bastante comum na construção civil e é muito utilizada em obras que possuem atividades repetitivas, como a construção de casas no projeto Minha Casa Minha Vida, pavimentos em edifícios, trechos de estradas, dentre outros. As linhas de balanço mostram o ritmo das atividades, a ordem em que devem ser executadas, onde cada equipe especializada em determinado trabalho está em cada período de tempo e diversas outras informações de que auxiliam na gestão da obra, (PINHEIRO, 2021).

2.1.11.1 Objetivos da linha de balanço

Pinheiro (2017), fundamentado por Ribeiro (2017), pontua alguns objetivos específicos da utilização da linha de balanço no planejamento:

- ✓ **Encontrar um ritmo adequado para a entrega das unidades base:** Se o edifício possui 16 pavimentos e são entregues dois pavimentos por mês, levaria 8 meses para a sua conclusão. E se fosse necessário concluir a obra em 4 meses? Então seria necessário entregar 4 pavimentos por mês;
- ✓ **Manter o fluxo contínuo ao longo das unidades:** Um dos princípios da Linhas de Balanço é manter as atividades contínuas, uma vez iniciado o serviço o ritmo deve permanecer. Com esse ritmo contínuo é possível ter um maior controle do fluxo das atividades, dos materiais que precisam ser reabastecidos e das equipes que estão em serviço. O foco aqui é evitar obra parada e desperdício de tempo;
- ✓ **Aproveitar o trabalho repetitivo para ganhar produtividade:** Você já deve ter ouvido falar do modelo de produção Fordismo, em que a realização de um trabalho

repetitivo faz com que o trabalhador ganhe mais agilidade com o passar do tempo, esse modelo foi muito utilizado na indústria de automóveis, mas, também se aplica à construção civil. Em uma obra temos várias equipes especializadas que realizam sempre o mesmo serviço e essa repetição faz com que ao longo do tempo os profissionais façam a execução cada vez mais rápido, ganhando uma produtividade bem maior.

2.2 Método BIM (Building Information Modeling) no planejamento de obras

A tecnologia BIM 5D conecta os custos ao projeto. Por meio de softwares de gestão e análise, diversos profissionais envolvidos no projeto conseguem extrair automaticamente os quantitativos e insumos do projeto para desenvolver um cronograma físico-financeiro mais preciso. A criação dos modelos 5D permite que tanto arquitetos e projetistas, quanto construtoras e incorporadoras consigam visualizar o progresso das atividades e a evolução dos custos da obra ao longo de sua execução. As informações dos insumos são integradas ao modelo, compondo os preços do orçamento, (PREVISION, 2021).

Muitas construtoras estão implantando o BIM para introduzir o planejamento integrado, reduzir o tempo de extração de quantitativos, além de gerar valor para quem vai fazer toda parte de operação. Assim, entrega-se toda informação necessária para que consigam diminuir muito o tempo de desenvolvimento e manutenção. Suzuki (2021) afirma que com BIM se faz mais em menos tempo, mas não é só isso. A metodologia também ajuda na resolução de problemas. O BIM é o meio para que as empresas consigam atingir os fins, como antecipar as contratações, por exemplo.

Quando se fala em BIM é importante, isso não quer dizer apenas no ganho com a redução de prazos e na melhoria da visualização. A tecnologia BIM na construção civil está ligada à transformação do negócio, permitindo que a empresa consiga trazer inovação para todos os seus projetos. Por isso, a metodologia não pode ser olhada apenas do seu custo de investimento e implementação, mas principalmente para os ganhos que proporciona.

2.2.1 Lean Construction

Lean Construction ou construção enxuta é uma metodologia que utiliza princípios sustentáveis para minimizar os desperdícios e aumentar a produtividade dos processos. A abordagem estimula um pensamento clean para o ambiente construtivo, que otimiza processos, aproveitando o máximo de eficiência dos recursos e da mão de obra.

Comparada com a construção tradicional, a principal diferença entre os dois modelos de gestão é a mentalidade. O objetivo do Lean é eliminar os excessos e manter apenas o que é realmente importante para o processo da gestão de obras, (PREVISION, 2021)

No modelo tradicional, os processos são divididos em subprocessos, que acabam alongando as atividades que precisam ser entregues. Enquanto no Lean Construction, as tarefas que não agregam valor são eliminadas. Dessa forma, é possível reduzir o tempo de execução entre as tarefas, eliminar os gargalos e desperdícios, tornando o processo mais eficiente e produtivo.

De acordo com Araújo (2021), o BIM 9D, que é a aplicação dos conceitos de Lean Construction ao modelo BIM. O autor afirma que alguns especialistas explicaram que quando se fala em BIM, o que vem na cabeça de todo mundo, naturalmente, é o modelo 3D, porque o modelo anterior era o 2D, com ferramentas como Autocad®. Mas o BIM é muito mais do que isso, hoje já se fala até em 10D entre as dimensões do BIM e até em pós-BIM.

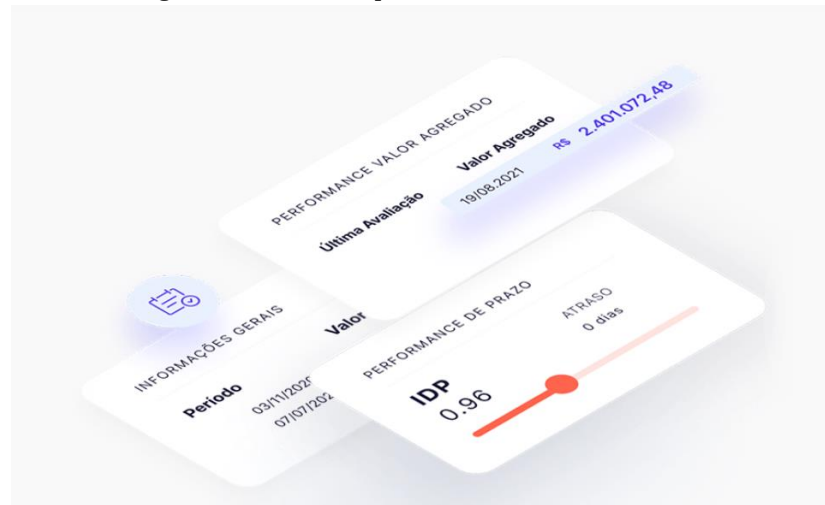
A principal relação entre o BIM e o Lean Construction são os benefícios relacionados que ambos oferecem. Nas duas metodologias, as construtoras e incorporadoras ganham com otimização do tempo, minimização de desperdícios, agregam valor, aumentam a produtividade e reduz de custos, afirma o autor.

2.2.2 Prevision®

Escolher um software de planejamento de obras que atenda às necessidades de cada projeto é um desafio. Principalmente na construção civil, setor que requer previsibilidade e alinhamento entre os envolvidos no projeto. Em geral, as soluções adotadas no mercado são ferramentas adaptadas, mas que não foram desenvolvidas especificamente para atender as dores do setor.

A Prevision que é uma plataforma online desenvolve um software de planejamento de obras com foco na gestão eficiente e na redução de desperdícios de qualquer natureza, (PREVISION, 2021). A plataforma está disponível também através de um aplicativo para acesso no canteiro de obra, por exemplo. Nela, o engenheiro responsável pelo planejamento consegue fazer todo o plano de obras em poucas horas, integrando toda a equipe. A Figura 04 ilustra alguns índices importantes para análise apresentados no software:

Figura 04: índices da plataforma Prevision®



Fonte: Prevision, (2021)

Alguns benefícios indicados pelo site e planejadores que utilizam o software:

- ✓ Tem maior facilidade no planejamento;
- ✓ Ganha agilidade na atualização;
- ✓ Conecta o escritório ao canteiro de obras;
- ✓ Verifica os atrasos automaticamente;
- ✓ Estabelece e compartilha metas;
- ✓ Faz vínculo flexível entre cronograma e orçamento;
- ✓ Conecta diferentes EAPs;
- ✓ Verifica o avanço total, por período e por serviço;
- ✓ Atualização do cronograma em tempo real;
- ✓ Visão completa do projeto em linha de balanço;
- ✓ Aderente a projetos com metodologias ágeis;
- ✓ Integração com outros sistemas.

Com a plataforma da Prevision, as empresas ganham agilidade no planejamento e na gestão de obras, pois o processo é feito em poucas horas e pode ser atualizado em poucos minutos. As dependências entre os serviços permitem que isso aconteça.

Todas as informações capturadas, planejadas, os cronogramas, atividades consolidadas etc., são centralizadas em uma única tela. Nesse mesmo ambiente, o engenheiro consegue acompanhar os indicadores em tempo real, a partir de qualquer dispositivo.

A Prevision também anunciou que está em desenvolvimento uma nova funcionalidade para BIM 4D, que vai permitir avaliar o interior do edifício e olhar cada fase do projeto. Com a importação do projeto para a plataforma, será possível ver todas as informações, visualizar o cronograma e associar o modelo 3D ao planejamento.

Com o sistema será possível fazer a simulação da construção, tendo uma visão das atividades que estão em execução no momento, avaliando pontos específicos, interagindo no modelo. Além disso, será possível avaliar a medição.

2.3 Construção de Parques eólicos

2.3.1 Energia eólica - Cenário da produção global

A crescente busca pela substituição do tipo de produção de energia por alternativas sustentáveis tem adaptado e expandido os horizontes cada vez mais, como afirma Ricardo Gorini, em estudo publicado pela Internacional Renewable Energy Agency (IRENA, 2019), afirma que se hoje a capacidade instalada global chega a cerca de 600 GW de energia eólica, a estimativa da IRENA para o ano de 2030 é de cerca de 1800 GW e para o ano de 2050 de mais de 6000 GW, respectivamente 21% e 35% da matriz global de geração, sendo hoje 6%. O estudo conta com informações de acordo com o avanço anual de implementação do funcionamento dos parques eólicos e fundamenta ainda que mercado que atualmente instala cerca de 50 GW ao ano, de forma que estaria mais que triplicando até 2030 para valores em torno de 175 GW anuais, e quintuplicando até 2050 para algo em torno de 250 GW anuais.

2.3.2 Cenário da produção nacional

Em um estudo no artigo geração de empregos e desenvolvimento sustentável, Simas e Pacca (2013) afirmam que nas últimas décadas no Brasil, a energia eólica passou por um lento crescimento nos primeiros anos de investimento nas construções às gerações dos parques em atividade, porém, os projetos contratados nos últimos três anos anteriores ao estudo deveriam quintuplicar a capacidade instalada. É a tecnologia limpa que mais tem crescido nas duas últimas décadas, trazendo benefícios ambientais e sociais para diversos países.

O trabalho dos autores buscou quantificar a geração de empregos diretos e indiretos pela energia eólica no país, com uma previsão de que até 2020 seriam gerados 195 mil empregos, e 70% desses diretos, a maioria na construção civil, com grande potencial para a criação de empregos em localidades rurais. Assim, a energia eólica deverá contribuir decisivamente para o desenvolvimento sustentável do país. O estudo se concretizou e a previsão de alta das

construções e consequentemente da geração de energia aumentaram significativamente, como exemplifica os dados da (EPE, 2021): “Entre os anos de 2011 e 2020 foram instalados novos parques que acrescentaram mais de 14 GW de potência ao sistema elétrico brasileiro e com preço de contratação em média inferior a R\$ 200/MWh”O resultado deste aumento segue ilustrado na Tabela 01.

Tabela 01: Potência instalada (MW) por período de entrada em operação comercial.

Período	Tempo de Operação (anos)	Potência Adicionada (MW)	Número de usinas	Classificação por Faixas de Potência (nº de usinas)				
				0 a 1MW	1 a 5MW	5 a 15MW	15 a 30MW	> 30MW
1998 a 2000	20 a 23	17,5	3	0	2	1	0	0
2001 a 2005	15 a 20	12,6	5	1	4	0	0	0
2006 a 2010	10 a 15	910,5	43	2	18	4	8	11
2011 a 2015	5 a 10	6744,9	266	3	4	32	194	33
2016 a 2019	1 a 5	7742,6	312	4	1	26	259	22

FONTE: EPE, com base nos dados da ANEEL (2021)

Nos últimos anos, têm se investido no Brasil uma quantidade cada vez maior de projetos de energia eólica, que, além de ser de fonte renovável, também se aproxima da sustentabilidade, se relacionada com outros meios de se gerar energia (OLIVEIRA; MACIEL, REIS, 2018).

Nos últimos 10 anos o Brasil e especificamente os estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia têm sido importantes polos de investimento em energia eólica, como afirma a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), trazendo o dado resultante da crescente implantação de parques eólicos que em 2021 atingiu-se uma capacidade instalada de 1 Gigawatt, sendo destaque pelo quarto mês seguido no ano, com estudos revelados no mês de maio de 2021.

2.3.3 Etapas da construção de parques eólicos

2.3.3.1 Supressão vegetal

A primeira etapa de execução de um parque eólico se constitui com a retirada da vegetação nativa, para viabilizar a criação de acessos, canteiros e demais áreas de apoio. Rocha (2017) descreve que aspectos como relevo, clima, solo local e localização geográfica alteram-se de uma região para outra de forma a definir os parâmetros encontrados na área de supressão. Os trabalhos iniciarão com a topografia e a marcação de “Off-Sets”, demarcando toda a faixa que compreende os serviços de desmatamento e terraplenagem (GADELHA, 2006).

Após marcações, é dado início a fase exploratória, geralmente constituída pelas etapas semimecanizada e mecanizada. São utilizados motosserras e motopodas na fase semimecanizada com o objetivo de retirar os caules mais espessos, dando apoio para fase seguinte. Em fase posterior, mecanizada, é utilizado o trator de esteira com lâmina alta, geralmente 15cm do nível do terreno, para quebrar o restante do material lenhoso. A retirada do restante de material, chamado de solo orgânico, é feito com o mesmo equipamento desta vez com lâmina baixa. O material resultante desse processo pode ser utilizado em fase posterior para recuperação de áreas degradadas.

2.3.3.2 Escavação

A escavação do material após supressão vegetal é condicionada através da categoria encontrada. A norma DNIT 106/2009-ES caracteriza o material em três formas: 1ª categoria, 2ª categoria e 3ª categoria.

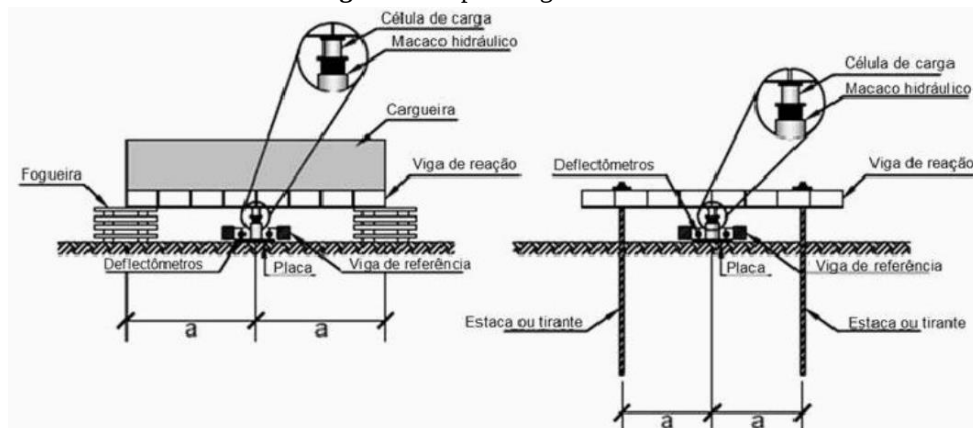
O material de 1ª categoria é constituído por solos residuais e sedimentares, cujo diâmetro é inferior a 0,15m. Nesse caso, independe do teor de umidade apresentado. Para esse tipo de material não é necessária nenhuma intervenção na escavação, apenas o auxílio de escavadeiras hidráulicas.

O material de 2ª categoria compreende os solos de resistência ao desmonte inferior à da rocha não alterada (DNIT 106/2009-ES). Em relação às dimensões, inserem-se os blocos menores que 2m³, matacões e pedras de tamanho médio entre 0,15m e 1,00m. Destaca-se, para este caso, a possibilidade de extração com auxílio de rompedor hidráulico. O material resultante dessa extração pode ser utilizado em outras etapas construtivas, desde que atenda às especificações exigidas.

Por fim, o material de 3ª categoria corresponde àqueles com resistência alta ao desmonte mecânico. A referida norma classifica nessa categoria os blocos de rocha com diâmetro superior a 1,00m ou de volume igual ou superior a 2m³. Sua extração ou redução visando o carregamento só é possível através do uso de explosivos.

2.3.3.3 Prova de carga estática – PCE

O princípio do método de ensaio de prova de carga estática – PCE, segundo a ABNT NBR 6489:2019, consiste em aplicar esforços estáticos axiais de compressão à placa e registrar, ao longo de um período, os deslocamentos correspondentes. No ensaio deve ser considerado até pelo menos o dobro da tensão admissível prevista para o terreno ou o deslocamento máximo estabelecido em projeto. A aparelhagem típica para aplicação da carga é ilustrada na Figura 05.

Figura 05: Aparelhagem do PCE**Fonte:** ABNT NBR 6489:2019

Na execução do ensaio, a placa deve ser constituída de concreto armado ou aço, sendo carregada até a tensão máxima de ensaio determinada, atendendo aos critérios de segurança da ABNT NBR 6122. Em relação aos procedimentos, o ensaio pode ser realizado com carregamento lento, com carregamento rápido, misto do tipo 1, misto do tipo 2 ou com carregamento cíclico, lento ou rápido.

2.3.3.4 Concreto de regularização

O concreto de regularização é executado após a liberação do PCE do fundo de cava na cota de escavação. Este concreto não possui função estrutural, tendo como principais funções o nivelamento do terreno e a proteção da armação contra umidade e outros componentes do solo (LIMA et. al. 2014). Na Figura 06 é possível visualizar o nivelamento do solo com uso de concreto.

Figura 06: Concreto de regularização**Fonte:** Autor (2021)

2.3.3.5 Armação, fôrma e concretagem

As fundações podem ser diretas ou indiretas sendo as diretas, segundo Milititsky (2019), sempre as primeiras a serem cogitadas. Elas se caracterizam pela transmissão da carga ao solo através das pressões distribuídas sob sua base e são classificadas como simples, com tirantes ou chumbadores, sobre material tratado com cimento, sobre solo natural tratado (ALONSO, 1983).

A etapa de armação para uma fundação direta inicia após a concretagem de regularização. A sequência de montagem das posições varia para cada especificação. Nas fundações abordadas, por questões executivas, a armação se constituirá em três etapas. A primeira etapa, de maior volume, compreende a parte inferior, grande parte dos radiais e malha de aterramento interna. A segunda etapa compreende o restante da inclinação até parte do fuste e por fim, a terceira, a finalização do fuste.

Em fundações com mais de uma etapa de armação têm, em seu ciclo executivo, as fôrmas e a concretagem de cada etapa. O fluxo acontece de forma a garantir que cada etapa seja armada e concretada antes da próxima etapa de armação, conforme a Figura 07.

Figura 07: 1ª etapa de armação: fundação do tipo convencional elevada



Fonte: Autor (2021)

Os tipos de construção das fundações também podem variar (NORONHA, 2017). A começar pelo método convencional aplicado no Brasil desde 1990, Figura 08. Estas são caracterizadas por sapatas circulares compostas por fustes convencionais que não necessitam elevação, sendo aterradas em etapa posterior.

Figura 08: Fundação convencional – Reparo de fissura



Fonte: Autor (2021)

Algumas fundações podem fugir do padrão de fuste aterrado e ter elevação considerável do nível do terreno aterrado. Nesses casos, é possível aumentar a altura final dos aerogeradores e consequentemente sua capacidade produtiva dos ventos. Uma alternativa para esse tipo de base elevada é a diminuição do volume de concreto. Este é modelo recém explorado em território brasileiro e tem como premissa o uso de “braços” pré moldados na sua composição, (Noronha, 2017). O modelo mais conhecido, embora recente deste tipo é o tipo de fundação Jabalcone, instruídos pela técnica espanhola, teve início no Brasil em 2019 pela empresa DOIS A ENGENHARIA no complexo eólico ventos de serra do mel, sendo assim as primeiras fundações do tipo elevadas do Brasil (Echoenergia, 2021), conforme a Figura 09.

Figura 09: Fundação do tipo elevada: Jabalcone em Serra do mel/RN



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2020

Outro modelo de fundação do tipo elevada no Brasil é o tipo convencional elevada que segue o modelo de construção da fundação convencional, porém com elevação do fuste. É um tipo de fundação inovador e inédito no mundo. O primeiro projeto está sendo construído na cidade Xique Xique/ BA, também pela empresa Norte Riograndense Dois A Engenharia, no complexo eólico São Vitor, (Brasil Energia, 2021). O tipo de construção é orientado pelo projetista da fundação e segue as instruções de projeto de modo a atingir uma maior altura de operação do aerogerador e consequentemente maior geração de energia, conforme ilustra a Figura 10 da fundação na primeira das três etapas de armação.

Figura 10: Fundação do tipo convencional elevada 1ª Etapa – Armação



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

As fôrmas servem de barreira de contenção para o concreto, garantindo integridade e estanqueidade. Para concretagem é necessária a estruturação de recursos como betoneiras, bombeamento, iluminação, equipe especializada e estrutura capaz de comportar horas de atividade.

Após as etapas de concretagem, seguidas da cura do concreto, há o processo de reaterro das fundações, respeitando o fluxo de 8 dias de cura. Conforme a Figura 11, 1ª etapa de concretagem da fundação do tipo convencional com fuste elevado.

Figura 11: Concretagem de fundação do tipo convencional elevada



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Descrição do local de localização da fundação pesquisada

O material de estudo do trabalho se refere ao planejamento da construção civil de um parque eólico localizado em Xique Xique /BA. O complexo eólico São Vitor dispõe de um projeto que contempla a construção da fundação de 74 aerogeradores, 48 Km de vias de acesso, uma Subestação, canteiro definitivo, guarita e linhas de RMT que acompanham a distribuição de energia ao longo do parque.

O projeto é custeado pela ESSENTIA ENERGIA, uma empresa de que trabalha no ramo da produção e comercialização de energia renovável. O parque eólico é executado pela empresa DOIS A ENGENHARIA, uma empresa Norte Riograndense que vem ganhando espaço no cenário nacional e já reconhecida no Nordeste como referência na execução de obras de complexos eólicos com quase 100 parques concluídos. A obra teve início em 2020 se estende até meados de 2022, de acordo com o cronograma. A Figura 12 ilustra os acessos do parque.

Figura 12: Vista da demarcação do parque eólico São Vitor



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

O complexo eólico São Vitor é subdividido em 14 parques, sendo denominados através dos quantitativos das fundações dos aerogeradores:

- ✓ SÃO VITOR 01: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 02: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 03: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 04: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 05: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 06: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 07: 7 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 08: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 09: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 10: 7 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 11: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ SÃO VITOR 12: 5 FUNDAÇÕES;
- ✓ **SÃO VITOR 13: 5 FUNDAÇÕES;**
- ✓ SÃO VITOR 14: 5 FUNDAÇÕES.

Diante da grandiosidade da construção do parque eólico e das concomitâncias das diversas atividades que acontecem no período de construção, optou-se por realizar uma análise da construção civil do Parque São Vitor 13. De modo a reduzir o cronograma inicial para análise e exportar para uma plataforma de análise BIM com visualização do cronograma em linha de balanço e suas respectivas mudanças diante da exportação quanto a análise e criação do cronograma.

O software escolhido para tal foi o Prevision® que embora seja novo no mercado, traz o que há de mais inovador em seu escopo quanto ao planejamento em linha de balanço e a interligação que se faz com outros softwares, como o TOTV's®, POWER BI®, Excel®, MS Project® e diversos outros. Dessa forma, partindo do planejamento reduzido à construção civil do parque São Vitor 13 (SVT 13), fez-se os ajustes dentro do MS Project, que foi o software de criação do cronograma, à importação e análise dentro do PREVISION®.

Na Figura 13, observa-se o parque eólico em ampla visão e em seguida na Figura 14 a fundação estudada no trabalho inserida no parque eólico. Na imagem se observa as etapas de escavação, concreto de regularização e início de armação:

Figura 13: Complexo eólico São Vitor



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Figura 14: Fundação convencional elevada em armação



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

3.2 Tipologia da fundação pesquisada

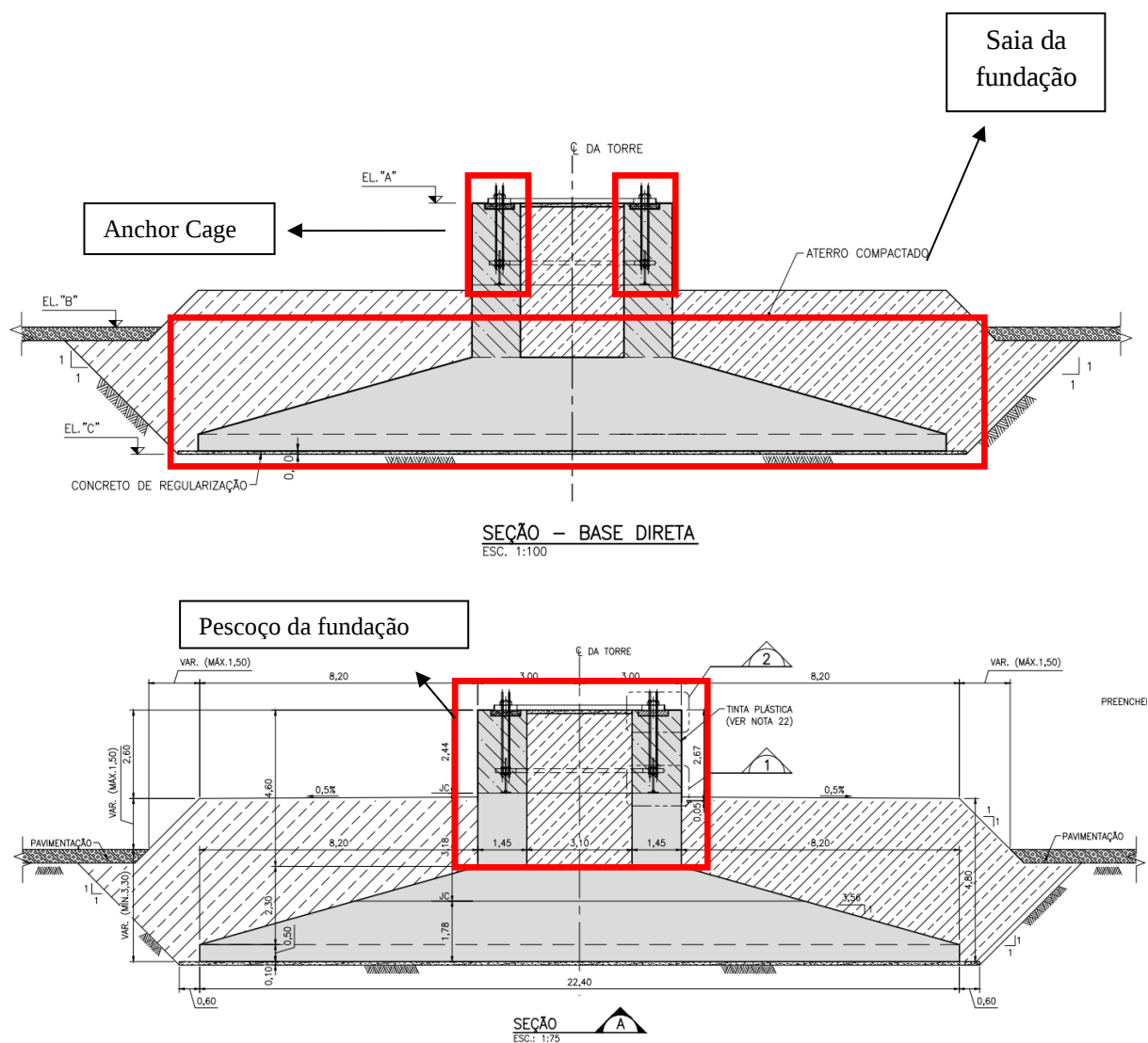
A fundação do parque é do tipo convencional elevada, a qual segue o modelo convencional da fundação de aerogerador do tipo composto com *saia*³ e *Anchor cage*⁴, com a

³ *Saia*: Base da fundação

⁴ *Anchor cage*: Ancoramento da fundação com a base da torre

diferença que o anchor cage, nesse caso recebe elevação através do *pedestal*⁵. Segue ilustrado na Figura 15 as indicações da saia, anchor cage e pedestal.

Figura 15: Vista de seção de projeto do tipo de fundação



Fonte: Memória de cálculo HEADS ENGENHARIA, 2021

A definição desse tipo de fundação com elevação do bloco de ancoramento se explica pelo ganho de altura do aerogerador, que chega a atingir 115 m de altura no rotor e maior alcance nas pás.

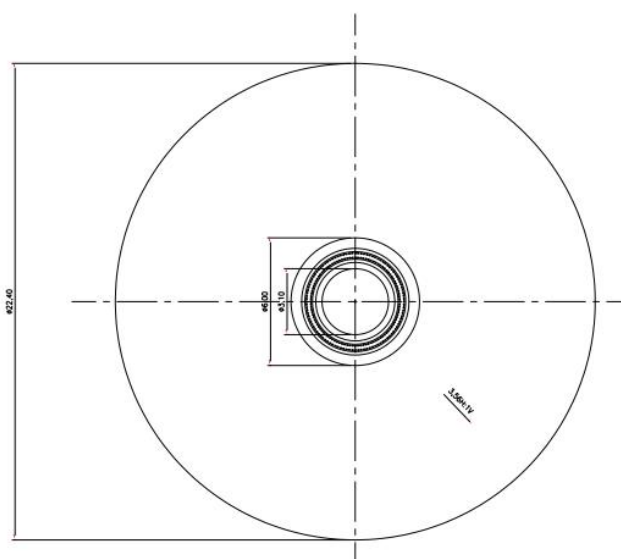
⁵ *Pedestal*: Elevação do Anchor Cage

A fundação em si até o assentamento da torre metálica possui 7 metros de altura. Devido o grande volume de concreto e a própria geometria da fundação a concretagem ocorre em três etapas, unidas pelo *corte verde*⁶.

3.2.1 Descrição da estrutura

O volume de concreto da fundação direta é de 697,11 m³. A Figura 16 representa a geometria.

Figura 16: Geometria da fundação



Fonte: Memória de cálculo HEADS ENGENHARIA, 2021

Os carregamentos são listados na Tabela 02 e na Tabela 03 tem-se o resumo dos quantitativos.

Tabela 02: Caso de carregamento extremo – Sem majoração de esforços – dimensionamento

N (kN)	M (kN.m)	Fr (kN)	M _z (kN.m)	Y _g (fav.)	Y _g (des.)	Y _q
5.541,21	145.223,10	1.190,64	1.775,92	0,90	1,35	1,35

Markov_Matrices

Caso de carregamento de Fadiga – Sem majoração de esforços

ΔM (kN.m)	ΔFr (kN)	m	M _z (kN.m)
20.362,53	-	7,00	-

Fonte: Memória de cálculo HEADS ENGENHARIA, 2021

⁶ Corte verde: Método de ligação entre o concreto através do arrasamento com alta pressão de água

Tabela 03: Resumo dos quantitativos

RESUMO DOS QUANTITATIVOS	
CONCRETO BLOCO	697,1 m ³
CONCRETO 45 Mpa	601,8 m ³
CONCRETO 50 Mpa	95,3 m ³
CONCRETO DE REGULARIZAÇÃO	45,2 m ³
ESCAVAÇÃO	1.353,4 m ³
REATERRO	1.984,5 m ³
FÔRMA	166,7 m ³

Fonte: Memória de cálculo HEADS ENGENHARIA, 2021

3.3 Cronograma de referência

O presente trabalho considera uma análise de cronograma no planejamento e execução na inserção em um modelo BIM que possa oferecer melhorias de processos, economia de tempo, agilidade nas decisões, potencial de valor agregado, fácil identificação de restrições e afins.

Para isso, partiu-se do cronograma inicial da obra já finalizado inserido no Ms Project®, que considera todos os serviços necessários desde o início à finalização da construção. Os serviços dispostos no cronograma consideram desde as liberações de ambientais e civis até a entrega final do complexo com todos os serviços finalizados. A Figura 17 apresenta o cronograma inicial de estudo.

Figura 17: Cronograma inicial

	Mor da Tare	EDT	Nome da Tarefa	% concluíd	Início real
1		1	Complexo Eólico Ventos de São Vitor	23%	23/11/20
2		1.1	Marcos Iniciais	99%	23/11/20
3	✓	1.1.1	Notificação do início dos serviços (NIT)	100%	05/01/21
4	✓	1.1.2	Mobilização de Obra	100%	05/01/21
5		1.1.3	Liberação para Estudos de Campo	45%	23/11/20
6		1.2	Serviços Iniciais	45%	05/01/21
7		1.2.1	Desenvolvimento de projeto executivo	45%	05/01/21
8		1.3	Instalação dos Cantelros e Usina	97%	07/01/21
35	✓	1.4	Platô da Subestação	100%	31/12/20
40		1.5	Acessos	24%	07/01/21
155		1.6	Base dos Aerogeradores	20%	03/02/21
2795		1.7	Supressão vegetal de RMT	61%	20/01/21
2798		1.8	Edificações	12%	01/06/21
2891		1.9	Marcos Contratuais	0%	ND
2892		1.9.1	Acessos Internos - Sem Plataformas	0%	ND

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

O cronograma da inicial da obra dispõe de diversa atividades, como informado anteriormente. Um cronograma composto e realizado com análises a longo, médio e curto prazo. Sendo disposto de mais de 2800 linhas de tarefas entre construção civil, terraplenagem, construção de prédios civis, drenagem e etc. A análise ficou restrita ao recorte da tarefa “Base dos Aerogeradores” que corresponde à construção civil das fundações, desde a supressão da área a ser escavada ao reaterro.

Como algumas atividades já apresentavam medições realizadas, sobretudo em atraso, optou-se pela escolha do parque 13, pela estimativa de atividades que ainda iriam acontecer, ainda uma vez que todas as fundações do parque são do tipo convencionais elevadas, o que garante a recorrência e repetição das atividades diante do cronograma geral.

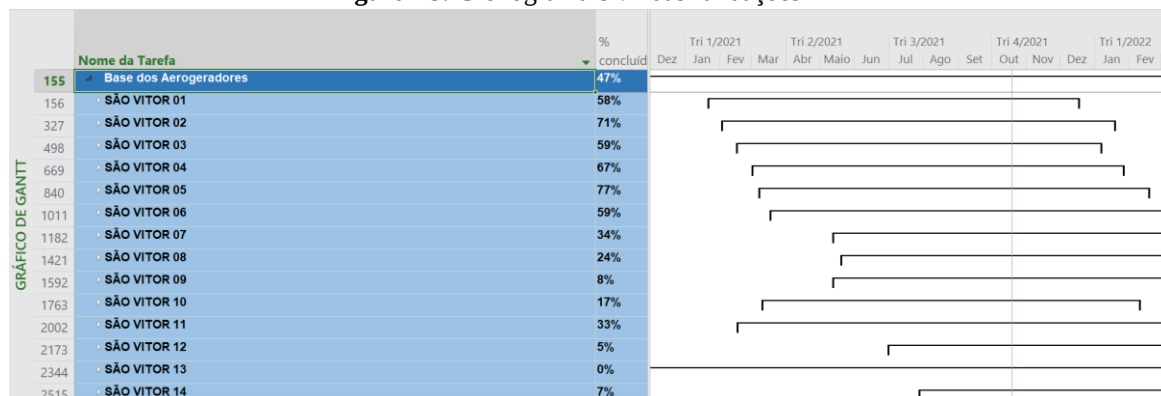
Considerando o recorte em análise, foi realizada a importação do cronograma ao software Prevision® para análise dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise do cronograma inicial

A partir do recorte utilizado para a análise, ilustrado na Figura 18, denota a composição das subtarefas e atividades de cada fundação a ser realizada no planejamento.

Figura 18: Cronograma civil das fundações



Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Dentro da segmentação das atividades civis da construção das fundações dos 14 parques do complexo, foi escolhido o São Vitor 13 pelo fato de ainda não ter sido realizado nenhuma atividade civil. A Figura 19 mostra a quantidade de fundações dentro do parque escolhido e a Figura 20, as atividades envolvidas no processo de construção.

Figura 19: Cronograma civil São Vitor 13

SÃO VITOR 13	0%
SV13-01	0%
SV13-02	0%
SV13-03	0%
SV13-04	0%
SV13-05	0%

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Figura 20: Atividades civis

SV13-02	1%	03/11/20	ND	339,33 dias
Civil	0%	ND	ND	330 dias
Supressão vegetal	0%	ND	ND	0,78 dias
Escavação das fundações	0%	ND	ND	3 dias
Ensaio de Placa no fundo da vala	0%	ND	ND	1 dia
Eletrodutos internos da fundação + Travessia	0%	ND	ND	2 dias
Concreto de regularização	0%	ND	ND	1 dia
Armação 1ª Etapa	0%	ND	ND	4 dias
Malha de aterramento interna da fundação	0%	ND	ND	1 dia
Forma Ext. 1ª Etapa	0%	ND	ND	0,5 dias
Concretagem da fundação - 1ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Cura 1ª Etapa	0%	ND	ND	5 dias
Desforma Ext. 1ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Armação 2ª Etapa	0%	ND	ND	0,5 dias
Forma Int. 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Forma Ext. 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Concretagem da fundação - 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Cura 2ª Etapa	0%	ND	ND	5 dias
Desforma Ext. e Int. 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Montagem do Anchor-cages	0%	ND	ND	1 dia
Armação 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Forma Ext. 3ª Etapa	0%	ND	ND	0,5 dias
Forma Int. 3ª Etapa	0%	ND	ND	0,5 dias
Concretagem da fundação - 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Cura 3ª Etapa	0%	ND	ND	5 dias
Desforma Ext. e Int. 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Reaterro da base + Interno complementar	0%	ND	ND	8 dias
Malha de aterramento externa da fundação	0%	ND	ND	1 dia
Concreto de regularização Superior	0%	ND	ND	1 dia

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Este cronograma geral, foi reduzido e inserido em uma plataforma de planejamento BIM com utilização de linha de balanço, com finalidade de realizar uma melhor análise prática da execução dos serviços estabelecidos.

Na Figura 23, estabelecido pelo MS Project® com análise do cronograma via gráfico de *Gantt*, dispõe de 27 atividades por fundação, considerando o início da primeira atividade em 03/11/2020 e com data de finalização em 14/01/2021.

Como para este estudo foi realizado o recorte do cronograma de planejamento, tanto as equipes quanto o valor de orçamento foram considerados apenas para o objeto de estudo, considerando apenas o âmbito das atividades apresentadas, para que haja um parâmetro à exportação do cronograma do Ms Project® ao Prevision® de modo que assim se consiga comparar a trabalhabilidade dos softwares na criação e acompanhamento do planejamento da obra, entre outros fatores que agregam valor ao projeto.

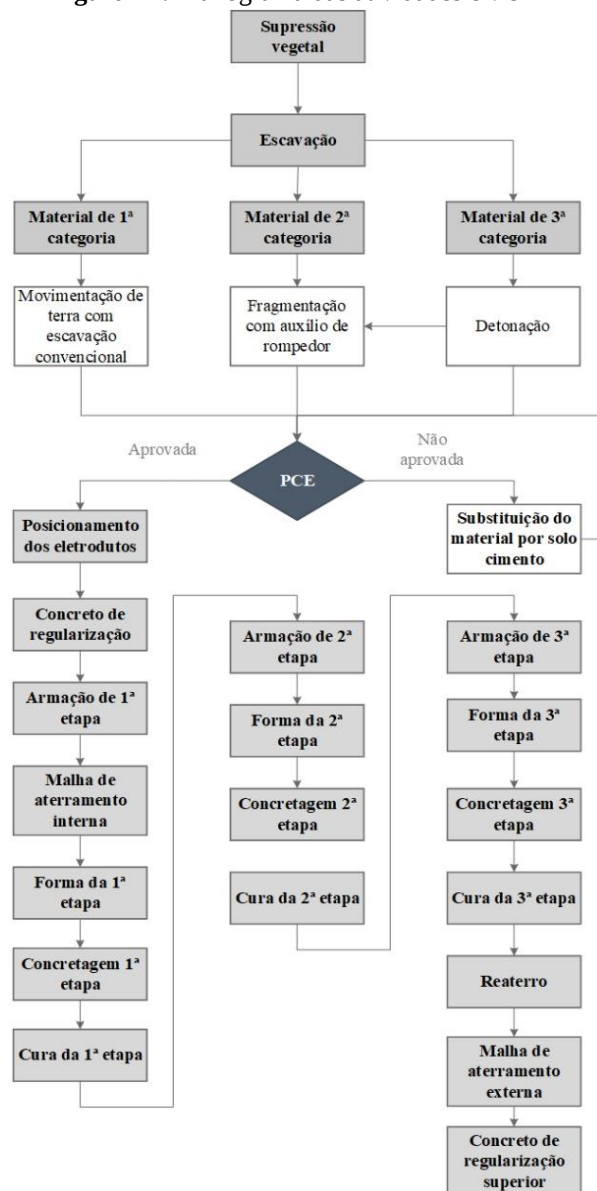
A lista de atividades necessárias para que se ocorra a construção civil deste tipo de fundação segue o fluxograma apresentado na Figura 21. Importante analisar sobre a unicidade

deste tipo de projeto no mundo, sendo um projeto pioneiro, porém com tarefas e atividades bem definidas no cronograma.

É importante analisar o fluxograma de forma a atender-se a algumas considerações de restrição. De acordo com as sondagens que ocorrem antes da realização da supressão, sobretudo para definição do tipo de fundação, observou-se que as escavações seriam de primeira e segunda categoria para o parque SVT 13.

Para o ensaio PCE (Prova de carga estática) há restrição do ensaio não atender a resistência necessária de suporte da estrutura ou as características do solo não serem favoráveis quanto a execução da fundação. Desse modo, há restrição técnica apenas no ensaio.

Figura 21: Fluxograma das atividades civis



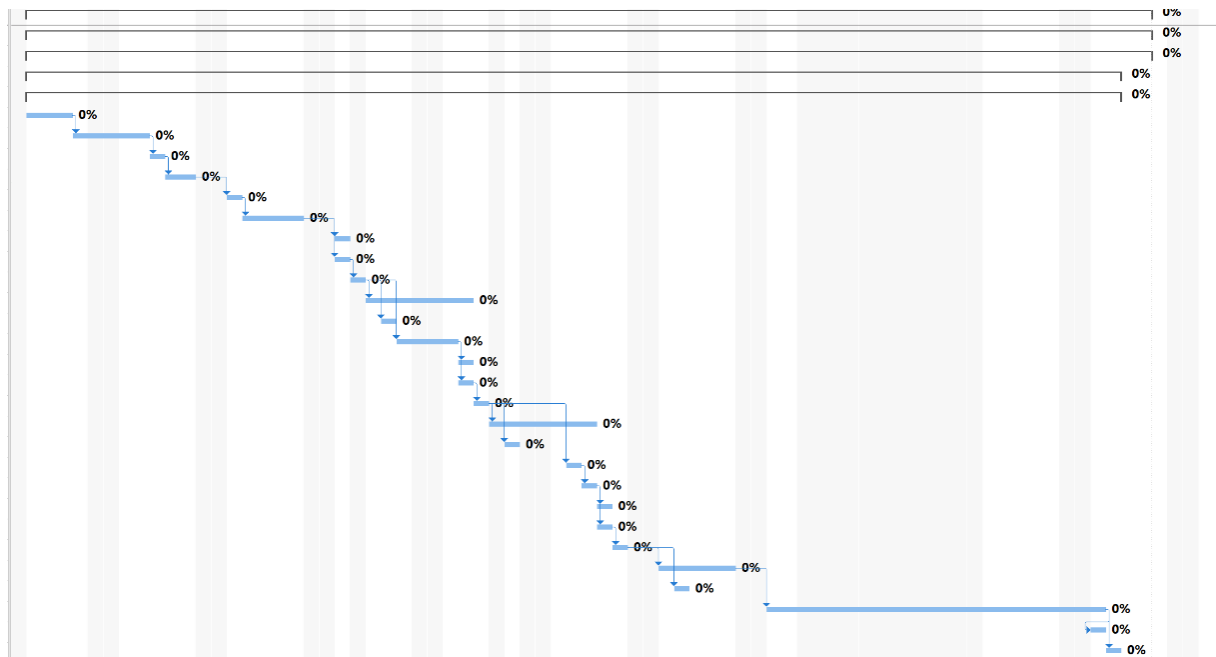
Fonte: Autor (2021)

Assim como denota o fluxograma da Figura 21, segue a sequenciação das atividades do cronograma de controle inserido no Ms Project® na Figura 22, bem como o gráfico *Gantt* de controle na Figura 23.

Figura 22: Cronograma de controle

	1	Complexo Eólico Ventos de São Vitor
	1.1	Base dos Aerogeradores
	1.1.1	SÃO VITOR 13
	1.1.1.1	SV13-01
	1.1.1.1.1	Civil
	1.1.1.1.1.1	Supressão vegetal
	1.1.1.1.1.2	Escavação das fundações
	1.1.1.1.1.3	Ensaio de Placa no fundo da vala
	1.1.1.1.1.4	Eletrodutos internos da fundação + Travessia
	1.1.1.1.1.5	Concreto de regularização
	1.1.1.1.1.6	Armação 1ª Etapa
	1.1.1.1.1.7	Malha de aterramento interna da fundação
	1.1.1.1.1.8	Forma Ext. 1ª Etapa
	1.1.1.1.1.9	Concretagem da fundação - 1ª Etapa
	1.1.1.1.1.10	Cura 1ª Etapa
	1.1.1.1.1.11	Desforma Ext. 1ª Etapa
	1.1.1.1.1.12	Armação 2ª Etapa
	1.1.1.1.1.13	Forma Int. 2ª Etapa
	1.1.1.1.1.14	Forma Ext. 2ª Etapa
	1.1.1.1.1.15	Concretagem da fundação - 2ª Etapa
	1.1.1.1.1.16	Cura 2ª Etapa
	1.1.1.1.1.17	Desforma Ext. e Int. 2ª Etapa
	1.1.1.1.1.18	Montagem do Anchor-cages
	1.1.1.1.1.19	Armação 3ª Etapa
	1.1.1.1.1.20	Forma Ext. 3ª Etapa
	1.1.1.1.1.21	Forma Int. 3ª Etapa
	1.1.1.1.1.22	Concretagem da fundação - 3ª Etapa
	1.1.1.1.1.23	Cura 3ª Etapa
	1.1.1.1.1.24	Desforma Ext. e Int. 3ª Etapa
	1.1.1.1.1.25	Reaterro da base + Interno complementar
	1.1.1.1.1.26	Malha de aterramento externa da fundação
	1.1.1.1.1.27	Concreto de regularização Superior

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Figura 23: Gantt de controle

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

4.2 Importação do cronograma para o Prevision®

Para realizar a importação do cronograma em análise para o Prevision® e realizar uma análise em linha de balanço, algumas considerações tiveram que ser feitas, a começar pelo ajuste fino dentro do próprio Ms Project®. O software de importação considera a duração das atividades sempre maior que zero ($Duração > 0$), de forma que não se encontrem dias fracionados, sendo sempre a duração em dias inteiros, como ilustra a Figura 24 que representa este ajuste.

Figura 24: Cronograma com dias inteiros

SV13-02	0%	ND	ND	45 dias
Civil	0%	ND	ND	45 dias
Supressão vegetal	0%	ND	ND	1 dia
Escavação das fundações	0%	ND	ND	3 dias
Ensaio de Placa no fundo da vala	0%	ND	ND	1 dia
Eletrodutos internos da fundação + Travessia	0%	ND	ND	2 dias
Concreto de regularização	0%	ND	ND	1 dia
Armação 1ª Etapa	0%	ND	ND	4 dias
Malha de aterramento interna da fundação	0%	ND	ND	1 dia
Forma Ext. 1ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Concretagem da fundação - 1ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Cura 1ª Etapa	0%	ND	ND	5 dias
Desforma Ext. 1ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Armação 2ª Etapa	0%	ND	ND	2 dias
Forma Int. 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Forma Ext. 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Concretagem da fundação - 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Cura 2ª Etapa	0%	ND	ND	5 dias
Desforma Ext. e Int. 2ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Montagem do Anchor-cages	0%	ND	ND	1 dia
Armação 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Forma Ext. 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Forma Int. 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Concretagem da fundação - 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Cura 3ª Etapa	0%	ND	ND	5 dias
Desforma Ext. e Int. 3ª Etapa	0%	ND	ND	1 dia
Reaterro da base + Interno complementar	0%	ND	ND	8 dias
Malha de aterramento externa da fundação	0%	ND	ND	1 dia
Concreto de regularização Superior	0%	ND	ND	1 dia

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Nessa consideração, os dias com duração em números fracionados foram majorados para que atendessem ao dialeto do Prevision®.

Para a importação do projeto e conversão do cronograma para uma linha de balanço, é preciso criar 3 colunas extras no MS Project: Bloco, Pavimento e Serviço.

Bloco: A coluna de bloco deve ser preenchida com o bloco ou torre do empreendimento, caso tenha apenas um, não precisa ser criada.

Pavimento: Nesta coluna deve inserida qual a unidade de repetição da atividade. As unidades de repetição podem ser pavimentos, apartamentos, lotes de casas ou áreas diferentes.

Serviço: Uma boa prática é agrupar as atividades detalhadas em pacotes de trabalho que agregam valor, como por exemplo, relacionar as atividades de: Marcação, Levantamento e Encunhamento, com o pacote de trabalho “Alvenaria”.

Essas informações devem constar sempre nas tarefas filhas que serão importadas, de modo que apenas as que constarem tais informações serão interpretadas diante do Prevision®. A Figura 25 apresenta a implementação no cronograma inicial.

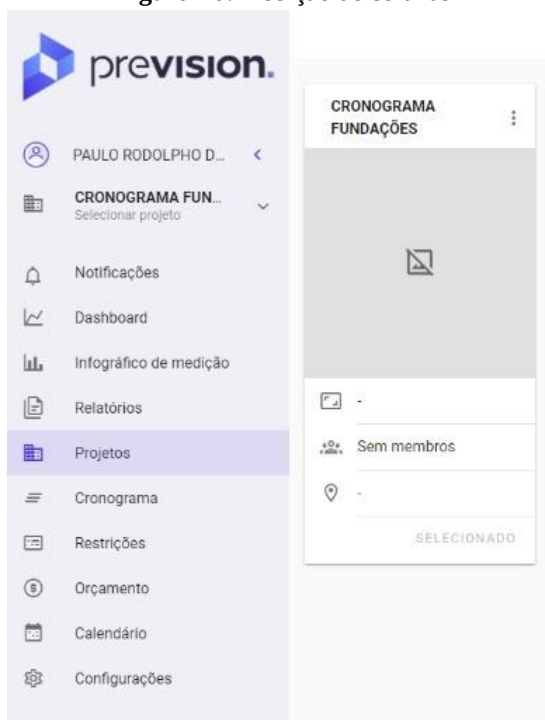
Figura 25: Inserção de colunas

Término real	Duração	Início	Término	Predecessoras	Bloco	Pavimento	Serviço	Equipe
ND	45 dias	03/11/20	14/01/21					
ND	45 dias	03/11/20	14/01/21					
ND	43 dias	03/11/20	12/01/21					
ND	43 dias	03/11/20	12/01/21					
ND	3 dias	03/11/20	05/11/20		SVT13	AEG 01	SUP. PLAT.	
ND	3 dias	06/11/20	10/11/20	6	SVT13	AEG 01	ESC. FUND.	
ND	1 dia	11/11/20	11/11/20	7	SVT13	AEG 01	PCE CAVA	
ND	2 dias	12/11/20	13/11/20	8	SVT13	AEG 01	ELET. INT.	
ND	1 dia	16/11/20	16/11/20	9	SVT13	AEG 01	MAGRO01	
ND	4 dias	17/11/20	20/11/20	10	SVT13	AEG 01	ARM.01	
ND	1 dia	23/11/20	23/11/20	11	SVT13	AEG 01	AT. INT.	
ND	1 dia	23/11/20	23/11/20	11	SVT13	AEG 01	FORM.EXT.01	
ND	1 dia	24/11/20	24/11/20	13	SVT13	AEG 01	CONC.01	

Fonte: Acervo da Dois A Engenharia, 2021

Após este ajuste, a importação pôde ser realizada para o software de análise. Que segue ilustrado na Figura 26 já na plataforma do software:

Figura 26: Inserção de colunas



Fonte: Autor (2021)

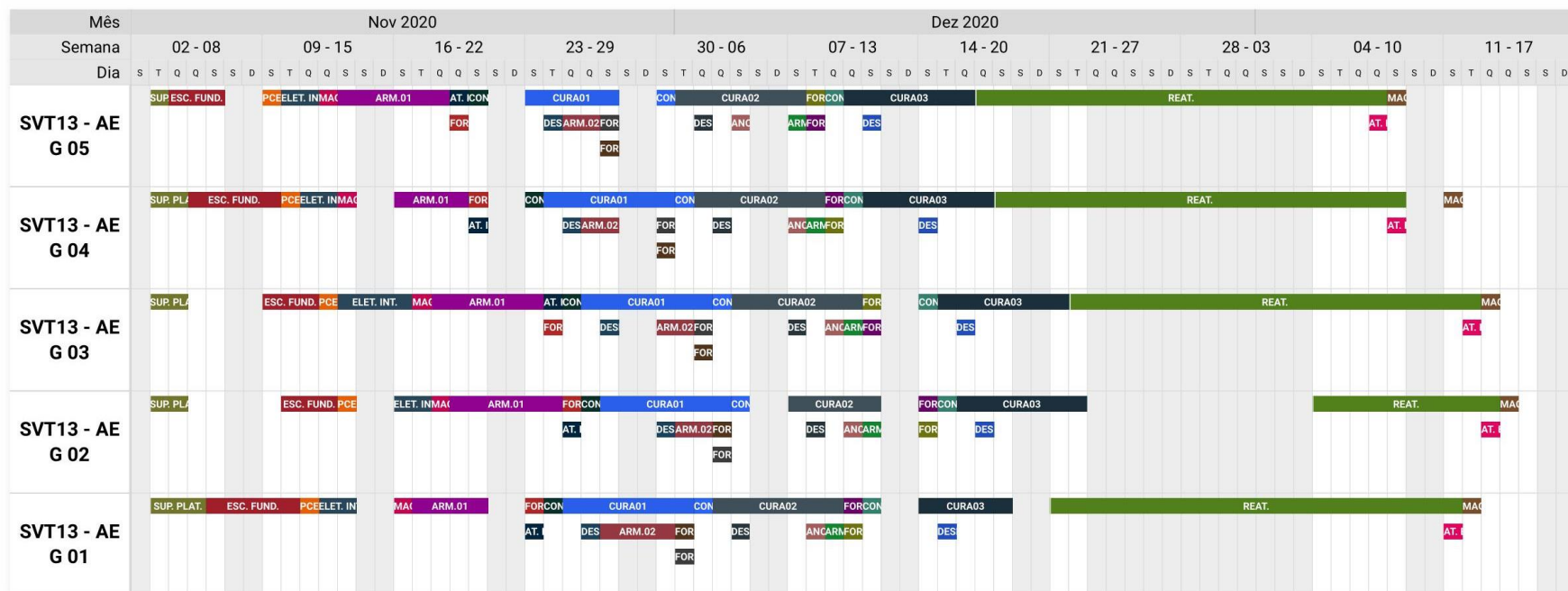
Com essa importação, podem ser inseridos dados do projeto como área, nome, endereço e entre outros. Na aba membros, existe hierarquias entre as permissões que vão desde o usuário que pode apenas visualizar, ao que pode importar, excluir ou alterar todo o cronograma.

Pós importação do cronograma, a linha de balanço do que foi planejado anteriormente está representada na Figura 27. Este campo representa a área de criação do cronograma, que por sua vez permite uma visualização sequencial das atividades e fácil identificação da precedência, bem como os prazos, durações e folgas de forma visual e de fácil entendimento.

Paulo TCC - CRONOGRAMA INICIAL (SEM AJUSTES)

Período entre 03/11/2020 e 14/01/2021

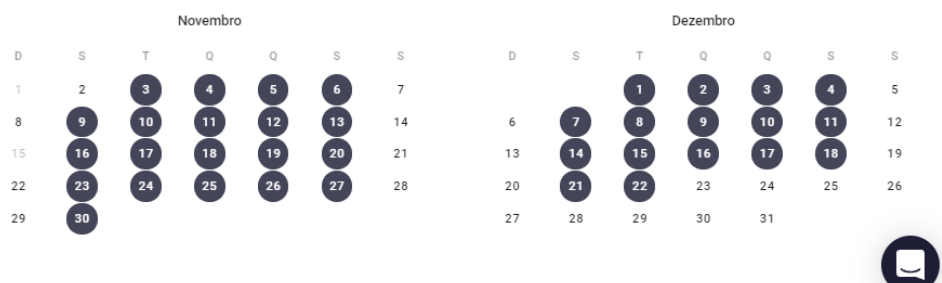
Impresso em 09/11/2021



Fonte: Autor (2021)

Importante analisar que o calendário é importado automaticamente dentro do programa e caso se deseje adicionar feriados ou considerar dias trabalhados como o sábado, pode ser marcado manualmente através da aba calendário ao marcar ou desmarcar o dia, como ilustra a Figura 28.

Figura 28: Inserção de colunas



Fonte: Autor (2021)

Nesse processo, além da verificação da precedência correta dos serviços, houve também a sequenciação das atividades em comum. Importante consideração, uma vez que considerando as equipes previstas, a sequência das atividades deve acontecer de acordo com a disponibilidade de mão de obra real. Todas as atividades consideradas no cronograma seguem conforme a Figura 29.

Figura 29: Serviços

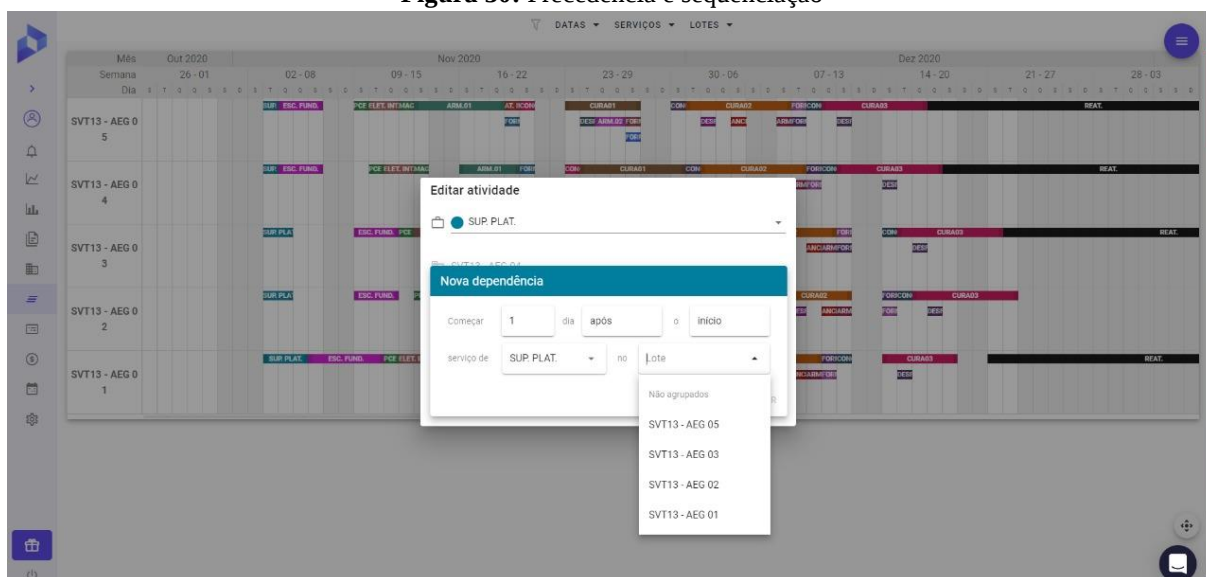


Fonte: Autor (2021)

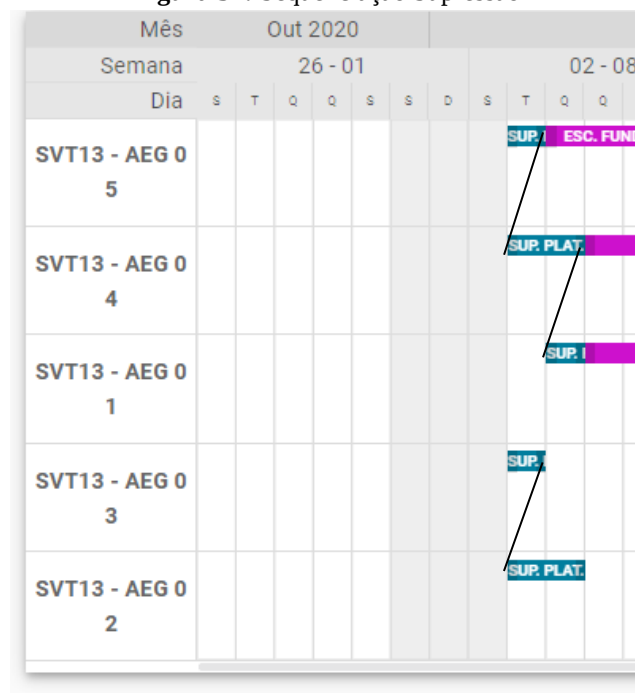
A dependência é a definição da precedência e a partir dela, pode-se planejar através do modo de sequenciação das atividades, que tanto pode ocorrer manualmente em serviço por serviço, como na aba multi-seleção. De maneira que os serviços sigam uma linha de repetição ao decorrer dos pavimentos.

A Figura 30 denota a amarração dos serviços de supressão, no qual antes precisava de três equipes para realizar o serviço. Com a realocação da sequenciação dos serviços, foi reduzido para duas equipes. No cronograma inicial, o quantitativo suprimido estava estimado para duração de 0,78 dias. Como o Previson® não interpreta números fracionados, foi estimado em um dia, porém considerando que em um dia seja feito a quantidade antes estimada e no restante do dia o plano de ataque se volte para a próxima frente de serviço. Dessa forma, a precedência e a sequenciação foi alinhada ainda com folga na duração, representado por ganho de um dia na atividade de supressão, como segue a Figura 31.

Figura 30: Precedência e sequenciação



Fonte: Autor (2021)

Figura 31: Sequenciação Supressão

Fonte: Autor (2021)

A sequenciação das atividades de forma que é vista no Prevision® facilita a visualização de diminuição de dias e ajuste das frentes de serviço. Considerando a definição inicial de acordo com o cronograma base, a definição das equipes ficou da seguinte forma como segue o Tabela 04:

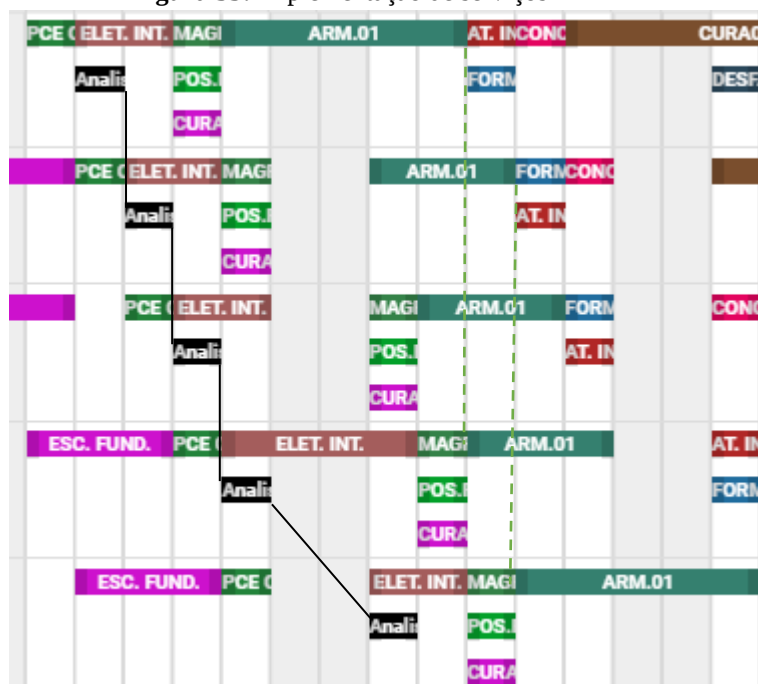
Tabela 04: Quantitativo de equipes inicial

ATIVIDADES	EQUIPES
Supressão	3
Escavação	3
Ensaio PCE	1
Eletroduto Interno	2
Concreto de regularização	1
Armação	3
Aterramento Interno	1
Montagem de fôrma	1
Concretagem	1
Desforma 01	1
Desforma 02	1
Desforma 03	1
Cura	1
Reaterro	5

Fonte: Autor (2021)

A multisseleção foi realizada para os outros serviços ao longo da linha. Além destes, foi feito também conexão com a as precedências de forma que fique totalmente conectada para

Figura 33: Implementação de serviços



Fonte: Autor (2021)

Foram inseridos também mais dois serviços essenciais que foi a análise do PCE, de forma que há restrição neste serviço. Caso o ensaio não atenda a norma da ABNT 6489, terá que ser realizada a substituição de solo. Sendo assim o serviço PCE e a análise do ensaio possuem restrições ao planejamento.

Outro serviço imposto foi a cura simples do concreto de regularização, para simbolizar que se trata do aguardo da pega do concreto, apenas por sua função ser nivelar o fundo da cava e não ter função estrutural com o serviço denominado “Cura” que tem precedência II (Início-início) com o concreto de regularização (Magro), sabendo-se que tempo estimado de término deste serviço é 5 horas de execução. Além da cura, foi imposto o serviço de análise do ensaio PCE. Não é necessário para seguimento do cronograma, mas como ilustra a Figura 33, a sequenciação múltipla do serviço por pavimento facilita a visualização dos planos de ataque de cada equipe, assim como o próprio andamento da atividade.

Avançando no cronograma, houve a sequenciação dos serviços: Eletroduto interno (Ele.Int); Concreto de regularização (Magro); Aterramento interno (At.Int); Concretagem 01 (Conc 01); Desforma (Desforma 01,02 e 03) e as atividades de forma. A sequenciação das atividades foi eficaz também para a correção das precedências. Um exemplo foi o eletroduto interno que além de não estar sequenciado, estava de modo a começar um dia após o ensaio de PCE. O que não deve acontecer, pois o ensaio possui uma importantíssima função e as atividades posteriores só podem ocorrer após a sua validação.

4.3 Restrições utilizando a metodologia kanban

No Prevision® é possível criar restrições e direcionar aos serviços referentes através da tecnologia Kanban, de modo a se criar uma gestão visual e o controle do fluxo de trabalho das tarefas. As restrições, são tudo que precisa ser feito para que o cronograma aconteça, e esta ferramenta apresenta um grande diferencial, podendo ser vinculado ao cronograma.

Uma das atribuições é criar etiquetas para que se tenha uma gestão visual segmentada por áreas. Foi incluído no cronograma as seguintes: (Figura 34).

Figura 34: Etiquetas

Etiquetas

Nome +

Etiquetas

- Materiais 🗑
- Projetos 🗑
- Qualidade 🗑
- Segurança 🗑
- Compras 🗑

1-5 de 5 < >

CANCELAR SALVAR

Fonte: Autor (2021)

Após criadas as etiquetas, foram criadas as restrições. Como o cronograma se trata de um planejamento com datas de entregas já ocorridas, foi inserido duas restrições para demonstração da funcionalidade da ferramenta, como segue na Figura 35. A restrição é mobilizar os equipamentos 10 dias antes do início da atividade de supressão, na etiqueta equipamentos, com o devido responsável, comentário e com a função de se anexar arquivo.

Esta última função é importante no caso da restrição de projetos, podendo importar o arquivo para o cronograma e deixar salvo desde o início, ou quando aprovado. O status de aprovado ou não o planejador indica e fica acompanhando nas reuniões semanais de identificação de restrições.

Figura 35: Criação de restrições

Criar restrição

Título
Mobilização de equipamentos

Projeto
CRONOGRAMA FUNDAÇÕES

Data de entrega
10 dias antes do início do vínculo
CRONOGRAMA FUNDAÇÕES / SVT13 - AEG 05 / SUP. PLAT.

Etiquetas
Equipamentos

Responsáveis
PR PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA

Descrição
Mobilização de equipamentos

Checklist
+ ADICIONAR TAREFA

ANEXAR

CANCELAR SALVAR

Fonte: Autor (2021)

A restrição do ensaio de PCE segue na Figura 36 com a criação de algumas outras restrições na Figura 37.

Figura 36: Restrição estudo PCE

Estudo de PCE

Etiquetas
Qualidade

Responsáveis
PR PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA

Descrição
Restrição do estudo de ensaio PCE sempre antes do concreto de regularização.

Checklist
Não há tarefas

Comentários
PR PAULO RODOLPHO DOS SANTOS...
Escreva seu comentário

Histórico
+ PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA criou a restrição
24/10/2021 - 22:21h

Status

Etapa atual
A Fazer

Data de entrega
12/11/2020
1 dia antes do início do vínculo

Compartilhamento
#30992

Vínculo
Projeto
CRONOGRAMA FUNDAÇÕES
Agrupamento
Bloco Único
Local
SVT13 - AEG 04
Serviço
MAGR001

Ações
AVANÇAR
RETROCEDER
EXCLUIR

Fonte: Autor (2021)**Figura 37: Restrição traço do concreto**

Criar restrição

Título
T Estudo do traço do cimento

Projeto
CRONOGRAMA FUNDAÇÕES

Data de entrega
50 dias antes do início do vínculo
CRONOGRAMA FUNDAÇÕES / SVT13 - AEG 01 / CONC.01

Etiquetas
Projetos

Responsáveis
PR PAULO RODOLPHO DOS SANTOS TEIXEIRA

Descrição
Estudo do traço do cimento

Checklist
ADICIONAR TAREFA

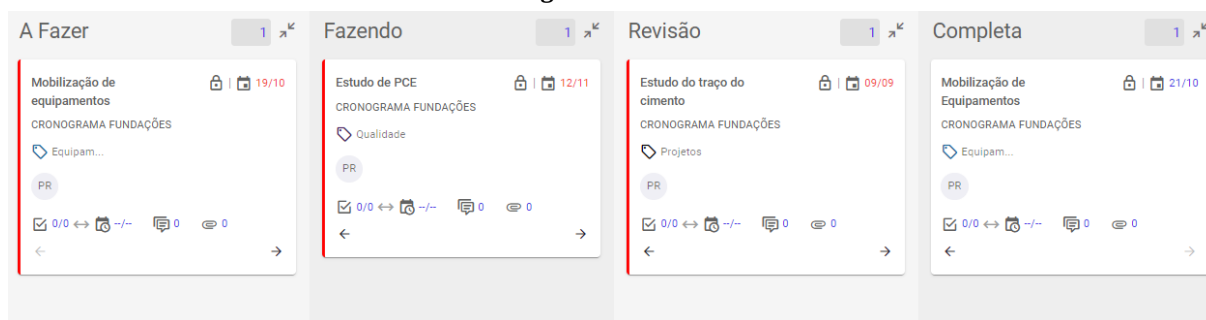
ANEXAR

CANCELAR SALVAR

Fonte: Autor (2021)

Assim fica o Kanban que liga as restrições aos serviços com algumas restrições ilustradas na Figura 38. E todas as restrições são informadas dentro do Previson®, além de chegar o alerta no e-mail cadastrado no projeto.

Figura 38: Kanban



Fonte: Autor (2021)

4.4 Exportação para o Excel

Outra importante análise do Prevision® é poder exportar já em um modelo de análise para o Excel®, filtrado por data, serviço ou lote. Essa exportação pode ser feita do cronograma completo quanto de algumas partes para que se faça uma análise de cronograma a longo prazo com também seja feito um planejamento semanal de curto prazo através desta exportação com o planejado da semana. Isto se aplica também para as restrições. Segue na Tabela 05 o modelo de exportação para o intervalo de uma semana.

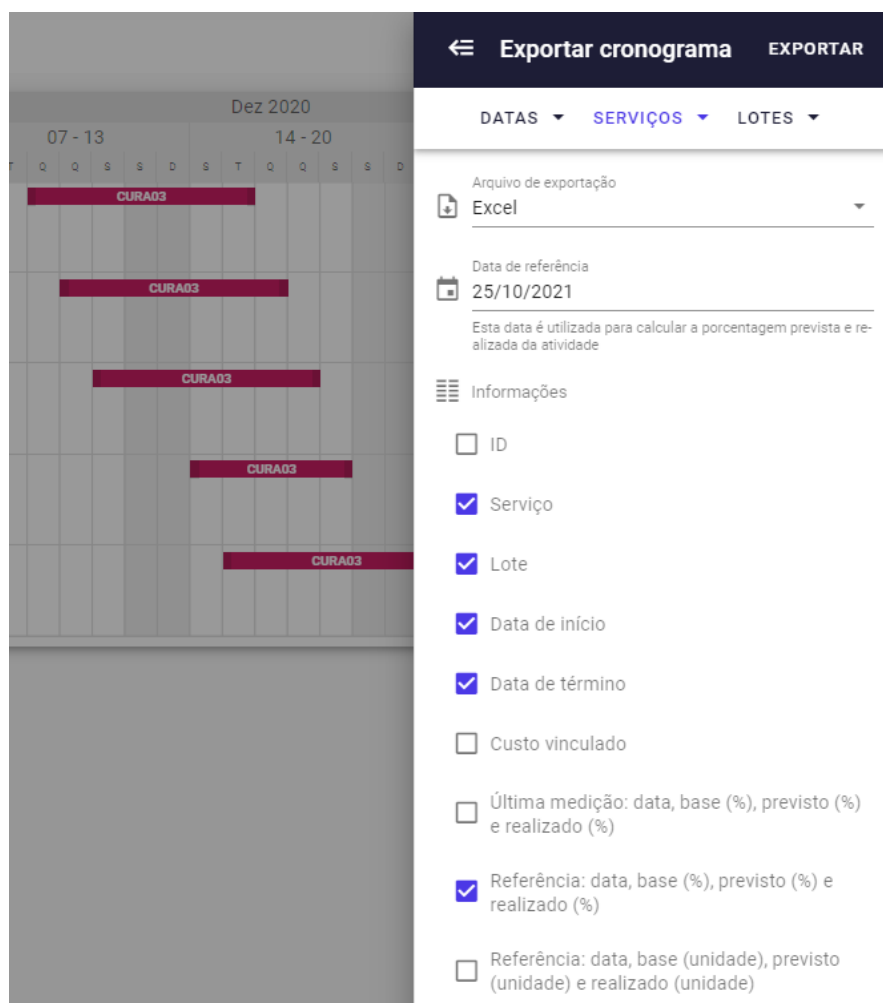
Tabela 05: Exportação de atividades para o Excel

Planilha G					Referência (%)				
Serviço	Lote	Data de Início	Data de Término		Data	Base	Previsto	Realizado	
ESC. FUND.	SVT13 - AEG 05	04/11/2020	06/11/2020		18/10/2021	100	100	100	0
ESC. FUND.	SVT13 - AEG 01	05/11/2020	09/11/2020		18/10/2021	100	100	100	0
ESC. FUND.	SVT13 - AEG 04	05/11/2020	09/11/2020		18/10/2021	100	100	100	0
ESC. FUND.	SVT13 - AEG 03	09/11/2020	11/11/2020		18/10/2021	100	100	100	0
ESC. FUND.	SVT13 - AEG 02	10/11/2020	12/11/2020		18/10/2021	100	100	100	0
REAT.	SVT13 - AEG 05	16/12/2020	06/01/2021		18/10/2021	100	100	100	0
REAT.	SVT13 - AEG 04	17/12/2020	07/01/2021		18/10/2021	100	100	100	0
REAT.	SVT13 - AEG 01	21/12/2020	11/01/2021		18/10/2021	100	100	100	0
REAT.	SVT13 - AEG 03	22/12/2020	12/01/2021		18/10/2021	100	100	100	0
REAT.	SVT13 - AEG 02	04/01/2021	13/01/2021		18/10/2021	100	100	100	0

Fonte: Autor (2021)

Além do planejamento a curto prazo, a análise de médio prazo deve ser considerada para que se tenha controle. A exportação por serviço deve ser considerada para saber a proximidade das datas de mobilização de equipes e equipamentos, como segue a Figura 39.

De maneira geral, é uma ótima ferramenta de análise e controle das tarefas e equipes, diante das ferramentas impostas que servem como torres de controle. O resultado do trabalho se encontra impresso da plataforma no anexo A – **Cronograma civil das fundações, Prevision®.**

Figura 39: Exportação para o excel selecionado por serviço

Fonte: Autor (2021)

4.5 Importação do orçamento para o Prevision®

De acordo com o caderno de obras da Dois A Engenharia, que vincula todo o custo direto e indireto de todos os insumos, tarefas, atividades e composições com seus respectivos custos para controle interno dentro do orçamento exercido na EAP do projeto, foi analisado para importação dos custos no software Prevision®. Conforme a Tabela 06 que denota o caderno de obras voltado para os custos da construção civil da fundação, foi implementado ao planejamento importado considerando os valores unitários para a construção do Parque São Vitor 13.

Tabela 06: Planilha orçamentária de custo

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE CUSTO						
DOIS A ENGENHARIA E TECNOLOGIA LTDA						
OBRA: PE SÃO VITOR						
CLIENTE: ESSENTIA						
Item	Discriminação	Unid	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total	%
000	DESPESAS INDIRETAS				9.948.442,30	7,65%
000.01	Administração da Obra	VB	1,00	5.192.775,69	5.192.775,69	3,99%
000.02	Turno Noturno	VB	1,00	803.907,25	803.907,25	0,62%
000.03	Medicina do trabalho	VB	1,00	22.705,00	22.705,00	0,02%
000.04	Divisão de Saúde ocupacional	ME	15,00	28.766,42	431.496,30	0,33%
000.05	Coordenação de produção	ME	13,00	170.889,08	2.221.558,06	1,71%
000.06	Controle tecnológico de solo	VB	1,00	351.000,00	351.000,00	0,27%
000.07	Controle topográfico das bases	VB	1,00	150.000,00	150.000,00	0,12%
000.08	Controle topográfico dos acessos e plataformas	VB	1,00	775.000,00	775.000,00	0,60%
001	PE SÃO VITOR				118.889.164,16	91,45%
001.01	SERVIÇOS PRELIMINARES E FINAIS				5.342.924,77	4,11%
001.01.01	Mobilização de pessoal e equipamentos.	VB	1,00	1.026.216,00	1.026.216,00	0,79%
001.01.02	Locação da obra, inclusive nivelamento e seccionamento	VB	1,00	174.020,00	174.020,00	0,13%
001.01.03	Desmobilização de máquinas e equipamentos	VB	1,00	684.144,00	684.144,00	0,53%
001.01.04	Serviços administrativos	Mês	13,00	118.617,29	1.542.024,77	1,19%
001.01.05	Sondagens de confirmação	UN	75,00	25.553,60	1.916.520,00	1,47%
001.02	BASES E FUNDAÇÕES DOS AEROGERADORES - GAMESA SG170 6,0MW - T115m				59.633.591,74	45,87%
001.02.01	Fundação Direta - Solo tipo SII				59.633.591,74	45,87%
001.02.01.01	Escavação Mecânica	M3	167.911,03	17,91	3.007.286,56	2,31%
001.02.01.02	Apiloamento no fundo da vala	M2	33.226,02	5,12	170.117,23	0,13%
001.02.01.03	Prova de carga direta sobre terreno de fundação	UN	75,00	3.612,22	270.916,51	0,21%
001.02.01.04	Lastro de concreto de regularização fck = 10 MPa	M3	3.322,60	360,05	1.196.302,15	0,92%
001.02.01.05	Formas da Fundação	M2	4.736,54	211,23	1.000.499,35	0,77%
001.02.01.06	Aço tipo CA-50 (Soldável)	KG	5.491.875,00	4,27	23.450.306,26	18,04%
001.02.01.07	Concreto estrutural fck = 45 MPa	M3	54.780,45	441,74	24.198.715,99	18,61%
001.02.01.08	Concreto estrutural fck = 50 MPa	M3	2.737,60	449,21	1.229.757,30	0,95%
001.02.01.09	Fornecimento e aplicação de Grout Master Flow 9300	CJ	-	-	-	
001.02.01.10	Fornecimento e aplicação de Masterseal 550 em todo o concreto aparente da fundação	CJ	75,00	4.862,52	364.689,00	0,28%
001.02.01.11	Reaterro com material conforme especificado	M3	94.746,03	19,86	1.881.656,16	1,45%
001.02.01.12	Instalação, nivelamento, concretagem e groutamento dos insertos	VB	75,00	6.570,58	492.793,50	0,38%
001.02.01.13	Tubulação seca para cabos elétricos, conforme Des. PTR002-BAS-AEG-GER-CIV-ATE-001	VB	75,00	3.393,20	254.490,00	0,20%
001.02.01.14	Controle tecnológico do concreto (3 ensaios/15 m³ de concreto: rompimento aos 7; 14 e 28 dias)	UN	28.791,00	9,28	267.180,48	0,21%
001.02.01.15	Aterramento a Fundação, conforme Des. PTR002-BAS-AEG-GER-CIV-ATE-002 até 006	UN	75,00	17.288,04	1.296.603,00	1,00%
001.02.01.16	Fornecimento dos suportes para os embutidos na fundação (levelling legs)	CJ	75,00	7.363,71	552.278,25	0,42%

Fonte: Acervo Dois A Engenharia, 2021

Dentro do Software, há a possibilidade de importar tanto o orçamento da construtora quando o financiamento, sendo o caso do trabalho, o primeiro. Além disso, pode-se criar diversos cenários de custos, uma vez que pode ser importado diversos custos ao projeto. Tanto pode ser importando de algum software, quanto pode ser criado dentro do próprio Prevision®.

No caso do projeto do parque, é interligado diretamente com o software de controle interno TOTV's e assim que realizados os pedidos de insumos, dadas as baixas no sistema e realizada a medição mensal, os dados são importados automaticamente.

O orçamento foi inserido no Excel® conforme o quadro SS em dois cenários. O primeiro considerando apenas uma verba geral para todos os serviços, de acordo com a inserção de um único nível implementado ainda no Excel, conforme a Figura 40.

Figura 40: Orçamento 01

Orçamento 01

☐ Itens desvinculados do cronograma
 ☐ Itens com vínculos não somando 100%

Nível: 1 Adicionar filtro

Código WBS	Descrição	Material (R\$)
01	Item automaticamente criado devido ausência de nível	4.521.648,41

Fonte: Autor (2021)

O outro cenário foi incluir em cada item do Excel os devidos níveis, representados pela tabela código no quadro ss. Dessa forma o orçamento pôde ser vinculado a cada tarefa. Vale salientar que o Prevision® considera a vinculação de até dez níveis de detalhamento do orçamento. Dessa forma, quanto mais níveis, maior o detalhamento do custo do projeto na curva de avanço Físico-Financeira. O orçamento subdividido em níveis e a vinculação por tarefa segue abaixo respectivamente nas figuras 41 e 42.

Figura 41: Níveis da tabela orçamentário no Prevision®

Orçamento 02

☐ Itens desvinculados do cronograma
 ☐ Itens com vínculos não somando 100%

Nível: 1 Adicionar filtro

Código WBS	Descrição	Material (R\$)
01	Mobilização de pessoal e equipamentos.	1.026.216,00
02	Locação da obra, inclusive nivelamento e seccionamento	174.020,00
03	Desmobilização de máquinas e equipamentos	684.144,00
04	Serviços administrativos	1.542.024,77
05	Sondagens de confirmação	127.768,00
06	Escavação Mecânica	40.097,15
07	Apiloamento no fundo da vala	2.268,23
08	Prova de carga direta sobre terreno de fundação	18.061,10
09	Lastro de concreto de regularização fck = 10 MPa	15.950,70
10	Formas da Fundação	13.339,99

Fonte: Autor (2021)

Figura 42: Vinculação dos custos aos serviços

Orçamento 02

☐ Itens desvinculados do cronograma
 ☐ Itens com vínculos não somando 100%

Nível: 1

Código WBS	Descrição	Total (R\$)	Vínculo	Seleção
01	Mobilização de pessoal e equipamentos.	1.026.216,00		☐
02	Locação da obra, inclusive nivelamento e seccionamento	174.020,00		☐
03	Desmobilização de máquinas e equipamentos	684.144,00		☐
04	Serviços administrativos	1.542.024,77		☐
05	Sondagens de confirmação	127.768,00		☐
06	Escavação Mecânica	40.097,15		☐
07	Apiloamento no fundo da vala	2.268,23		☐
08	Prova de carga direta sobre terreno de fundação	18.061,10		☐
09	Lastro de concreto de regularização fck = 10 MPa	15.950,70		☐
10	Formas da Fundação	13.339,99		☐

Linhas por página: 10 1-10 de 20

Cronograma

Buscar

☐ Utilizar a descrição do ao serviço
☐ Itens sem vínculos cor

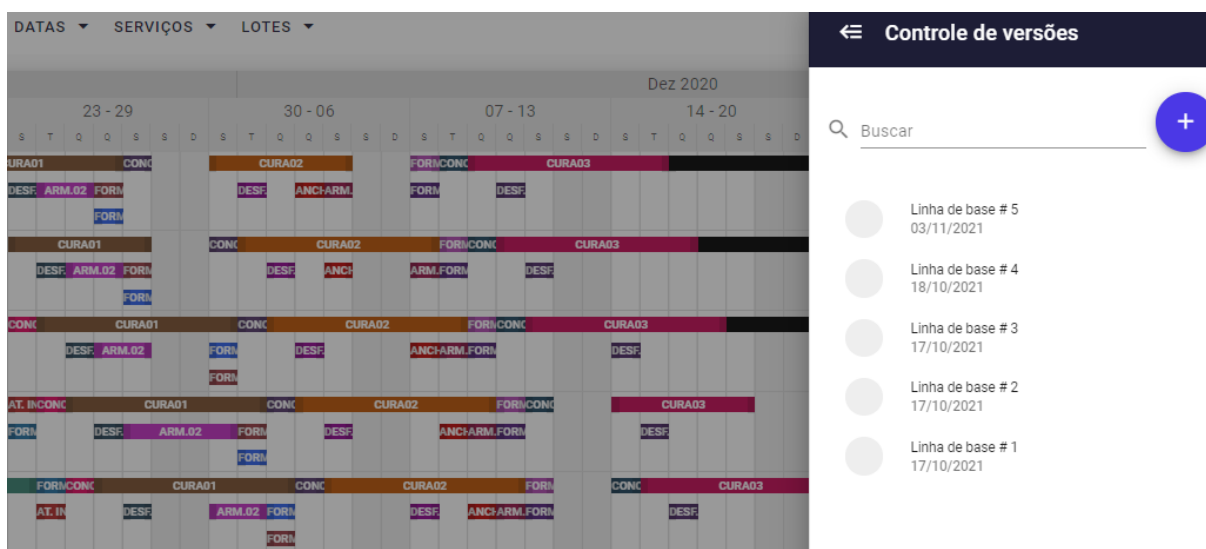
- ☐ DESF.01
- ☐ DESF.02
- ☐ ESC. FUND.
- ☐ DESF.03
- ☐ MAGR001
- ☐ CURA01
- ☐ CONC.03
- ☐ CURA02
- ☐ MAGR002
- ☐ CURA03

Fonte: Autor (2021)

A vinculação acontece de forma a selecionar o vínculo à atividade. Podendo o vínculo se interligar com um ou mais serviços. Os vínculos que não forem interligados são apresentados conforme destaque na Figura 42, que foi o caso dos serviços indiretos “Serviços administrativos”.

É importante salientar a consideração de linha de base no projeto. Uma vez planejado, e importado o orçamento, foi salvo uma linha de base, esta que segue durante o projeto mesmo com o replanejamento, caso haja. A importância da linha de base é a criação de cenários, de modo que considerar equipes com produções diferentes, mobilizações antecipadas, reprogramação de atividades, ou até mesmo replanejamento de serviços como por exemplo o reaterro, que tanto pode ser realizado ao final, como por etapas de concretagem.

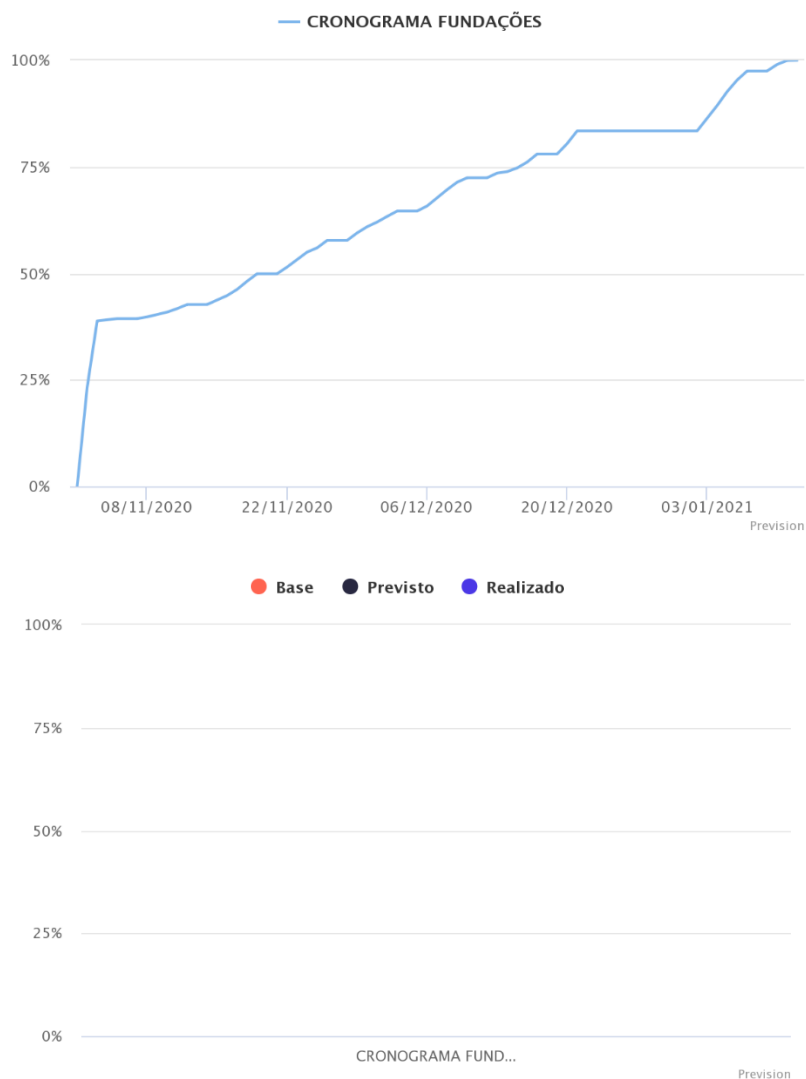
A linha de base, neste caso apresenta os cenários e exemplifica os impactos para a análise e tomada de decisão do planejador. Conforme a Figura 43, ao longo do ajuste dentro do Prevision® foram salvas algumas linhas de base que geraram um controle de versões. Estas que retratam como um “print” da tela no momento em que foi salvo a base. Desse modo, ao final do planejamento, pode-se salvar a versão final e criar diversos cenários, podendo adotar qualquer um a partir das análises não necessitando criar outro planejamento.

Figura 43: Cenários a partir da linha de base

Fonte: Autor (2021)

Além da linha de base, o software gera a própria curva S de avanço físico e a curva de avanço físico-financeira. No dashboard é apresentado todo o acompanhamento gráfico dos serviços de acordo com as medições realizadas. Pode ser gerado em três modelos: Comparativo, consolidado ou detalhado, a variação dos modos é conforme o grau de detalhamento que se deseja extrair.

A curva S que representa a curva de avanço físico dos serviços é demonstrada conforme a Figura 44 no modo consolidado. A curva de avanço físico financeira também é apresentada o gráfico, tanto a curva prevista quanto a realizada do avanço físico, seguido pela curva do custo. A seguir é possível visualizar apenas uma curva devido não ter sido realizada nenhuma medição no projeto, dessa forma todos os dados reais e previstos seguem em igualdade.

Figura 44: Curva de avanço físico

Fonte: Autor (2021)

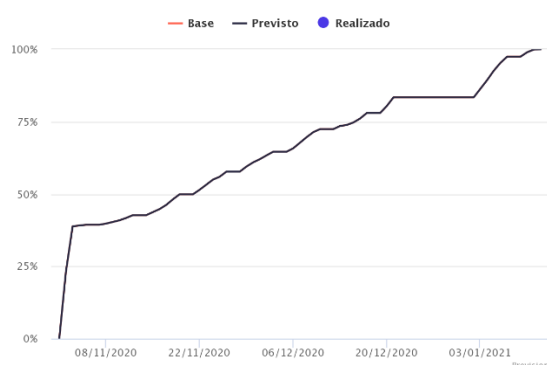
O outro modo de análise é bastante estratificado e é o de análise detalhada do projeto, que segue a mesma orientação da visualização consolidada, porém com dados comparativos por períodos. No dashboard os índices do projeto são mostrados. Alguns índices como o valor agregado do projeto ao longo das medições e o IDP.

O IDP (Índice de desempenho) é um importante índice que simboliza o avanço da obra quanto aos prazos. É calculado pela divisão do percentual do realizado pelo cronograma base. O valor do IDP próximo a 1 indica um bom andamento da obra, o contrário indica atraso do cronograma. Segue exemplificação do dashboard do software na Figura 45.

Figura 45: Índices do projeto**Fonte:** Autor (2021)

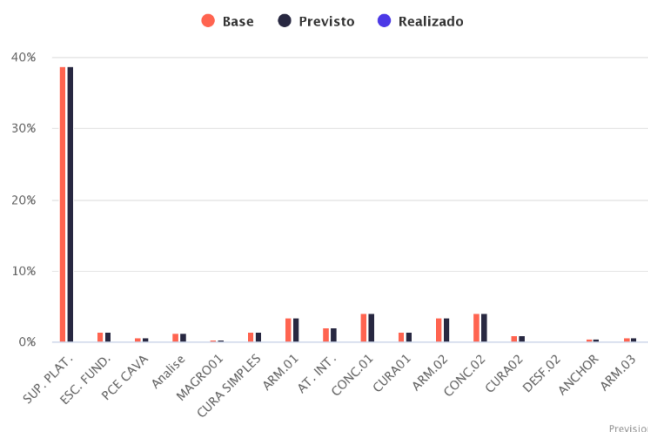
Ainda no dashboard detalhado, a curva de avanço físico segue de acordo com a Figura 46. denota o avanço previsto, a base do cronograma e o realizado. A Figura 47 representa um “click” em um ponto da curva, gerando os respectivos dados de avanço. Importante fator para que se encontre nos parâmetros das curvas as discrepâncias quanto ao previsto e realizado dos serviços e seja denominado o novo plano de ataque através do replanejamento, ou outra alternativa tomada pelo planejador, de modo que o controle da curva não se esvaia e o distanciamento do planejado seja visto graficamente.

Figura 46: Curva S



Fonte: Autor (2021)

Figura 47: Comparativo do avanço dos serviços da curva S

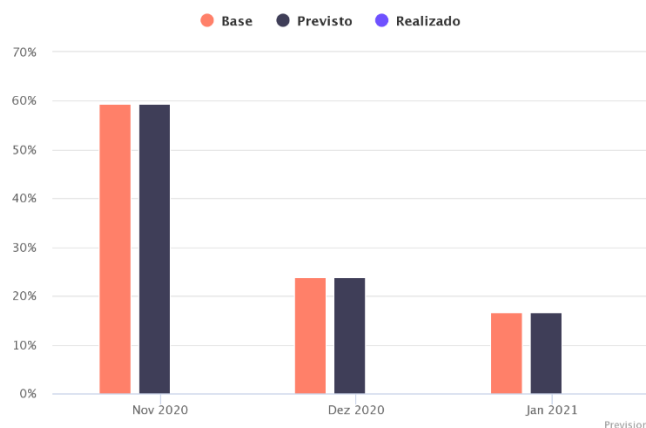


Fonte: Autor (2021)

Ao selecionar o ponto da curva para análise também é gerado um gráfico de avanço mensal para análise do planejado por período, sendo apresentado por mês do quantitativo planejado agrupado, como ilustra a Figura 48 e ainda por mês e por quantitativo de atividade. Vale salientar, ainda da análise de execução por serviço ou por lote, todas podendo ser realizado

desde o início do cronograma ou filtrado por período pelo planejador, o que garante maior confiabilidade ao cronograma como ferramenta de acompanhamento dos serviços e controle de custos.

Figura 48: Quantitativo por período



Fonte: Autor (2021)

O cronograma Físico-Financeiro também é apresentado pelo software de acordo com a Figura 49 que demonstra a apresentação dentro da aba de dashboard do Prevision® com os valores reais de base e realizado para acompanhamento financeiro da obra. Importante para visualização do andamento dos custos da obra e consequentemente controle do lucro final. Como as medições acontecem mensalmente, este tipo de controle economiza tempo e gera resultados excelentes para discussões em debates semanais sobre o planejado e o controle de custos da obra, como acontece no Complexo Eólico São Vitor, porém de uma forma que demanda tempo e diversas interações com outros softwares para que se chegue a resultados tão estratificados semanalmente, haja vista que o Prevision® ainda não foi implantado na obra.

Figura 49: Cronograma Físico-Financeiro

Cronograma Físico-Financeiro
Orçamento 02

Buscar Nível 1

Código WBS	Atividade	Data de início	Data de fim	Material	Mão de obra	Total	30/11/2020			31/12/2020			31/01/2021		
							Base	Previsto	Realizado	Base	Previsto	Realizado	Base	Previsto	Realizado
01	Mobilização de pessoal e equipamentos.	03/11/2020	04/11/2020	R\$ 1.026.216,00	R\$ 0,00	R\$ 1.026.216,00	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
02	Locação da obra, inclusive nivelamento e seccionamento	12/11/2020	21/12/2020	R\$ 174.020,00	R\$ 0,00	R\$ 174.020,00	48.00%	48.00%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
03	Desmobilização de máquinas e equipamentos	16/12/2020	12/01/2021	R\$ 684.144,00	R\$ 0,00	R\$ 684.144,00	0%	0%	0%	37.50%	37.50%	0%	100.00%	100.00%	0%
04	Serviços administrativos	-	-	R\$ 1.542.024,77	R\$ 0,00	R\$ 1.542.024,77	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
05	Sondagens de confirmação	03/11/2020	04/11/2020	R\$ 127.768,00	R\$ 0,00	R\$ 127.768,00	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
06	Escavação Mecânica	04/11/2020	12/11/2020	R\$ 40.097,15	R\$ 0,00	R\$ 40.097,15	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
07	Apiloamento no fundo da vala	09/11/2020	13/11/2020	R\$ 2.268,23	R\$ 0,00	R\$ 2.268,23	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
08	Prova de carga direta sobre terreno de fundação	09/11/2020	13/11/2020	R\$ 18.061,10	R\$ 0,00	R\$ 18.061,10	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
09	Lastro de concreto de regularização fck = 10 MPa	12/11/2020	13/01/2021	R\$ 15.950,70	R\$ 0,00	R\$ 15.950,70	50.00%	50.00%	0%	50.00%	50.00%	0%	100.00%	100.00%	0%
10	Formas da Fundação	01/12/2020	16/12/2020	R\$ 13.339,99	R\$ 0,00	R\$ 13.339,99	0%	0%	0%	100.00%	100.00%	0%	100.00%	100.00%	0%

Linhas por página:

Fonte: Autor (2021)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do planejamento em uma plataforma BIM com utilização de linha de balanço se mostrou útil e significativa. A ferramenta Prevision® incorporou ao acompanhamento do cronograma diversas utilidades, além da disponibilidade de troca de informações com diversos softwares de acompanhamento e controle de obras.

A importação do cronograma para a plataforma afirmou a teoria do Lean Construction na celeridade de criação do cronograma, obter total controle de situações adversas que ocorrem in loco e restringem as atividades, introdução da teoria e análise Kanban, verificação de atrasos automaticamente, gráfico simples e eficaz na apresentação do cronograma, se mostrou uma excelente ferramenta para serviços repetitivos, com o auxílio da linha de balanço, integrado a diversos sistemas, sobretudo os de análise de custo, como o TOTVs. Isso além de estabelecer ótima relação entre orçamento e planejamento.

O cronograma analisado foi melhorado significativamente desde a apresentação dos dados a redução de dias e quantitativo de equipes nos serviços, como aconteceu nas atividades de armação e supressão vegetal. Tais resultados influenciaram diretamente no custo e na mobilização de mão de obra, além do fato da sequenciação dos serviços tornar a mão de obra qualificada, uma vez que a obra “enxuta” favorece o cronograma, especializa mão de obra e reduz custo.

Por fim, é importante enfatizar a grande utilidade que o Ms Project® tem na criação de cronogramas e acompanhamento no planejamento de obras, uma vez que, além de ser um dos softwares mais comuns no mercado também possui utilidades diversas. A proposta de melhoria oferecida e instaurada pela Prevision com base na teoria do Lean denota além um ótimo acompanhamento a inserção no mercado como proposta BIM no planejamento.

Dessa forma, o trabalho obteve resultados pontuais e objetivos com a importação do cronograma através da melhoria e facilidade na criação do projeto, métodos de acompanhamento, inserção de ferramentas de controle e apresentação de resultados com índices, percentuais e curvas através da plataforma Prevision.

REFERÊNCIAS

ABEEólica – **Associação Brasileira de Energia Eólica**. InfoVento 19. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/?s=infovento> . Acesso em: 17/04/2021.

(ACKOFF, 1976 apud BERNARDES, 2003). Syal et al (1992 apud Bernardes 2001), ACIPG -**Associação de contadores da Inglaterra e país de Gales**. Custo Padrão. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1972.

AKKARI, Abia Maria Proência. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MS PROJECT** (Dissertação de Mestrado) Porto Alegre: PPGE/UFRGS, 2003.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda, 1983. 283p.

ALVES, T.C.L, **Diretrizes para gestão de fluxos físicos em canteiros de obras, proposta baseada em estudos de casos**. 2000. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS. 2000.

ANEEL. **Capacidade instalada em 2021 supera 1 gigawatt; eólicas são o destaque pelo quarto mês seguido**. 2021. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao>. Acesso em: 12 ago. 2021.

ATKINSON, A. A., BANKER, R. D.; KAPLAN, R. S., YOUNG, S. M. **Contabilidade gerencial**. 2º ed. São Paulo: Atlas 2008.

AVILA, A. V. Planejamento Capítulo 6: **O Método PERT-CPM**. Apoio Didático. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

BALLARD, G.; HOWELL, G. A. An update on last planner. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 11., Virginia, 2003. Proceedings [...] Virginia, 2003.

BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Current process benchmark for the Last Planner System**. *Lean Construction Journal*, Berkeley, p. 57-89, 2016.

BALLARD, H. G. **The last planner system of production control** Birmingham, 2000. 192 f. Ph.D., University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BARROS NETO, J. P.; HEINECK, L. F. M.; SOUZA, D. P. **A aplicação dos princípios da mentalidade enxuta na construção civil: os exemplos de Fortaleza/CE**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, Brasília. Anais. Brasília, 2005.

BOFF, C. S; FONTANA, F. B; SOUZA, M. A. **planejamento e controle de custos: um estudo sobre as práticas adotadas por empresas industriais de caxias do sul – RS**. 18p.

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS. Disponível em:
<https://congressosp.fipecafi.org/anais/artigos102010/184.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.

CATELLI, Armando. **Controladoria: uma abordagem da gestão econômica**. 2ª ed. São Paulo, Atlas, 2001.

COOPER, R.; SLAGMULDER, R. **Develop profitable new products with target costing**. Sloan Management Review, v. 40, n. 4, p.23-33, 1999.

COUTINHO, T. **O conceito de valor agregado no Lean Manufacturing**. Voitto. 2021
 Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/valor-agregado>. Acesso em: 14 Out 2021.

CUSTODIO, T. **essentia energia inicia construção de complexo eólico na bahia**. Energia hoje. Disponível em: <https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/essentia-energia-inicia-construcao-de-complexo-eolico-na-bahia/>. Acesso em 11 Out 2021.

DEARDEN, John. **Análise de custos e orçamentos nas empresas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

DNIT 106/2009-ES – **Terraplenagem – Cortes**; Especificação de serviços, 2009. 13p.
 E, DEMOSTRAÇÕES FINANCEIRAS. 2021. Disponível em:
<https://www.echoenergia.com.br/nossos-ativos/complexo-eolico-echo-3/>. Acesso em: 20 Out. 2021.

FARIA, P.O.; Noronha, M. **Estudo de caso sobre Fundações de Torres Eólicas**, 2017.
 FERREIRA, D. D. **planejamento e orçamento de obra: roteiro e estudo de caso de elaboração de um planejamento e orçamento de obras**. 2019. 63p. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS Escola de Engenharia. Disponível em:
<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

GADELHA, Costa; GONZAGA, Luiz. **Orçamento na construção pesada**. Edições Bagaço. Recife: Bagaço 2006. 160 p.

GARRISON, Ray H.; NOREEN, Eric W. **Contabilidade Gerencial**. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

INOVACIVIL - **Como funciona uma linha de balanço**. 2021. Disponível em:
[https://www.inovacivil.com.br/como-funciona-uma-linha-de-balanco/\(PINHEIRO 2021\)](https://www.inovacivil.com.br/como-funciona-uma-linha-de-balanco/(PINHEIRO 2021)).
 Acesso em: 25 Out 2021.

IRENA, DEPLOYMENT, INVESTMENT, TECHNOLOGY, GRID INTEGRATION AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS. 2021. Disponível em: (<https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>) (15,ago). Acesso em 15 Out 2021.

LIMA, Sandovânio Ferreira de. Et.al. **Concreto e suas inovações**. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió. v. 1. n.1 . p. 31-40. Maio .2014. Disponível em: <periodicos.set.edu.br>
 Acesso em: 01 out. 2021.

LIMMER, Vicente Carl. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC Ltda, 1997. 225 p.

LOPEZ, R.A. **Energia eólica**. São Paulo: Artliber, 2002. 156p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras** / Aldo Dórea Mattos. -- 2. ed. -- São Paulo : Oficina de Textos, 2019.

MATTOS, Dórea Aldo. **Planejamento e controle de obras**. 2. Ed. São Paulo: Pini Ltda, 2010. 281 p.

MATZ, A.; CURRY, O. J.; FRANK, G.W. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, 1987.

MAXIMIANO, Antônio César. **Introdução à Administração**. São Paulo: Atlas, 1995.

MELO DE OLIVEIRA, V. M.; CÂMARA MACIEL, A. B.; MARTINS MENEZES REIS, L. Poluição sonora: **um estudo de caso do parque eólico asa branca II, localizado no município de Parazinho-RN**. Boletim de Geografia, v. 36, n. 1, p. 112-130, 15 jun. 2018.

MILITITSKY, Jarbas. **Fundações de torres**: aerogeradores, linhas de transmissão e telecomunicações / Jarbas Milititsky. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 425 p.

MORAIS, F, M. Apostila – **Pesquisa Operacional II**. Unespar/Campo Mourão, 2015.

NAKAGAWA, Masayuki. **Estudo de alguns aspectos de controladoria que contribuem para a eficácia empresarial**. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade). São Paulo, FEAUSP, 1987.

NBR 16903:2020 – **Estacas – Prova de carga estática**. 2020.

NBR 6489:2019 – **Solo – Prova de carga estática em fundação direta**. 2019. 11p.

PREVISION, **Linha de balanço, o que é**. 2021. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/>. Acesso em: 01 Nov 2021.

PREVISION, **Plataforma**. 2021. Disponível em: <https://app.prevision.com.br/app/projects>. Acesso em 15 Set 2021.

RIBEIRO, Marcelo. **Planejamento e controle de obras e serviços**: veja 5 passos para otimizar. Maiscontroleerp.com.br. 10/06//2017. Disponível em: < <https://maiscontroleerp.com.br/planejamento-e-controle-de-obras-e-servicos-veja-5-passos-para-otimizar/> >. Acesso em: 15/10/2021.

ROCHA, Thaís Pontes Inojosa. **A importância do programa de supressão vegetal nas áreas de obras rodoviárias**. 2017. 55p. Trabalho Final de Graduação - Centro Universitário CESMAC. Maceió, 2017. Disponível em: <<https://ri.cesmac.edu.br/bitstream/tede/>> Acesso em: 30 set. 2021.

SILVA, M. S T. C. **Planejamento e controle de obras**. 98p. 2011. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – ESCOLA POLITÉCNICA. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/Planejamento.pedf>. Acesso 10 out 2021.

SUZUKI E ARAÚJO, **domine o planejamento de suas obras**, Prevision. 2021. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/>. Acesso em 04 Nov 2021.

TOLEDO, M. PERT. Slideshare.net. 10/10/2013. Disponível em: <
<https://pt.slideshare.net/muriloket/pert27060712>> Acesso em 03 de setembro de 2016.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**: Teoria e Prática. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

VARALLA, R. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

ANEXOS

ANEXO A –Cronograma civil das fundações, Prevision®

Paulo TCC - CRONOGRAMA FUNDAÇÕES

Período entre 08/11/2020 e 14/01/2021

Impresso em 06/11/2021

