

**UNIVERSIDADE FEDERAL PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA**

RYSTHÉFANE DUMONT ROCHA REIS COSTA

**PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DE EDIFICAÇÃO DE UM
ESTALEIRO A PARTIR DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO SISTEMA
TOYOTA DE PRODUÇÃO E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO**

RECIFE

2017

RYSTHEFANE DUMONT ROCHA REIS COSTA

**PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DE EDIFICAÇÃO DE UM
ESTALEIRO A PARTIR DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DO SISTEMA
TOYOTA DE PRODUÇÃO E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia naval e Oceânica.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Pereira.

Coorientador: Prof. M.e Marco Antônio Ladislau Petkovic.

Recife

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

C837p Costa, Rysthefane Dumont Rocha Reis.

Proposta de melhoria no processo de edificação de um estaleiro a partir da aplicação dos conceitos do sistema Toyota de produção e ferramentas de planejamento. / Rysthefane Dumont Rocha Reis Costa. - 2017.

175folhas, Ils.; Tab.; Abr.e Sigl.

Orientador (a): Prof. Dr. Marcos Pereira.

Coorientador(a): Prof. M.e Marco Antônio Ladislau Petkovic.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Naval, 2017.

Inclui Referências, Anexos e Apêndices.

1. Engenharia Naval. 2. Edificação de navios. 3. Dique seco. 4. Lean Manufacturing. 5. Ferramentas de planejamento. 6. Otimização.

7. Fluxo de edificação. I. Pereira, Marcos (Orientador). II. Petkovic, Marco Antônio Ladislau (Coorientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-364

RYSTHEFANE DUMONT ROCHA REIS COSTA

**Proposta de melhoria no processo de edificação de um estaleiro a partir da
aplicação dos conceitos do sistema Toyota de Produção e ferramentas de
planejamento**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco como pré-
requisito para obtenção do grau de Engenheiro (a)
Naval e Oceânico sob orientação do Profº. Dr.
Marcos Pereira e do Profº. M.e Marco Antônio
Ladislau Petkovic.

DATA DA APROVAÇÃO

14/09/2017

Banca examinadora:

Profº. M.e Marco Antônio Ladislau Petkovic (Coorientador acadêmico)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Marcos Pereira (Orientador acadêmico)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. M.^a Paula Suemy Arruda Michima (Examinadora científica interna)
Universidade Federal de Pernambuco

“Primeiramente a Deus que iluminou meu caminho durante esta caminhada sendo o meu guia e essencial em minha vida.

Aos meus pais e meu irmão que sempre me incentivaram, me apoiaram e investiram em minhas decisões.

Ao meu noivo pela enorme paciência e apoio prestado durante a realização deste trabalho”.

AGRADECIMENTOS

Ao corpo docente do curso de Engenharia Naval da UFPE em especial o coordenador do curso Silvio Melo e o professor Jose Claudino de Lira e alguns professores do corpo docente do curso de Engenharia Mecânica da UFPE como Félix Christian, Ramiro Brito e Armando Lucio pela contribuição dada à minha formação acadêmica.

Ao meu orientador Marcos Pereira e coorientador Marcos Petkovic pelo incentivo e orientação dada durante a realização deste trabalho.

Ao meu amigo engenheiro Mecânico Ernandes Júnior pelo fornecimento de materiais ao longo do curso.

Ao meu amigo engenheiro de planejamento e PMP Takeo Chikushi pelos ensinamentos prestados em softwares de planejamento e fornecimento de materias para realização da proposta.

Ao arquiteto naval do estaleiro de referência Georges Carret pela contribuição dada nos cálculos de flutuabilidade e validação da proposta de otimização do dique utilizando 100% de sua capacidade em relação ao seu tamanho.

Ao chefe de máquinas do estaleiro de referência Osmar Candido pelo fornecimento de materiais e ensinamentos prestados para realização deste trabalho.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo ao longo do mesmo.

Ao meu noivo Rivelino pelo apoio e paciência durante a realização deste trabalho.

Ao meu irmão Rysther pelo apoio e motivação prestados a mim durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais Rivanerio e Dayse pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

E por último, mas não menos importante, agradeço à Jeová Deus e seu filho Jesus Cristo.

“Você não pode mudar o vento, mas pode
ajustar as velas do barco para chegar onde
quer.”

(Confúcio)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal propor uma estratégia para a sequência de edificação de um navio petroleiro da classe Suezmax, baseada na metodologia *Lean Manufacturing*, de forma a eliminar desperdícios identificados a partir de um estudo de caso realizado em outro navio da mesma classe.

O estudo de caso foi realizado em um estaleiro de referência, quando todas as fases da edificação do navio, incluindo o fluxo do processo, foram acompanhadas e analisadas, servindo-se dos resultados obtidos para posterior elaboração da metodologia apresentada neste trabalho.

A aplicação das ferramentas da metodologia *Lean Manufacturing* identificou desperdícios de estoque, movimentação, superprodução, transporte e espera dentro da sequência de edificação do navio do estudo de caso devido a um fluxo descontínuo das atividades.

A fim de reduzir o *takt time* de entrega dos navios, e eliminar os desperdícios identificados, como também otimizar o fluxo de edificação e reduzir o(s) gargalo(s) do processo de edificação do navio, uma nova proposta de edificação e sequenciamento da mesma foi desenvolvida e é apresentada neste trabalho. A proposta toma como base a metodologia *Lean Manufacturing* com o auxílio de ferramentas de planejamento como gráficos de Gantt, PERT/CPM, Ishikawa, Pareto bem como o uso do software Primavera.

Como resultados da proposta, conseguiu-se garantir a produção puxada com o fluxo contínuo de atividades, eliminar os desperdícios identificados no estudo de caso, construção de três seções do próximo navio no dique em construção paralela, otimizando a área do dique seco, melhor aproveitamento da área de pré-edificações bem como das carretas hidráulicas e dos pórticos, redução no *lead time* de construção no dique de oito meses para seis meses e redução no *takt time* de entrega de navios de oito meses para quatro meses.

Palavras-chave: Edificação de navios. Dique seco. *Lean Manufacturing*. Ferramentas de planejamento. Otimização. Fluxo de edificação.

ABSTRACT

The main objective of the present work is to propose a strategy for the sequence of construction of a Suezmax class oil tanker, based on the Lean Manufacturing methodology, in order to eliminate waste identified from a case study carried out on another ship of the same class.

The case study was carried out in a reference yard, when all phases of ship building, including process flow, were monitored and analyzed, using the results obtained for further development of the methodology presented in this work.

The application of the Lean Manufacturing methodology identified inventory wastes, handling, overproduction, transport and waiting in the ship erection sequence of the case study due to a discontinuous flow of the activities.

In order to reduce this takt time of delivery of ships, and to eliminate identified wastes, as well as to optimize the flow of erection and reduce the bottlenecks of ship erection process, a new proposal for erection and sequencing the ship was developed and presented in this work. The proposal is based on the Lean Manufacturing methodology with the help of planning tools such as Gantt Charts, PERT / CPM, Ishikawa, Pareto, well as, the use of Primavera software.

As a result of the proposal, it was possible to guarantee the pull system with the continuous flow of activities, to eliminate the wastes identified in the case study, to construct 3 sections of the next ship in the drydock in parallel construction, optimizing the drydock area, better utilization of the area of pre-erection as well as the hydraulic carriages and cranes, reduction in lead time of construction in the drydock from 8 months to 6 months and reduction in the takt time of delivery of ships from 8 months to 4 months.

Keywords: Block erection. Shipbuilding. Dry dock. Lean Manufacturing. Planning tools. Optimization. Construction flow.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma da construção de um navio	22
Figura 2: Lançamento de navio cujo berço de construção foi o dique seco.....	23
Figura 3: Lançamento de navio através de carreira.....	23
Figura 4: Navios em paralelo.....	24
Figura 5: Navios em linha, segundo navio iniciado pela popa e depois deslocado.....	24
Figura 6: Navios em linha, segundo navio iniciado pela proa.....	25
Figura 7: Sistema de construção piramidal.....	26
Figura 8: Sistema de edificação por ilhas.....	27
Figura 9: Edificação por seções.....	28
Figura 10: Anel de carga e lastro.....	36
Figura 11: Proa	37
Figura 12: Popa.....	37
Figura 13: Superestrutura	38
Figura 14: Gaiuta.....	38
Figura 15: União dos blocos de fundo.....	41
Figura 16: Pré-edificação dos blocos de Hopper.....	41
Figura 17: Pré-edificação das longitudinais gigantes.....	42
Figura 18: Pré-edificação das transversais gigantes.....	42
Figura 19: Pré-edificação dos costados.....	43
Figura 20: Pré-edificação do convés.....	43
Figura 21: Sequência para construção dos megabloques.....	44
Figura 22: Layout	47
Figura 23: Fluxograma geral de atividades.....	49
Figura 24: Arranjo do navio Suezmax.....	52
Figura 25: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	54
Figura 26: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	55
Figura 27: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	56
Figura 28: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	57
Figura 29: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	58
Figura 30: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	59
Figura 31: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo.....	60

Figura 32: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo	61
Figura 33: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo	62
Gráfico 1: Gantt --- Cronograma Mestre da produção	64
Gráfico 2: Cronograma de Edificação do navio (PERT- Estudo de caso)	66
Figura 34: Diagrama de Ishikawa.....	69
Gráfico 3: Curva de peso por bloco edificado (Estudo de caso)	71
Gráfico 4: Utilização do recurso Pórticos (Estudo de caso)	72
Figura 35: Representação do tempo de dique e cais.....	75
Figura 36: Representação esquemática de formação de tanques.....	77
Figura 37: Liberação dos tanques de carga e lastro.....	79
Figura 38: Tempo de construção no dique	82
Figura 39: Representação do tempo de construção à vante e à ré.	83
Gráfico 5: Pareto (Durações de construção).....	84
Figura 40: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	87
Figura 41: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	88
Figura 42: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	89
Figura 43: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	90
Figura 44: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	91
Figura 45: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	92
Figura 46: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	93
Figura 47: Histórico do layout --- Estudo de caso.....	94
Figura 48: Layout proposto	104
Gráfico 6: Proposta de Cronograma Mestre da Construção	106
Figura 49: Cronograma de edificação	108
Figura 50: Representação da estratégia proposta	109
Figura 51: Representação da estratégia proposta	110
Figura 52: Representação da estratégia proposta	111
Figura 53: Representação da estratégia proposta	112
Figura 54: Representação da estratégia proposta	113
Gráfico 7: Gráfico PERT/CPM--- Cronograma de edificação	115
Figura 55: Fluxograma de atividade— Proposto.....	118
Figura 56: Atividades inseridas no Primavera.....	124
Figura 57: Nomeando atividades predecessoras e sucessoras	124

Figura 58:Gerando o cronograma.....	126
Gráfico 8: Curva de peso da edificação (Proposta)	128
Figura 59: Tempo de construção na área de pré edificações ("estacionamentos")	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características do navio em estudo	35
Tabela 2: Resumo da nomenclatura das regiões no navio Suezmax em estudo	40
Tabela 3: Sequência de edificação.....	53
Tabela 4: Bloco-data de edificação- peso edificado	73
Tabela 5: número de movimentações com carretas para cada tipo de bloco	74
Tabela 6: Datas planejadas para fechamento estrutural dos tanques de carga e lastro.....	80
Tabela 7: Datas realizadas (fechamento estrutural de tanques de carga e lastro).....	81
Tabela 8: Duração de construção de cada megabloco (observar: caminho crítico da construção).....	85
Tabela 9: Datas de pré-edificações e edificações	95
Tabela 10: Parâmetros observados com relação às máquinas	96
Tabela 11: Parâmetros observados com relação ao método	96
Tabela 12: Consequência do método em relação à entrega	96
Tabela 13 : WBS para região de carga	120
Tabela 14: WBS dos megablocos de praça de máquinas	121
Tabela 15: WBS dos megablocos da região de popa.....	121
Tabela 16: Leme	122
Tabela 17: WBS do megabloco de proa	122
Tabela 18: WBS do megabloco- casaria.....	123
Tabela 19: WBS do megabloco- gaiuta	123
Tabela 20 Análise temporal do impacto da estratégia de edificação no fechamento dos tanques de carga e lastro	127
Tabela 21: Número de movimentações com carretas por projeto segundo proposta ...	128
Tabela 22: Comparação entre estudo de caso e proposta	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BB	Bombordo
(P)	Bombordo do inglês <i>Port</i>
BE	Boreste
(S)	Boreste do inglês <i>Starboard</i>
HH	Homem Hora
JIT	<i>Just in Time</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	JUSTIFICATIVA	18
2.1	Condições de contorno	19
3	OBJETIVO	20
4	METODOLOGIA DE ANÁLISE	21
5	REVISÃO DA LITERATURA	22
5.1	Metodologia de edificação	26
5.1.1	Sistema piramidal:.....	26
5.1.2	Sistema de edificação por camadas:.....	27
5.1.3	Seções:	28
5.2	Ferramentas de planejamento	29
5.3	Manufatura enxuta	31
5.3.1	O modelo 3M do Sistema Toyota de Produção	34
6	ESTUDO DE CASO	35
6.1	Apresentação da empresa	35
6.2	O navio em estudo	35
6.2.1	Divisão e nomenclatura dos blocos.....	36
6.2.2	O conceito de Megablocos	41
6.3	Metodologia de análise	45
6.3.1	Mapeando o processo	45
6.3.2	Identificação dos parâmetros de desempenho	66
6.3.3	Análise dos parâmetros	69
7	RESUMO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO	96
8	DISCUSSÕES DO ESTUDO DE CASO	97
9	CONCLUSÃO DO ESTUDO DE CASO	100
10	PROPOSTA DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E METODOLOGIA LEAN MANUFACTURING	101
11	METODOLOGIA DA PROPOSTA.....	102
12	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	105
12.1	Elaboração do cronograma	105
12.2	Construção do cronograma utilizando o Primavera.....	116
13	RESULTADOS DA PROPOSTA	127

14	DISCUSSÕES ACERCA DA PROPOSTA.....	130
15	CONCLUSÃO	136
	REFERÊNCIAS	138
	ANEXO — DURAÇÕES PADRÕES.....	141
	APÊNDICE A — ANIMAÇÃO REPRESENTANDO O TAKT TIME DE ENTREGA DE NAVIOS	145
	APÊNDICE B — CRONOGRAMA DE PRÉ-EDIFICAÇÕES E EDIFICAÇÕES	152
	APÊNDICE C — CRONOGRAMA GERAL DE ATIVIDADES	158

1 INTRODUÇÃO

Diante de um mercado global competitivo, a indústria naval necessita constantemente buscar formas de aumentar sua produtividade. Nesse contexto, este trabalho fez uso de conceitos e ferramentas necessários às decisões estratégicas de edificação de um navio de classe Suezmax baseados em princípios de *Lean Manufacturing* com foco na promoção da eliminação de gargalos e desperdícios de transporte, estoque, espera, dentre outros fatores (impactantes) relevantes ao aumento de produtividade de um estaleiro de referência, que foi objeto deste estudo.

Devido à constante busca por competitividade dos estaleiros ao redor do mundo, e visando aumentar a produtividade e sustentabilidade dos mesmos, encontram-se na literatura acadêmica várias propostas de metodologia para sequenciar a montagem de um navio petroleiro na sua fase de edificação. Sabe-se, porém, que cada estaleiro possui particularidades e limitações que os distinguem entre si, como uso de construção em dique seco ou em carreira de lançamento, trazendo para as metodologias propostas dificuldades para seu uso de forma generalizada.

De maneira geral, o processo de edificação de um navio pode ser feito através de blocos ou seções. O processo de edificação é a etapa final da construção do casco de um navio. O processo de edificação se dá pela união de blocos ou anéis através de variados processos de soldagem.

Desde a introdução das tecnologias de soldagem (na década de 1940) como o processo de fabricação principal para executar a união de chapas metálicas na indústria naval, as técnicas de construção naval passaram por diversas evoluções como a construção do casco em painéis (planos e curvos), **construção por blocos** ou por **sistemas de blocos**, **edificação em camadas** e/ou **edificação em pirâmides**, e o **sistema de seções** no qual temos a edificação em anéis. Mediante essas metodologias de edificação, com particular interesse nos sistemas de blocos, edificação em camadas/pirâmides, e sistema de seções, a principal motivação para o desenvolvimento desse trabalho está em responder as seguintes perguntas:

- Por meio da análise de um estudo de caso — edificação de um navio petroleiro da classe Suezmax — qual dentre estas três metodologias de edificação deve ser adotada, e qual a sequência de edificação que deve ser selecionada a fim de

eliminar desperdícios, reduzir o *takt time*¹ de entrega de navios e desta forma garantir maior produtividade ao estaleiro de referência?

- É possível utilizar a metodologia *Lean Manufacturing* para auxiliar na otimização da estratégia atual, e consequentemente promover uma melhoria do processo de edificação, deixando-o mais produtivo (enxuto)?

Para desenvolver esse trabalho fez-se uso de informações públicas encontradas na literatura acadêmica, bem como dos resultados práticos obtidos através da realização de um estudo de caso desenvolvido no estaleiro de referência.

*Takt time*¹: “Tempo de produção disponível dividido pela demanda do cliente.” (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2017).

2 JUSTIFICATIVA

Considerado como um dos gargalos da construção naval, o dique seco é um dos insumos mais caros de um estaleiro.

No caso do estaleiro de referência em estudo, como em todo dique seco naval, o mesmo possui restrições dimensionais. Enquanto nas oficinas de montagem de blocos o estaleiro possui uma capacidade de processamento de 160 mil ton/ano (cento e sessenta mil toneladas de aço naval por ano), o que em média equivale a 13 mil ton/mês (treze mil toneladas de aço naval por mês), no dique edifica-se em média 4 mil ton/mês (quatro mil toneladas de aço naval por mês) em estrutura de blocos. Portanto, é no dique seco que a construção do navio é limitada e está relacionada às restrições de edificação de blocos que serão comentadas em detalhe na seção 5.1.3 a seguir.

Portanto, pode-se afirmar que as oficinas do estaleiro de referência têm a capacidade instalada para processar chapas e fabricar blocos navais de até três navios da classe Suezmax em paralelo, e em comparação, o dique seco tem capacidade para receber somente um navio completo e três megablocos de outro navio.

Além desses fatos, o processo de edificação em blocos está atrelado a restrições técnicas e físicas do estaleiro como limitações de peso a ser edificado, pois os pórticos têm capacidade de içamento de 1500 ton cada e limitações de área de pré-edificação. Devido a essas limitações as sequências de montagem a ser consideradas não são determinísticas, portanto não é tarefa fácil estabelecer uma estratégia de edificação e garantir que a mesma seja a mais eficaz (produtiva), logo, é necessário executar um estudo de análise de sequência de montagem de blocos na área de edificação do dique seco.

A justificativa para a execução deste trabalho, considerando a demanda por aumento da produtividade do estaleiro, é otimizar o uso do dique seco, eliminando as perdas que estão atreladas ao processo e à estratégia de edificação de blocos, viabilizando assim uma redução no *takt time* do processo de construção no dique seco, bem como a construção de dois navios em paralelo no mesmo. Para que se tenham dois navios em processo de edificação no berço de construção é necessário trabalhar com os mesmos na área de pré-edificações, que fica localizada ao lado do dique seco. Portanto, é também necessário otimizar as tarefas de pré-edificação nesta área para tornar isto possível.

2.1 Condições de contorno

Este trabalho aborda um estudo de caso realizado no estaleiro de referência, focado na identificação de perdas utilizando-se da metodologia *Lean Manufacturing*. O estudo de caso está limitado a área de pré-edificação e edificação de blocos do estaleiro, focando exclusivamente nas disciplinas de estrutura (construção e montagem), pintura e acabamento (equipagem).

A proposta de melhoria deste trabalho procura reduzir o *takt time* de entrega de navios do estaleiro de referência. Para isto os focos das análises foram o berço de edificação, o dique seco, a elaboração de um cronograma de edificação exequível, e a elaboração do cronograma geral da construção, a partir do cronograma de edificação proposto.

Para construção naval, de acordo com a metodologia PMI, o gerenciamento de custo e tempo são as áreas mais ponderadas e como uma das limitações deste trabalho foi ter acesso ao custo do projeto, será considerado para análise a duração do mesmo.

3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor uma melhoria no processo de edificação de blocos de um navio petroleiro da classe SUEZMAX aplicando a metodologia *Lean Manufacturing*.

4 METODOLOGIA DE ANÁLISE

Para atingir o objetivo proposto dividiu-se este trabalho em duas tarefas distintas, a saber:

- **Tarefa 1 – Realizar estudo de caso em navio petroleiro da classe Suezmax**

Realizar um estudo de caso de edificação de um navio petroleiro da classe Suezmax no estaleiro de referência a fim de identificar e analisar desperdícios, compreender a estratégia de edificação em uso, identificar limitações e gargalos, dentre outras variáveis de processo de importância para as análises subsequentes.

O método de análise utilizado foi:

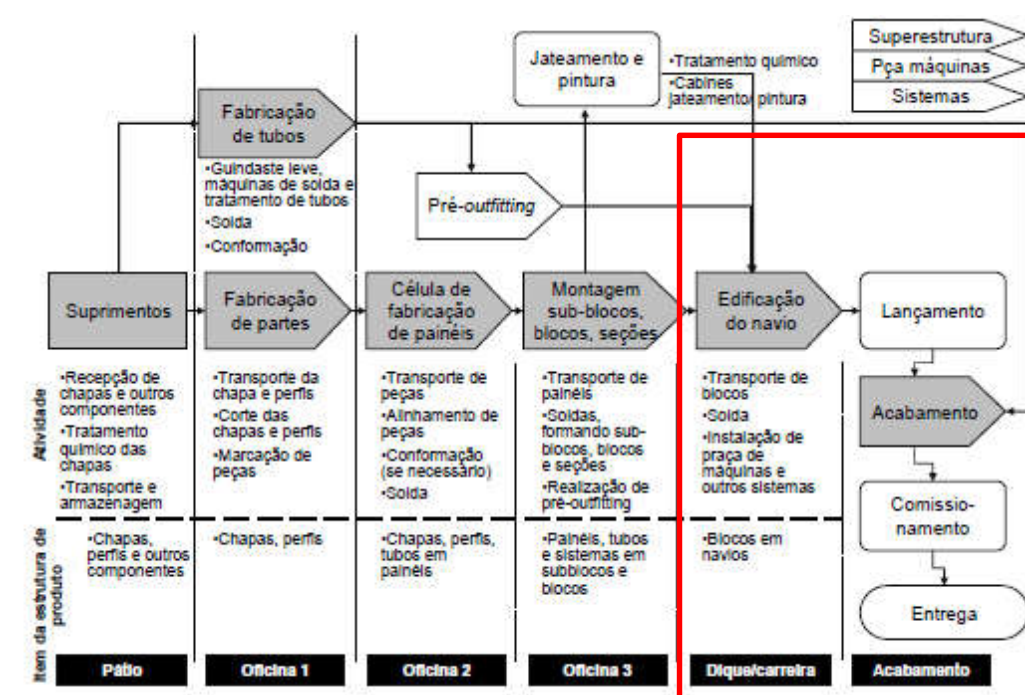
1. Mapear o processo de edificação do estaleiro de referência;
 2. Identificar os parâmetros de desempenho relacionados ao processo;
 3. Analisar os parâmetros observados utilizando-se da metodologia *Lean Manufacturing*;
- **Tarefa 2 – Desenvolver proposta de edificação de dois navios em paralelo no dique seco do estaleiro**
1. Definir metas para o processo de edificação;
 2. Propor uma estratégia e sequência de edificação que reduzam os gargalos e promovam aumento da produtividade no estaleiro;
 3. Apresentar uma proposta de *layout* que otimize a área de pré-edificações de forma a permitir a edificação de dois navios em paralelo no dique seco;

5 REVISÃO DA LITERATURA

O foco deste trabalho está voltado para o processo de edificação, que é caracterizado como a construção de um navio a partir da união de blocos (TOKOLA, NIEMI e REMES, 2013). e consequentemente estão envolvidos os processos até a entrega do navio, conforme pode ser visto na figura 1.

A edificação do navio pode ser feita tanto em dique quanto em carreira.

Figura 1: Fluxograma da construção de um navio



Fonte: Pinto, Andrade, *et al.* (2007)

Na figura 2 pode ser observada a imagem de um dique seco durante o período de lançamento de um navio.

Figura 2: Lançamento de navio cujo berço de construção foi o dique seco.



Fonte: Paixão (2015)

Na figura 3 pode ser observado o lançamento lateral de um navio, sendo este realizado de uma carreira de lançamento.

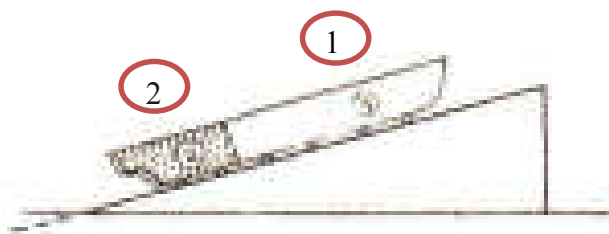
Figura 3: Lançamento de navio através de carreira



Fonte: Navios e Portos (2016)

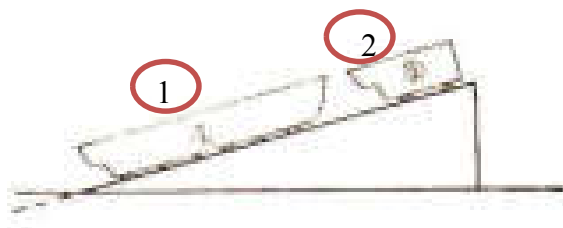
Com o intuito de otimizar o berço de edificação, seja este dique seco ou carreira, podem ser feitos navios em paralelo em linha (MACHADO, 2007). A depender do tamanho do berço de edificação, nem sempre poderão ter dois ou mais navios completos, poderão ter, por exemplo, um navio completo e alguns blocos de outro navio, isso implica dizer que no momento do lançamento, deverão ser feitas duas manobras; a primeira é o lançamento do casco e a segunda é o reposicionamento da união de blocos já iniciada no berço.

Figura 4: Navios em paralelo



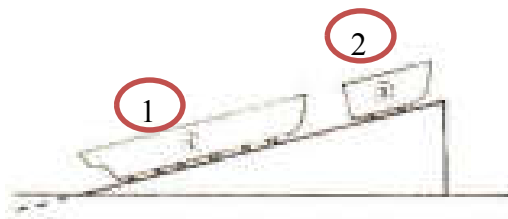
Fonte: Machado (2007)

Figura 5: Navios em linha, segundo navio iniciado pela popa e depois deslocado.



Fonte: Machado (2007)

Figura 6: Navios em linha, segundo navio iniciado pela proa



Fonte: Machado (2007)

O berço da construção é tido como um dos gargalos do processo da construção naval (YOON *et al.*, 2006). Sabemos também que a sequência de edificação é uma das ditadoras da ordem de montagem, produção e demais etapas anteriores a edificação segundo Tokola *et al.* (2013). Devido a esses fatores, muitos são os artigos à respeito da edificação de blocos. A edificação é mencionada brevemente como parte de um problema maior, porém, temos algumas exceções segundo Tokola, Niemi e Remes (2013) como o estudo de Caprace *et al.* (2011), que utiliza simulação de eventos discretos para solucionar um problema da edificação. Neste, é fornecida uma lista de restrições a ser considerada para determinar a sequência dos blocos, e menciona diferentes estratégias utilizadas. Outras restrições também são consideradas por Meijer *et al.* (2009), este concentra-se na gestão de riscos e seu objetivo é encontrar os blocos críticos do cronograma de edificações. Tanto Caprace (2011) quanto Meijer (2009) não levam em consideração os efeitos que determinados parâmetros de edificações geram no plano de montagem, este quesito pode ser verificado no artigo de Tokola *et al.* (2013).

Geralmente a sequência de edificação é considerada como um problema difícil e alguns artigos fornecem soluções heurísticas para o mesmo (OKUMOTO, 2002; VARGHESE & YOON, 2005; YOON *et al.*, 2006; CHUNG *et al.*, 2009; JINSONG *et al.*, 2009). Na definição do problema os blocos formam uma rede de sucessão hierárquica, ou seja, blocos de segundo nível são sucessores correspondentes de blocos de primeiro nível, e a partir daí diferentes heurísticas podem ser utilizadas para resolver o problema.

Outra breve abordagem da teoria das restrições é considerada no artigo de Chung *et al.* (2009), já no artigo do Tokola *et al.* (2013), explora como e quando resolver o problema de forma analítica, ou seja, ele constrói um modelo matemático

para agendar a edificação dos blocos e estuda como o tempo de elevação e o tempo após a edificação podem afetar no cronograma de edificação.

São vários os artigos que falam a respeito de edificação de blocos, porém cada um tem seu foco direcionado em um método específico para modelar o problema em questão. No entanto, este trabalho foca em estudar um caso real de edificação de blocos de um navio Suezmax mediante os problemas e dificuldades encontradas no estudo de caso. Baseando-se em uma metodologia de edificação existente e na metodologia *Lean Manufacturing*, com o auxílio de ferramentas de planejamento foi traçada uma estratégia de edificação efetiva de forma a reduzir tempo de ciclo do navio no dique seco, ou seja, minimizar o gargalo da produção.

É necessário portanto, conhecer as metodologias de edificação utilizadas para então embasar a proposta de melhoria do processo de edificação em uma metodologia existente.

Podemos dizer que o sistema de construção pode ser dividido em três métodos, são eles: piramidal, por camadas ou em anéis (MACHADO, 2007).

5.1 Metodologia de edificação

5.1.1 Sistema piramidal:

A partir do primeiro bloco do fundo posicionado, a edificação se dá posicionando os demais blocos de fundo o mais próximo da quilha e posteriormente vão se criando elevações semelhantes ao desenho de uma pirâmide, figura 7.

Figura 7: Sistema de construção piramidal



Fonte: Machado (2007)

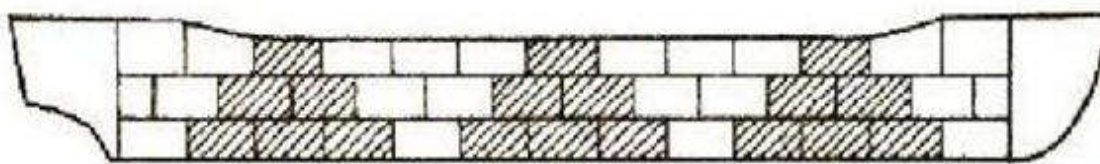
Nesta estratégia de construção, o progresso do trabalho no sentido longitudinal é mais prolongado.

Geralmente, para este tipo de edificação é comum que o início seja realizado nas proximidades da praça de máquinas, pois é levado em consideração o alto *lead time*² de construção da mesma.

5.1.2 2 Sistema de edificação por camadas:

Também conhecido como sistema de edificação por ilhas, neste sistema a edificação inicia-se por dois ou mais pontos e a partir daí, os blocos são posicionados conforme o método da pirâmide.

Figura 8: Sistema de edificação por ilhas



Fonte: Machado (2007)

Nesta estratégia, a produção pode dar início a partir de qualquer seção do navio, seja ela proa, popa ou corpo paralelo; iniciando pelo corpo paralelo a velocidade da produção cresce em várias frentes de trabalho, para o topo, à ré e à vante. Se a edificação for um processo rápido e a empresa possuir recursos suficientes para trabalhar em várias frentes em paralelo, esta estratégia é muito boa, pois trabalhando desta forma, simultaneamente, minimiza o comprimento do cronograma de edificação e o tempo no dique (gargalo) será reduzido como consequência (TOKOLA; NIEMI; REMES; 2013).

Diferentemente do sistema piramidal, o progresso longitudinal também é valorizado, pois, dois ou três (mais comum) núcleos de edificações são iniciados, são eles: praça de máquinas ou meia nau, proa e popa, equilibrando assim as forças de trabalho ao longo da carreira ou dique.

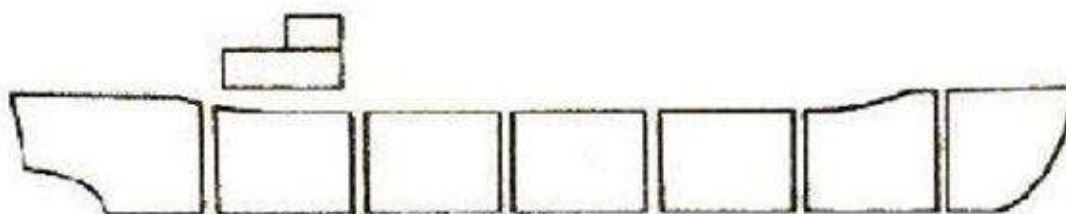
*Lead time*²: “Período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término” (WIKIPEDIA, 2017).

Por outro lado, o trabalho final de fechamento da estrutura se torna difícil, pois pode ocasionar existência de blocos que necessariamente terão que ser inseridos entre outros como forma de encaixe; é preciso para estes casos um trabalho de controle dimensional com ótima precisão.

5.1.3 Seções:

A edificação consiste em levar as seções completas para o dique ou carreira.

Figura 9: Edificação por seções



Fonte: Machado (2007)

Tendo em vista que o berço de edificação é um dos “gargalos na construção naval, essa estratégia se torna interessante por levar menor tempo de carreira ou dique (YOON *et al.*, 2006).

É indicado que todas as seções já venham com suas devidas instalações, tendo essas, sido feitas na oficina, facilitando o trabalho no dique, pois se todas as instalações fossem feitas em local abrigado, restaria apenas para o dique ou carreira as conexões entre as seções.

Esta forma de edificação exige técnicas mais sofisticadas do estaleiro, caso contrário, se as instalações, equipamentos, etc. não forem colocados na fase correta, o trabalho no dique ou carreira se tornará muito mais difícil, gerando assim, uma quantidade excessiva de HH de retrabalho.

Esses três métodos de construção apresentam as restrições estratégicas da construção, que é adotada pela empresa. Escolhida uma destas metodologias, ainda como restrição estratégica da empresa está à escolha de por qual região iniciar a edificação, seja ela pela proa, popa ou corpo paralelo.

Iniciar pela praça de máquinas é uma interessante estratégia, pois esta região exige maior tempo de construção devido à quantidade de *outfitting*, máquinas e equipamentos que são instalados nela. Iniciar por esta região abre frente de trabalho para o topo e para todo o comprimento à vante do navio.

Além da restrição estratégica, durante a concepção da sequência de edificação, outras restrições devem ser consideradas segundo Caprace *et al.* (2011), são elas:

- Restrições físicas: Esta restrição impõe a rede precedência entre alguns blocos como é o caso de um *deck*, este só poderá ser posicionado após os costados, pois são estes que o suportam. Portanto, a estabilidade da estrutura deve ser assegurada.
- Estabilidade estrutural: Para que a construção seja estável, esta deve ser no mínimo mais horizontal que vertical.
- Restrições de montagem do bloco: deve-se haver um intervalo de tempo mínimo entre a colocação de dois blocos consecutivos, tempo esse que incluem ao menos fixação, montagem e o cordão mínimo de solda que garantem a estabilidade dos blocos antecessores.
- *No skipping*: segundo Meijer *et al.* (2009): blocos não devem ser inseridos entre outros blocos, o que comumente chamamos de “encaixe”, isto geralmente acontece se usada a estratégia de ilhas.

5.2 ferramentas de planejamento

As ferramentas mais utilizadas para gerenciamento de tempo em estaleiro são o PERT/CPM (*program evaluation and review technique/ critical path Method*) e o gráfico de Gantt (SOUZA, 2009).

O cronograma mestre da produção (cronograma integrador em nível estratégico que simula a construção simultânea de vários navios) é comumente representado por um gráfico de Gantt, também conhecido como gráfico de barras; é uma ferramenta bastante utilizada na construção naval devido à sua simplicidade e facilidade de entendimento ao demonstrar a sequência de atividades e relação entre elas (SOUZA, 2009). Isso possibilita enxergar de maneira fácil as interferências entre recursos críticos, como é o caso do berço da edificação, interferências estas que não podem ser vistas no cronograma de edificação.

O cronograma de edificação é derivado do cronograma mestre da produção, e este também pode ser representado em forma de Gantt. Porém, sua visualização se torna mais fácil através do diagrama de rede, também conhecido como rede de planejamento, é representado por atividades (representadas por nós) interligadas (representadas por flechas). Os métodos utilizados para sua elaboração são: *program evaluation and review technique* (PERT) e *o critical path method* (CPM), ou até mesmo sua fusão, o PERT/CPM. No cronograma de edificação, representado por esta fusão deve conter:

- O tempo de edificação, incluindo duração para alinhamento e união dos blocos com a respectiva mão de obra necessária;
- Sequência de edificação;
- As datas de edificação de cada bloco;

O que torna o diagrama de rede mais comumente utilizado ao invés do gráfico de Gantt para representar o cronograma de edificação é sua facilidade em demonstrar clareza entre as relações de interdependência entre as atividades, e fácil visualização do caminho crítico do projeto, das folgas livres e totais do projeto e da duração do projeto (VALLE *et al.*, 2008).

Outras ferramentas de planejamento consideradas neste trabalho para análise do problema estudado, e posteriormente auxiliar na proposta de edificação partindo do princípio de eliminar desperdícios, foram o diagrama de causa e efeito e o gráfico de Pareto.

O problema a ser analisado no estudo de caso será o longo tempo de construção do navio no dique seco e para isso, é possível identificar possíveis causas para este efeito através do diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe. Para determinado problema podem existir nove possíveis fatores, são eles: 5M's e 4P's (PETKOVIC, 2015).

5M's:

1. Método
2. Máquina
3. Management (gestão)
4. Material
5. Mão de obra

4P's:

1. Place
2. Procedures
3. People
4. Policies

Para fazer uso dessa ferramenta, é necessário ter clareza do objeto em estudo, ou seja, o problema a ser estudado; o mesmo deve ser posicionado o mais à direita possível do “esqueleto” onde serão escritas as possíveis causas, essas podem ser levantadas durante um *brainstorming* (VALLE *et al.*, 2008).

Para análise de tempo de construção de cada megabloco a fim de identificar os pontos críticos da construção podemos utilizar o gráfico de Pareto, também conhecido como gráfico de barras que ordena as frequências de ocorrências da maior para a menor permitindo a priorização dos problemas, possibilitando a concentração dos esforços nos problemas mais importantes. Baseia-se no princípio que a maior parte das perdas tem poucas causas, ou seja, 20% dos fatores respondem por 80% dos resultados, demonstrando a noção de prioridade, e portanto, propõe atenção aos pontos críticos do processo, auxiliando assim, nas causas mais importantes do problema (VALLE *et al.*, 2008).

5.3 Manufatura enxuta

Foi concebida por Taiichi Ohno podendo ser definida como uma metodologia que visa à eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos produzindo apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida; sequencia ações que criam valor da melhor forma com o objetivo de garantir o menor esforço humano, o menor tempo, menos custos, com menos equipamentos, tornando o trabalho mais satisfatório e transformando desperdício em valor ao passo que identifica e elimina as perdas (OHNO, 1997; LEAN, 2009; SHINGO, 1996).

Também conhecido como produção enxuta, consiste na eliminação dos sete tipos de desperdícios citados por Ohno (1997), também conhecidos como *muda*³ no vocabulário japonês, acréscimo de um por Dennis (2008, p.38) totalizando 8. São eles:

Movimento: O movimento desnecessário tem tanto um componente humano quanto mecânico. No que se refere ao humano, está ligado à ergonomia do local de trabalho, quando o trabalhador precisa se esticar ou fazer caminhadas ou torções desnecessárias. No que se refere ao componente mecânico, este acontece quando máquinas estão muito distantes umas das outras. As perdas por movimentações acontecem a partir da diferença entre trabalho e movimento, vinculados à

*Muda*³: desperdício ou qualquer atividade que o cliente não está disposto a pagar (Japanese Management Association, Kanban-just-in-time na Toyota, Productivity Press, Portland, OR, 1989.)

movimentações desnecessárias, gerando assim ações que não agregam valor (SHINGO, 1996).

Espera: Ocorre quando um trabalhador precisa esperar. Seja por uma parada na máquina ou até mesmo pelo tempo de processamento de determinada peça. A espera aumenta o tempo de retenção, aumentando portanto o *lead time*, tempo entre o momento no qual o cliente faz o pedido e o momento em que ele o recebe. Pode-se considerar a perda por espera a atividade na qual se necessita a espera para que determinado produto seja processado (SLACK *et al.*, 2007).

Transporte: Desperdício comumente causado pelo *layout* ineficiente, equipamentos excessivamente grandes ou produção de grandes lotes. Ocorre por exemplo, quando grandes lotes precisam ser transportados de um processo para o outro. A produção de lotes menores e o posicionamento entre processos consecutivos o mais próximo um do outro pode reduzir a *muda* de transporte. Tudo que é deslocado por movimentos desnecessários de estoques ou cargas é considerado perda por transporte (OHNO, 1997)

Correção: Produzir e ter que consertar produtos com defeito; esta *muda* também é comumente conhecida como **retrabalho**. Produzir produtos com defeito significa desperdiçar mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação, materiais, armazenamento, inspeção, entre outros. As perdas por produtos defeituosos ou retrabalho são desperdícios que aumentam ainda mais os custos de produção (SHINGO, 1996).

Excesso de processamento: Processamento maior que o requerido para a atividade. Pode ser considerado por máquinas ou equipamentos, quando usados de modo inadequado, quanto à capacidade de operação e produção (OHNO, 1997).

Estoque: É a *muda* sob forma de matéria-prima, material, processamento e produto acabado. Ohno (1997) considera tal perda como um recurso financeiro parado no sistema produtivo, e portanto, desperdício de espaço e investimento.

Excesso de produção: Produção além do volume necessário, além do tempo desejado (SLACK *et al.*, 2007). A produção em excesso pode originar outros tipos de *muda* como movimento, espera, transporte, correção e estoque. Também conhecido como **superprodução**, pode ocorrer por quantidade ou por antecipação, desperdício antes do momento necessário, gerando estoque (SHINGO, 1996).

Conhecimento sem ligação: Ocorre quando há falta de comunicação dentro da empresa ou entre a empresa e seus clientes e fornecedores (DENNIS, 2008, p.42).

Uma das ferramentas desta metodologia é o JIT- *Just in Time* que significa “produzir no tempo necessário na hora necessária e na quantidade necessária” com o objetivo de eliminar desperdícios para atingir a melhor qualidade, menor tempo de produção, menor custo de produção, e menor *lead time* de entrega (OHNO, 1997; DENNIS, 2008, p.83; LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).

Para entender o JIT é necessário entender um pouco a respeito da lei de *Little*.

Conforme mencionado por Dennis (2008, p.84), pode-se descrever a **Lei de Little** por :

$$\begin{aligned} \text{Tempo de ciclo} &= \text{produto em processo (WIP)} / \text{Produção} \\ &\text{ou} \\ \text{Produção} &= \text{produto em processo (WIP)} / \text{tempo de ciclo} \end{aligned}$$

O significado dos seus termos é:

Produção: saída média de um processo de produção por unidade de tempo (p. ex.: metros de solda por horas, m² de tinta por hora).

Tempo de Ciclo: Tempo de produção, ou seja, tempo medido desde a saída de uma unidade até sua chegada ao fim da rota.

Produto em Processo: Itens do processo produtivo, mas que ainda não são produto acabado.

Tempo takt: Tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente.

Existem duas formas para aumentar a produção: a abordagem de produção em massa, ou seja, encher o local de trabalho com WIP ou a abordagem *Toyota* (redução do tempo de ciclo através da eliminação de desperdícios).

A seguir se tem algumas regras do JIT:

1. Não produzir item que não foi pedido.
2. Nivelar a demanda.
3. Conectar os processos à demanda do cliente (*kanban*).
4. Maximizar a flexibilidade das pessoas e máquinas.

Uma das mensagens passadas pelo JIT é a ideia de “puxar” a produção. Em outras palavras, pode-se dizer que o cliente retira o produto e logo em seguida a lacuna deixada por tal produto é preenchida imediatamente (DENNIS, 2008, p.87).

Essa abordagem do JIT será imprescindivelmente considerada durante a elaboração da proposta de melhoria no processo de edificação

Outra ferramenta que também será considerada durante a elaboração da proposta é o fluxo contínuo que consiste em produzir e movimentar um item por vez (ou um pequeno lote) de modo que a etapa seguinte receba apenas o que foi pedido, tornando o processo conhecido como sistema puxado. Esse sistema parte do princípio que o processo cliente “puxa” o processo fornecedor informando os materiais, a quantidade, o local, e o momento necessário. A partir deste sistema fica fácil eliminar a produção em excesso, pois nada é produzido pelo processo fornecedor sem que seja solicitado pelo processo cliente, sendo desta maneira o oposto da produção empurrada (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007).

5.3.1 O modelo 3M do Sistema Toyota de Produção

São termos da língua japonesa e representam desperdícios encontrados em uma organização.

Como já mencionado, *muda* significa atividade que consome recurso, porém não agrega valor ou não é produtiva. Desta forma, atividades que consomem mais recurso do que é necessário, geram desperdícios, estes foram listados por Taiichi Ohno (1997) em sete e mencionados acima.

Mura significa inconsistência ou irregularidade; representa desnivelamento ou desbalanceamento do trabalho ou das máquinas (SILVEIRA, 2017).

Muri é a sobrecarga; faz com que máquinas ou pessoas ultrapassem os limites naturais ocasionando problemas de segurança, qualidade na saúde das pessoas, quebra de equipamentos e defeitos nas máquinas. Sua tradução para o português é “irracionalidade, difícil, excessos” (SILVEIRA, 2017).

“... A insuficiência de padronização e racionalização cria desperdício (*Muda*), inconsistência (*Mura*) e irracionalidade (*Muri*) em procedimentos de trabalho e horas de trabalho que, eventualmente, levam à produção de produtos defeituosos” (OHNO, 1943).

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Apresentação da empresa

- Capacidade de processamento de 160 mil toneladas de aço por ano.
- O dique seco tem 400 metros de extensão, 73 metros de largura e 12 metros de profundidade. É servido por dois pórticos com capacidade de içamento de 1.500 toneladas cada, e quatro guindastes laterais, sendo dois com capacidade de içamento de 50 toneladas cada, e dois com capacidade de içamento de 35 toneladas cada.

O porte destes equipamentos permite reduzir substancialmente o tempo de edificação.

6.2 O navio em estudo

Petroleiro do tipo Suezmax, é um navio tanque destinado ao transporte de petróleo. Por suas dimensões principais, capacidade de carga entre 120 mil e 170 mil toneladas de porte bruto e por poder transportar insumos através do canal de Suez, é um petroleiro do tipo Suezmax.

Tabela 1: Características do navio em estudo

Comprimento Total [Loa]:	274,2 m
Comprimento entre Perpendiculares [Lpp]:	264,0 m
Boca Moldada [B]:	48,0 m
Pontal Moldado [D]:	23,2 m
Calado de Projeto [Tp]:	16,0 m
Calado de Escantilhão [Ts]:	17,0 m
Tonelagem de Porte Bruto [TPB]:	157700 DWT

Fonte: Estaleiro de referência

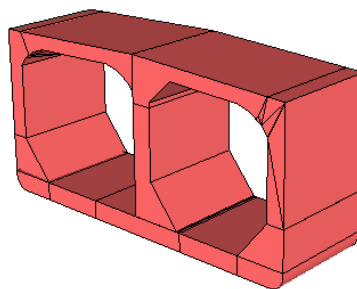
6.2.1 Divisão e nomenclatura dos blocos

De acordo com o projeto, o navio foi dividido em 182 blocos, nos quais estão inclusos os blocos da superestrutura (também chamada como casaria) e gaiuta.

No que se refere aos anéis, o navio é dividido em 21 anéis, iniciados de ré para vante. Destes, são necessários 3 para fechar um tanque de carga ou lastro.

Cada anel de carga/lastro é constituído de 3 blocos de fundo, sendo um central (*Keel Plate*) e dois laterais (*Double Bottom*), no qual cada um pertence a um bordo; 2 blocos *Hopper*, cada um pertencente a um bordo; 2 blocos de costado (*side*), cada um pertencente a um bordo e por fim 2 blocos de convés (*Deck*) cada um pertencente a um bordo.

Figura 10: Anel de carga e lastro

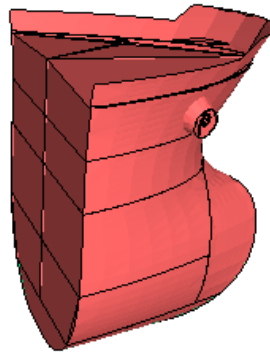


Fonte: Autor

Com relação às demais regiões, proa, popa, praça de máquinas, casaria e gaiuta, já não se pode considerar o mesmo padrão avaliado para os anéis de carga.

A proa é constituída por cinco blocos centrais, o bojo e três bordas falsas.

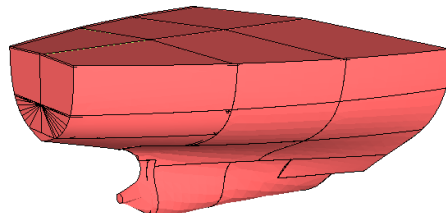
Figura 11: Proa



Fonte: Autor

Toda região de popa é constituída por 26 blocos.

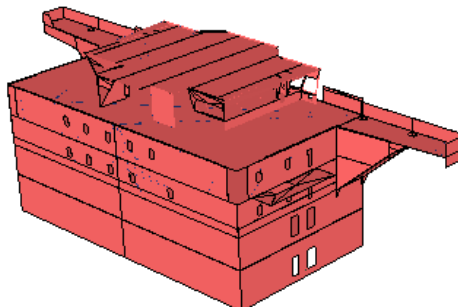
Figura 12: Popa



Fonte: Autor

A casaria é constituída de dez blocos.

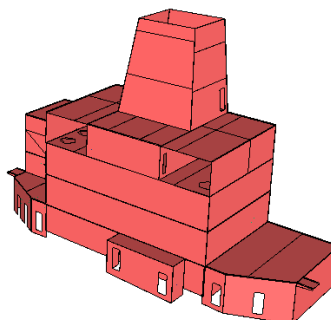
Figura 13: Superestrutura



Fonte: Autor

A gaiuta é constituída de seis blocos.

Figura 14: Gaiuta



Fonte: Autor

O navio em estudo é similar a outro navio já estudado e mencionado por Pacífico (2009, p.27). Portanto, a mesma nomenclatura para os blocos será adotada no estudo em questão, conforme descrito a seguir:

- Blocos que se iniciam em “A” são os blocos de popa (*Aft body*) da embarcação.
- Blocos que se iniciam em “B” são os blocos laterais do fundo duplo (*Double Bottom*) estendendo-se até o raio do bojo.
- Blocos que se iniciam em “D” são os blocos do convés (*Deck*)

- Blocos que se iniciam em “E” são os blocos da praça de máquinas (*Engine Room*) e praça de bombas (*Pump Room*).
- Blocos que se iniciam em “F” são os blocos da região de proa (*Fore body*) da embarcação.
- Blocos que se iniciam em “H” são blocos de transição entre o costado (*side*) e o fundo (*Bottom*). É neste bloco que se encontra a antepara longitudinal inclinada (*Hopper*).
- Blocos que se iniciam em “K” são os blocos centrais do fundo duplo (*Double Bottom*) onde está localizada a chapa quilha (*Keel Plate*) da embarcação.
- Blocos que se iniciam em “L” são os blocos que constituem a antepara longitudinal central (*Longitudinal Bulkhead*).
- Blocos que se iniciam pela letra “M” são os blocos das acomodações (*Accommodation*) e da chaminé (*Funnel*).
- Blocos que se iniciam em “S” são os blocos do costado duplo (*Double side*) da embarcação.
- Blocos que se iniciam em “T” são as anteparas transversais estanques (*Transverse Bulkhead*) da embarcação.

A nomenclatura dos blocos é composta por quatro dígitos. Os símbolos a seguir explicam em detalhes a lei de formação dos mesmos.



 Representa a área do bloco no navio, conforme explicado acima. A tabela 2 apresenta um resumo com relação às regiões do navio em estudo.

 Representa o número de série do bloco.

 Representa o bordo do navio: P-Bombordo, S-Boreste ou C-Central.

Com exceção dos blocos de *Hopper* e das anteparas transversais, antes de edificados, os demais blocos formam uma união. Quando isso é feito, o número de série da união se torna o menor dos números dos blocos que foram unidos e o seu terceiro número é trocado por um G.

Para exemplificar uma união entre blocos, tomemos a união entre duas longitudinais transversais, L130C e L140C, antes de serem edificadas no dique, elas são soldadas na região de pré-edificação e posteriormente são chamadas de L13GC ou GL13C.

Tabela 2: Resumo da nomenclatura das regiões no navio Suezmax em estudo

<i>Inicial</i>	<i>Região</i>	<i>Região</i>
A	<i>After End</i>	Popa
B	<i>Hold Bottom</i>	Duplo Fundo
D	<i>Hold deck</i>	Convés principal
E	<i>Engine room (Aft)</i>	Praça de máquinas
F	<i>Fore end</i>	Proa
G	<i>Deck Store & Companion</i>	Paiol de Convés
H	<i>Hold Hopper</i>	<i>Hopper</i>
K	<i>Keel Plate</i>	Quilha
L	<i>Hold Longitudinal BHD</i>	Antepara longitudinal (LC)
M	<i>Deck house & E/Casing</i>	Casaria e Gaiuta
S	<i>Hold size shell</i>	Costado
T	<i>Hold Transverse BHD</i>	Antepara Transversal

Fonte: Autor

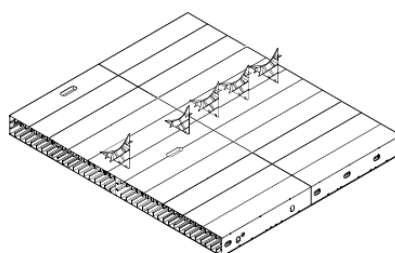
6.2.2 O conceito de Megabloco

Megabloco para a região de carga é a união entre dois anéis, o qual se acrescenta ao fim de sua nomenclatura a letra U. O padrão se difere para a região de popa e proa.

A seguir, as figuras 15-20 demonstram como é formado um megabloco, a exemplo, temos o B15U.

1. Ocorre união dos blocos de fundo, neste caso, B150P/S, K150C, K160C, B160P/S.

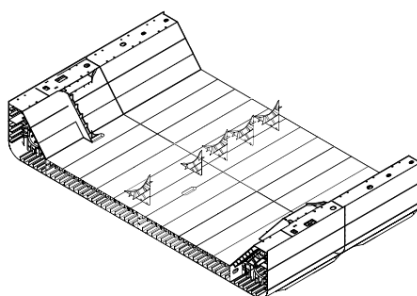
Figura 15: União dos blocos de fundo



Fonte: Autor

2. São pré-edificados os blocos do *Hopper*, neste caso, H150P/S e H160P/S.

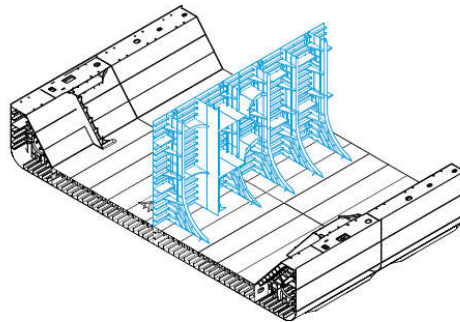
Figura 16: Pré-edificação dos blocos de Hopper



Fonte: Autor

3. É pré-edificado o longitudinal gigante, neste caso o L15GC, que é composto pelos blocos L150C e L160C.

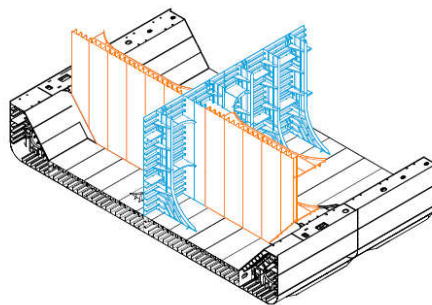
Figura 17: Pré-edificação das longitudinais gigantes



Fonte: Autor

4. São pré-edificados os transversais gigantes deste megabloco, que neste caso são T150P e T150S.

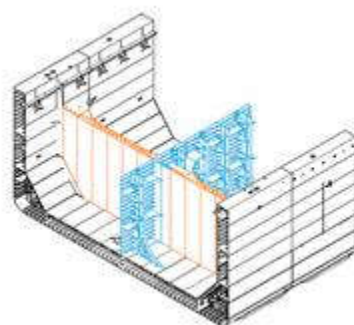
Figura 18: Pré-edificação das transversais gigantes



Fonte: Autor

5. São pré-edificados os costados, que neste caso são os S15GP e S15GS que são compostos pelos blocos S150P/S160P e S150S/S160S respectivamente.

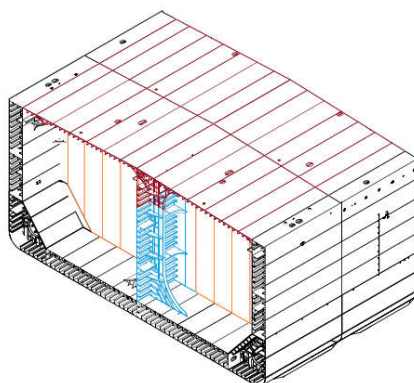
Figura 19: Pré-edificação dos costados



Fonte: Autor

6. Para finalizar o megabloco, é pré-edificado o convés, que neste caso é o D15GC, que é composto pelos blocos D150P/S e D160P/S.

Figura 20: Pré-edificação do convés



Fonte: Autor

Os demais seguem de forma semelhante. Na figura 21, segue uma representação esquemática da sequência de pré-edificações para formar cada megabloco. Os megablocos são os retângulos pintados na cor verde, e os demais são os blocos que os compõem.

6.3 metodologia de análise

6.3.1 Mapeando o processo

Para mapeamento do processo foram considerados o fluxo de atividades do estaleiro e a estratégia de edificação adotada, conforme descrito nos itens a seguir.

6.3.1.1 *Fluxo de atividades*

Conforme pode ser visto na figura 1 as atividades iniciam com a recepção de chapas e outros componentes (materiais pré-fabricados, matéria prima, equipamentos,), as chapas passam por um processo de tratamento químico e logo entram na oficina de blocos. Os materiais pré-fabricados e matéria prima que fazem parte do escopo do acabamento do navio seguem para fabricação de tubulação e os equipamentos vão para o almoxarifado aguardar a data de montagem.

Materiais, equipamentos e todo escopo de acabamento do navio chegam em momentos distintos. O que define sua chegada é a data de montagem do bloco ao qual esse escopo pertence.

A oficina de blocos se divide em processamento e montagem. Durante a montagem dos blocos já ocorre uma fase de acabamento dentro da oficina. Nesta fase estima-se que sejam montados todos os itens de queima (que necessitam do uso de chama ou soldagem para sua montagem), ou seja, itens que se montados após a pintura demandarão um retrabalho de pintura para cobrir as partes queimadas.

A oficina de blocos entrega o bloco finalizado estruturalmente para a cabine de pintura ou para um estoque intermediário (região 8 da figura 22) caso a cabine de pintura não tenha capacidade para atender todos os blocos liberados.

Depois de pintados, os blocos são levados novamente para região de estoque intermediário; após o estoque, os blocos irão para área de pré-edificações; se forem blocos de *hopper* ou anteparas transversais, passarão por acabamento (fase após pintura) na área de pré-edificações e posteriormente serão edificados; os demais blocos também irão para a área de pré-edificações. Contudo, não irão apenas para fase de acabamento,

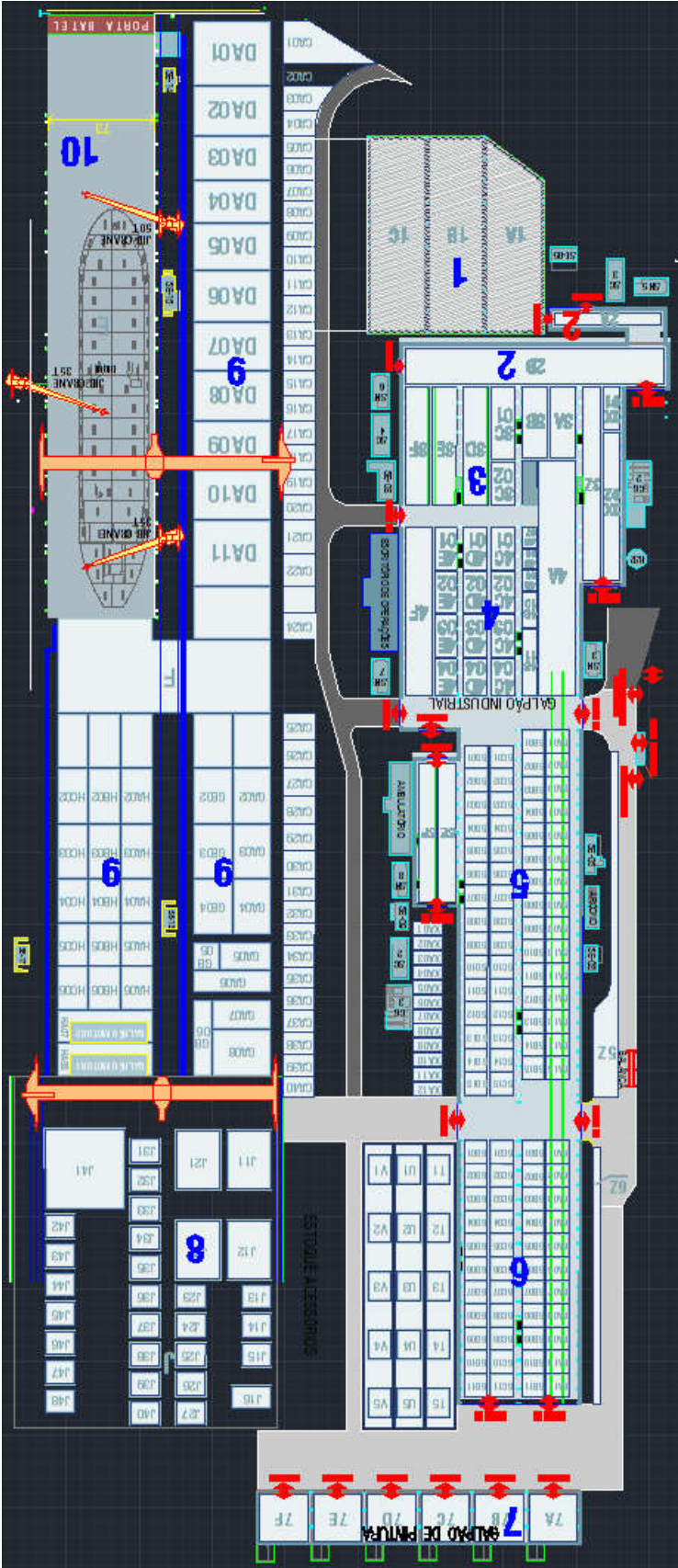
pois estes blocos passarão por um processo de união de blocos (soldagem) antes de serem edificados, conforme ilustrado nas figuras 15-20:

- Fundo duplo: edificados em união de seis blocos
- Convés: edificados em união de quatro blocos
- Praça de máquinas: edificada em quatro níveis sendo o 3.º nível dividido em duas edificações (lado bombordo e lado boreste) e o 4.º nível dividido em três edificações (bombordo, boreste e central);
 - O 1.º nível é edificado em união de nove blocos;
 - O 2.º nível é edificado em união de cinco blocos;
 - O 3.º nível é edificado em união de dois blocos para cada bordo;
 - O 4.º nível é edificado em união de dois blocos para cada bordo;
- Popa: é dividida em duas edificações; a primeira com apenas um bloco e a segunda com uma união de três blocos.
- Proa: é dividida em duas edificações; a primeira em união de três blocos e segunda em união de seis blocos.
- Superestrutura: popularmente conhecida no estaleiro como casaria, é edificada em união de treze blocos.
- Gaiuta: é edificada em união de sete blocos

Ou seja, isso quer dizer que após a fase de pintura, muitos blocos ainda passarão pela área de pré-edificação para ser realizado trabalho de soldagem entre eles; durante esse tempo de soldagem entre blocos o trabalho de acabamento (daquela fase-após pintura) pode ser realizado em paralelo. Para os demais blocos, que foram edificados isoladamente, também foi realizado trabalho de acabamento (referente àquela fase-após pintura) na área de pré-edificação.

No layout a seguir, figura 22, mostra as regiões do fluxo de atividades de forma numerada.

Figura 22: Layout



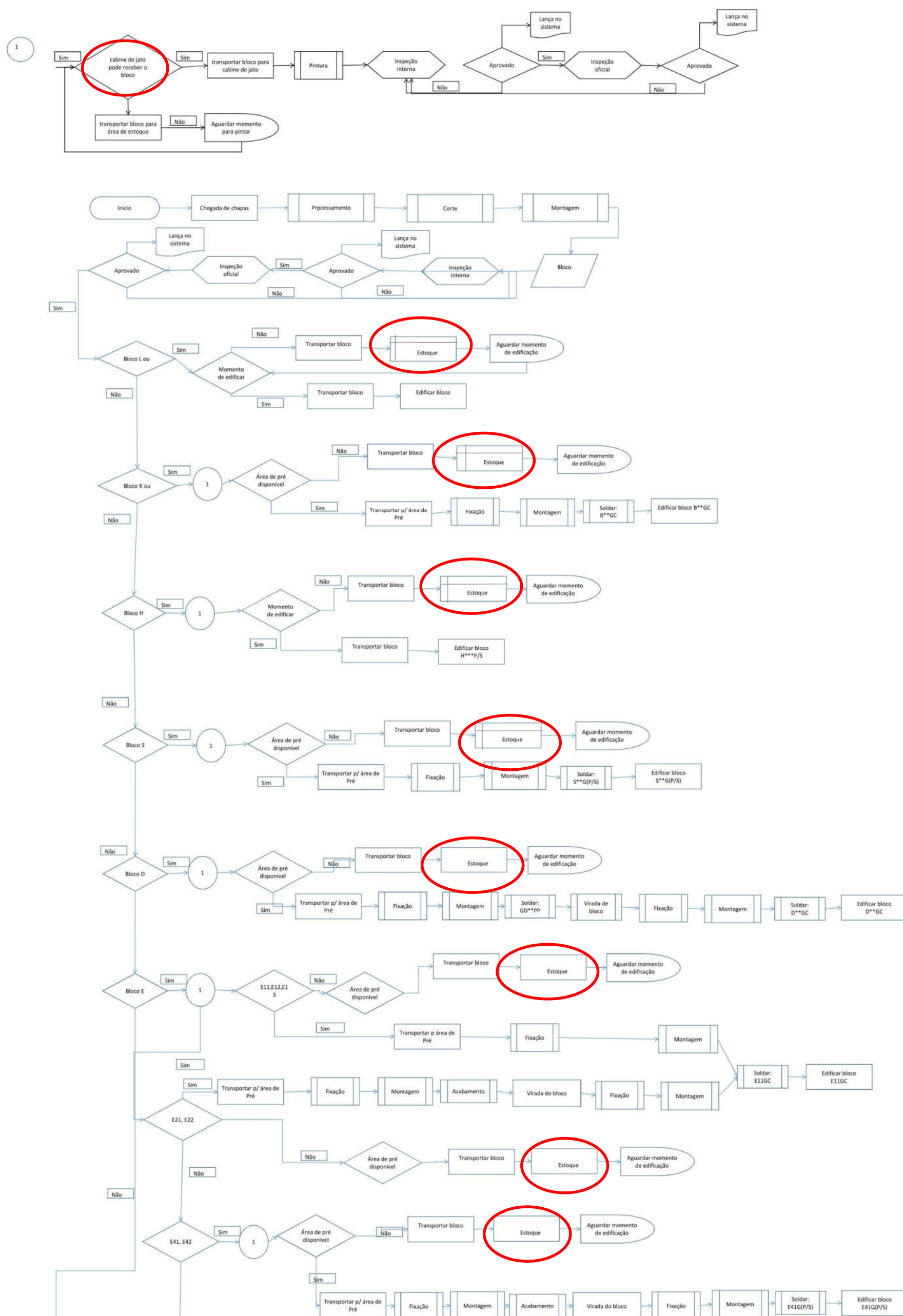
Fonte: Autor

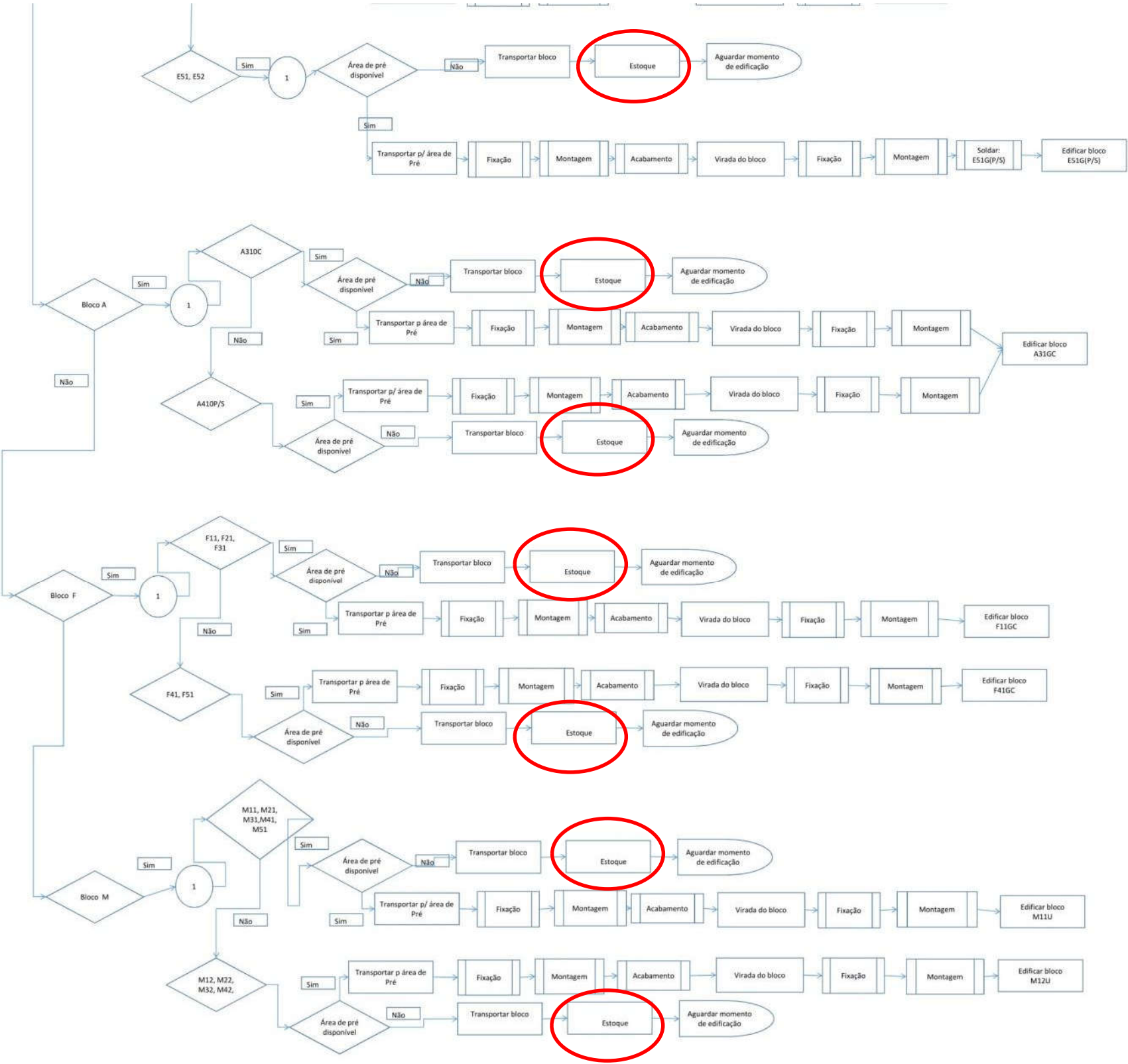
Os números na figura 22 representam:

- 1: Máquina de jateamento (*shot blasting*) onde ocorre o tratamento da chapa antes de adentrar as oficinas.
- 2 ao 6: Oficinas de processamento, sub montagem e montagem de blocos.
- 7: Cabines de pintura.
- 8: Região do estoque intermediário.
- 9: Região de pré -edificação.
- 10: Dique seco.

A fim de demonstrar com mais clareza o caminho que os blocos percorrem até chegar ao dique, a seguir está representado um fluxograma geral de atividades, figura 23, que demonstra a sequência que cada tipo de bloco segue antes de ser edificado.

Figura 23: Fluxograma geral de atividades





Fonte: Autor

Neste fluxograma é possível observar várias menções a estoque (circulado em vermelho) e conseqüentemente os respectivos transportes desnecessários. É possível verificar também que o acabamento com o bloco “esqueleto para baixo” é feito na região de pré-edificação, e só depois deste acabamento é que se pode dar início as atividades de soldagem, ou seja, na área de pré-edificações para alguns blocos (os que só fazem emenda depois da virada do bloco) o acabamento trava a atividade de soldagem prolongando assim seu período na área de pré-edificação, uma vez que só após a virada do bloco é que se dá início a atividade de soldagem e acabamento (fase em paralelo com estrutura após a virada do bloco).

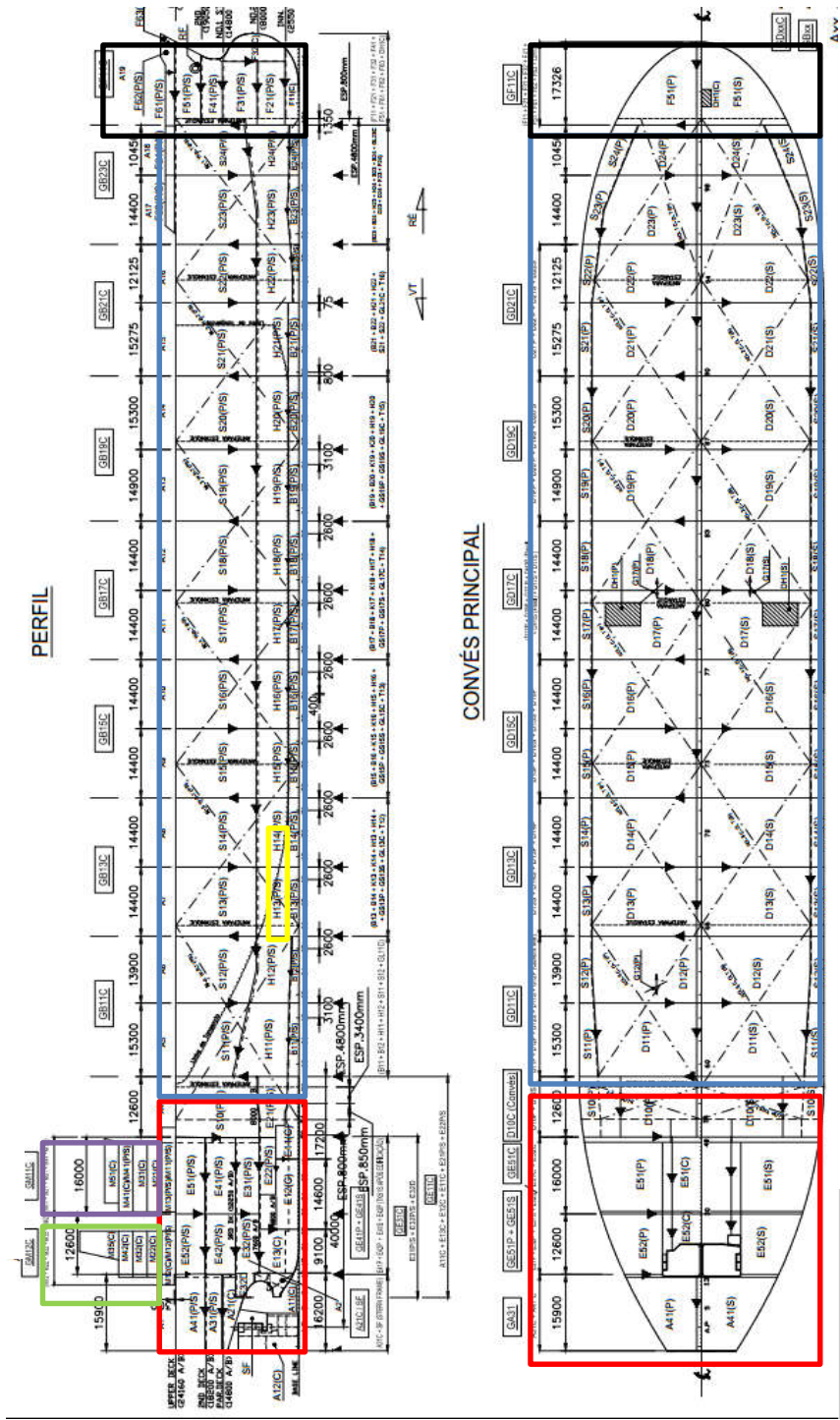
6.3.1.2 Estratégia de edificação adotada

A estratégia de edificação adotada para o navio Suezmax em estudo seguiu conforme a metodologia de ilhas. A edificação foi iniciada (também conhecido por bater quilha) por um conjunto de blocos de fundo da região do corpo paralelo. Na figura 24 pode ser vista (pintado de amarelo) a localização dos blocos que bateram quilha do navio. Tal estratégia foi assim definida devido à crença de que se edificando o navio de bloco em bloco ou por pequenos lotes de blocos a área de pré edificações ficaria livre para dar início à construção de outro navio, porém, como será apresentado ao longo deste trabalho, isto não ocorreu devido à não definição de um fluxo otimizado, e a não elaboração de um layout adequado no qual fosse possível trabalhar mais de um navio em paralelo.

Tendo em vista o sistema de edificação adotado (ilhas/camadas), este foi iniciado por uma união de seis blocos de fundo dos anéis A7 e A8; sequenciando o processo com todo o fundo da região do corpo paralelo do navio, exceto a região de praça de máquinas, casa de bombas, popa, e proa, pois essas edificações se deram de forma diferenciada como relatado no fluxo de atividades. Ainda na figura 24 (destacado em vermelho) pode ser vista a região de popa, praça de máquinas, casa de bombas e proa (destacado em preto).

A tabela 3 representa a sequência de edificação adotada no navio estudado e a partir desta sequência, nas figuras 25-33 é possível observar de forma visual a estratégia de construção.

Figura 24:Arranjo do navio Suezmax



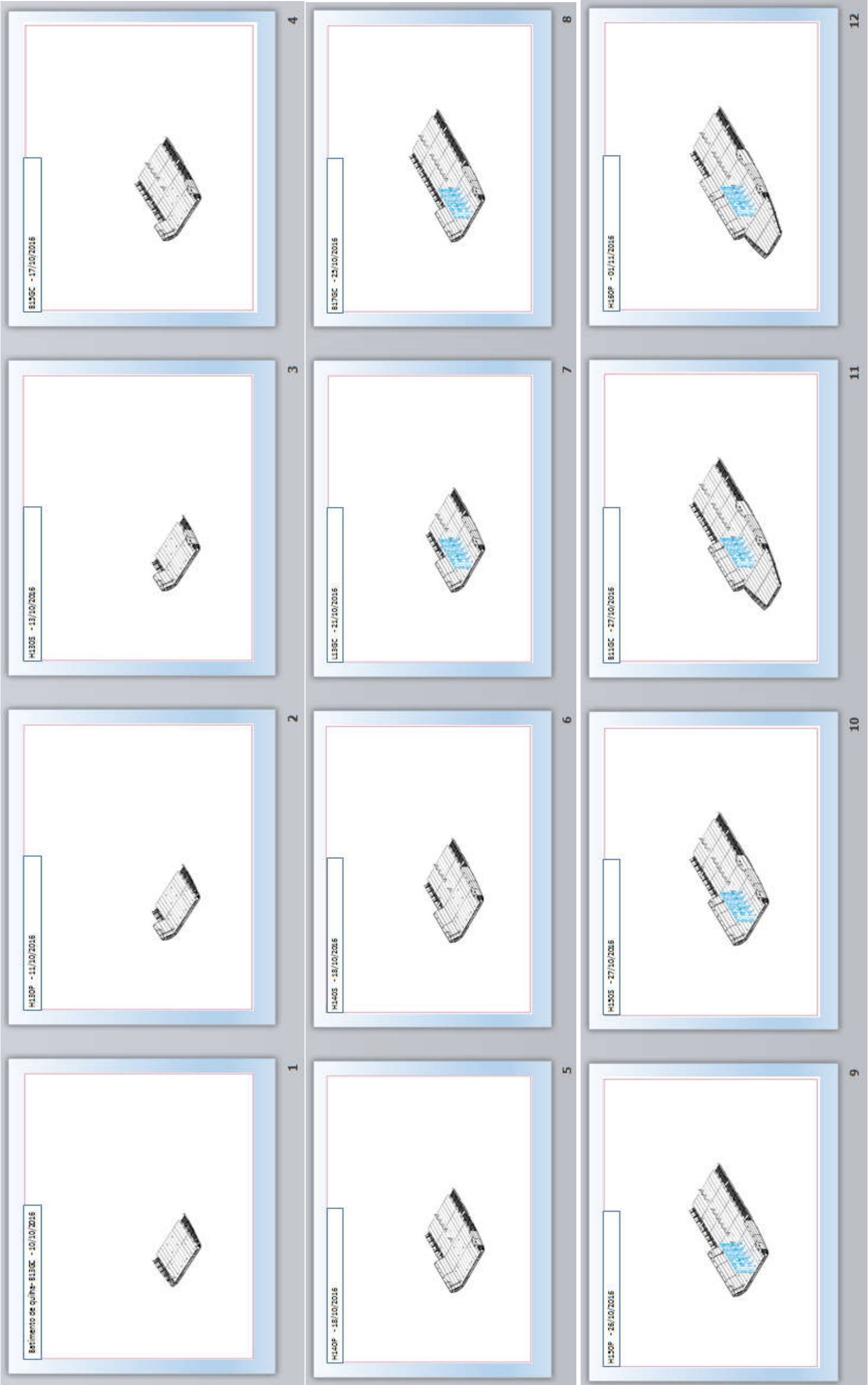
Fonte: Estaleiro

Tabela 3: Sequência de edificação

Edificações	Data de edificação	Edificações	Data de edificação	Edificações	Data de edificação
B13GC	10/10/2016	H110S	28/11/2016	S230S	13/01/2017
H130P	11/10/2016	H200S	28/11/2016	L100C	16/01/2017
H130S	13/10/2016	T140P	30/11/2016	E400C	20/01/2017
B15GC	17/10/2016	L19GC	01/12/2016	S240P	20/01/2017
H140P	18/10/2016	H210P	01/12/2016	S240S	20/01/2017
H140S	18/10/2016	T140S	01/12/2016	S100P	24/01/2017
L13GC	21/10/2016	H210S	05/12/2016	S100S	25/01/2017
B17GC	25/10/2016	L11GC	07/12/2016	D17GC	30/01/2017
H150P	26/10/2016	H220P	08/12/2016	D19GC	30/01/2017
B11GC	27/10/2016	H220S	09/12/2016	F11GC	30/01/2017
H150S	27/10/2016	T150P	12/12/2016	T110P	31/01/2017
H160P	01/11/2016	L21GC	15/12/2016	T110S	01/02/2017
H160S	01/11/2016	S15GP	15/12/2016	D11GC	10/02/2017
B19GC	03/11/2016	T150S	15/12/2016	D21GC	10/02/2017
T120P	04/11/2016	S15GS	16/12/2016	E31GC	20/02/2017
T120S	07/11/2016	H230P	16/12/2016	D23GC	21/02/2017
L15GC	08/11/2016	D13GC	21/12/2016	F230P	23/02/2017
H170P	08/11/2016	S17GP	22/12/2016	F230S	23/02/2017
H170S	09/11/2016	H230S	22/12/2016	E410P	01/03/2017
H120P	10/11/2016	S17GS	23/12/2016	F240P	02/03/2017
B21GC	11/11/2016	H240P	23/12/2016	E41GS	02/03/2017
H120S	11/11/2016	S11GP	26/12/2016	F240S	03/03/2017
H180P	16/11/2016	H240S	26/12/2016	A210C	07/03/2017
H180S	16/11/2016	S11GS	27/12/2016	E51GP	09/03/2017
B23GC	21/11/2016	T160P	28/12/2016	E51GS	10/03/2017
H190P	21/11/2016	T160S	29/12/2016	F41GC	14/03/2017
T130P	21/11/2016	S19GP	03/01/2017	A31GC	16/03/2017
L17GC	22/11/2016	S19GS	04/01/2017	D10GC	22/03/2017
H190S	22/11/2016	L230C	05/01/2017	E53GC	24/04/2017
T130S	22/11/2016	S210P	06/01/2017	A120C	25/04/2017
S13GP	23/11/2016	S210S	09/01/2017	M11U	10/05/2017
S13GS	24/11/2016	E11GC	10/01/2017	M15U	11/05/2017
H110P	25/11/2016	D15GC	12/01/2017	M130P	18/05/2017
H200P	25/11/2016	S23GP	12/01/2017	M130S	18/05/2017

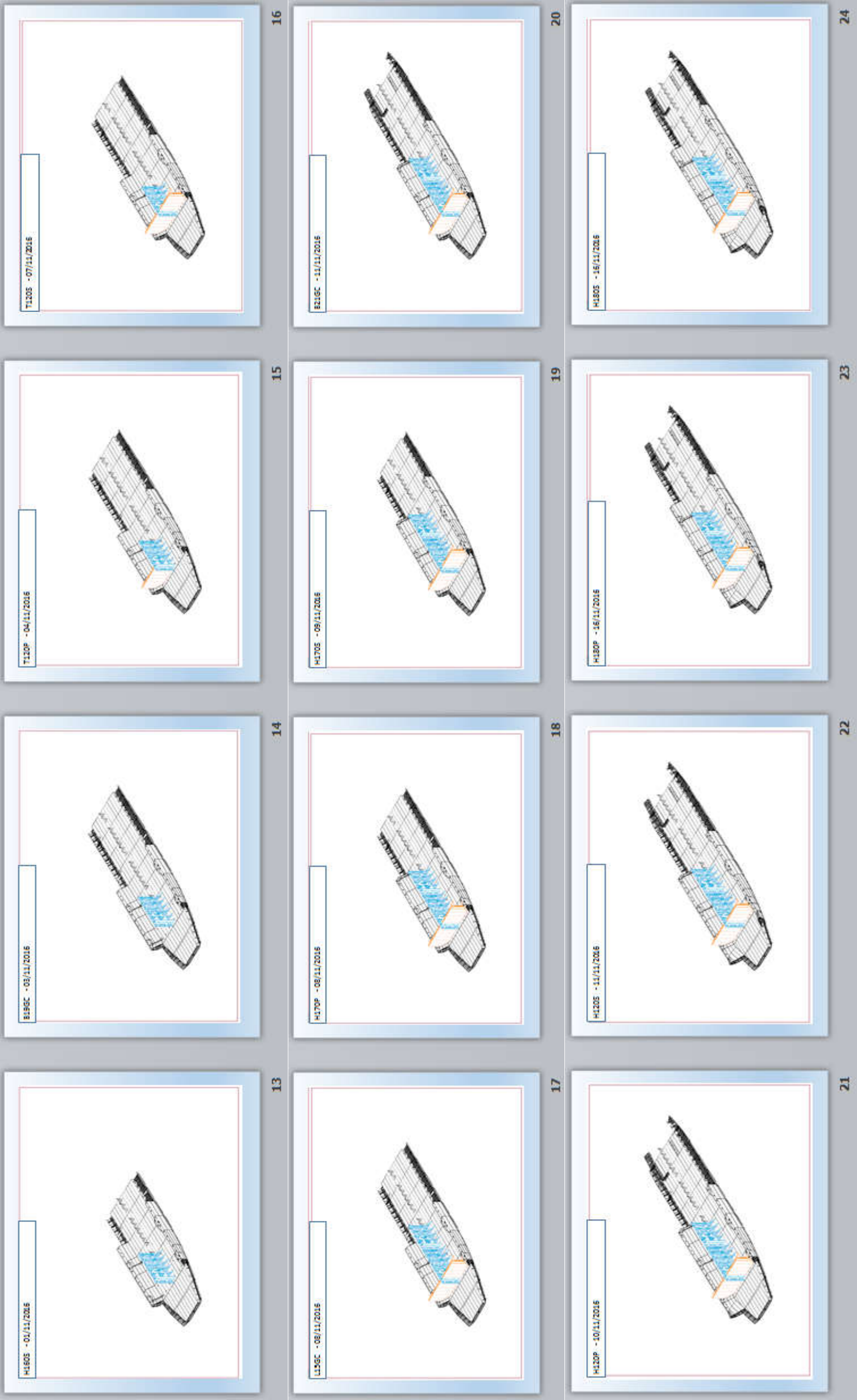
Fonte: Autor

Figura 25: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



Fonte: Autor

Figura 26: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



Fonte: Autor

Figura 27: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



Fonte: Autor

Figura 28: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo

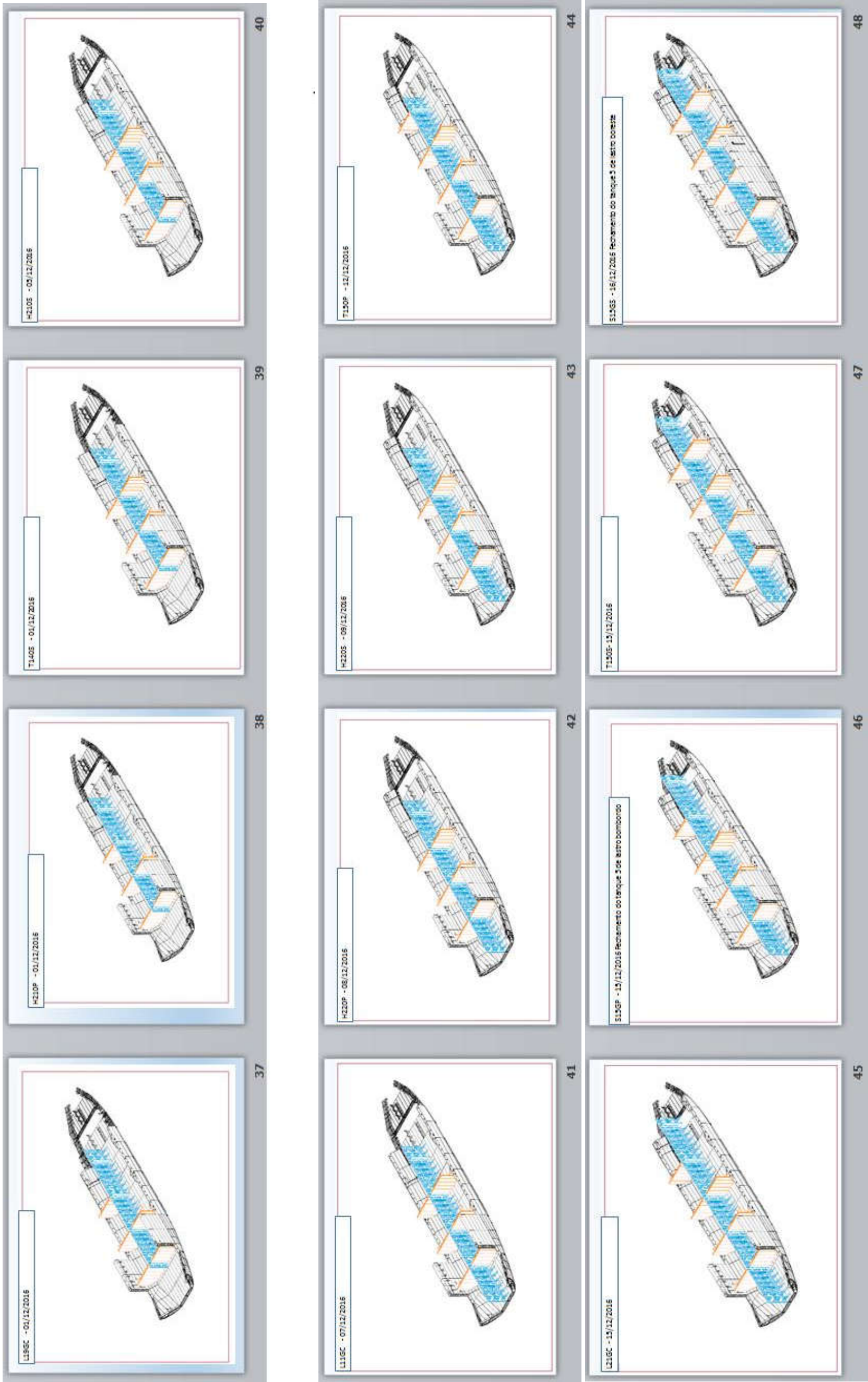


Figura 29: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo

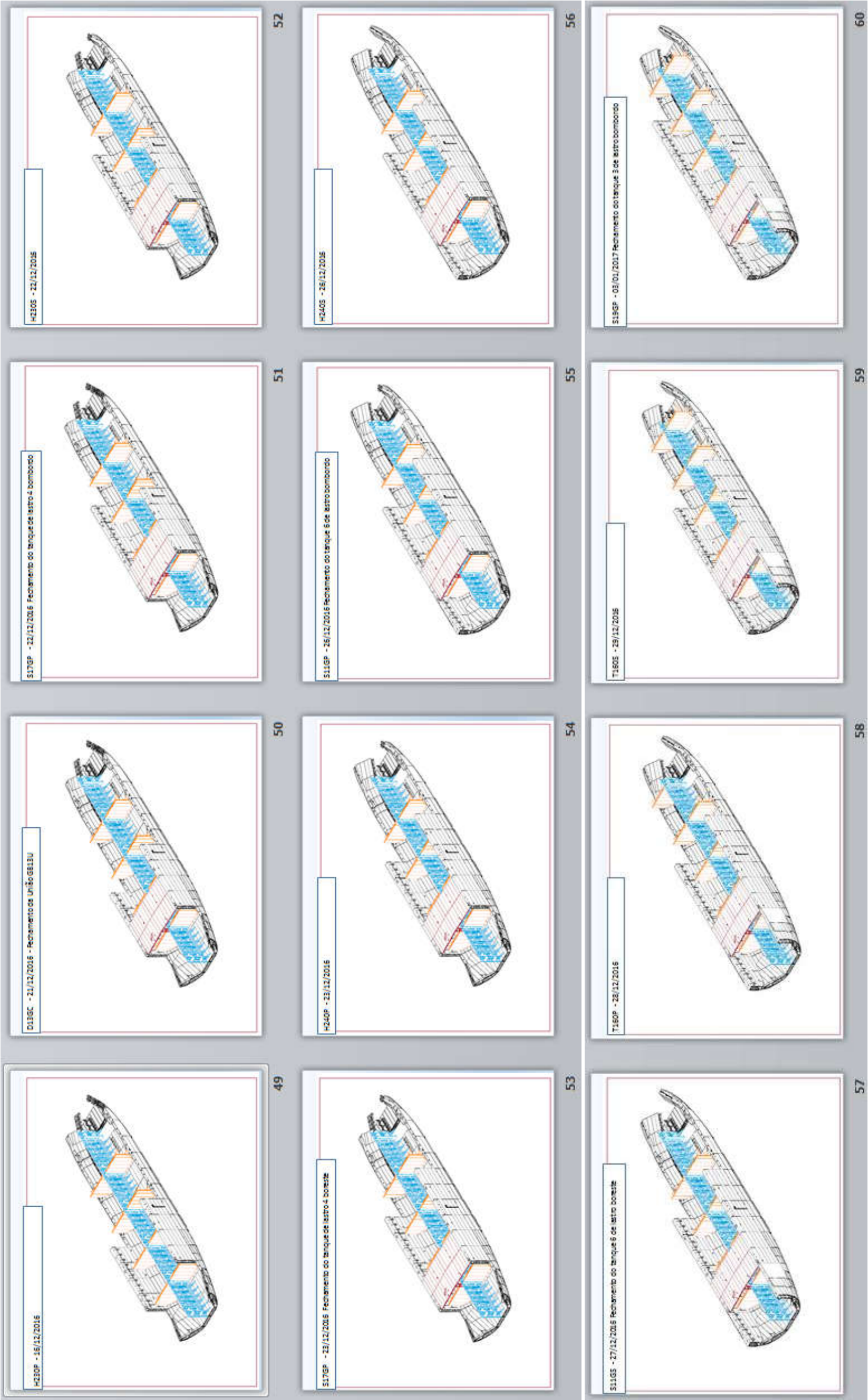
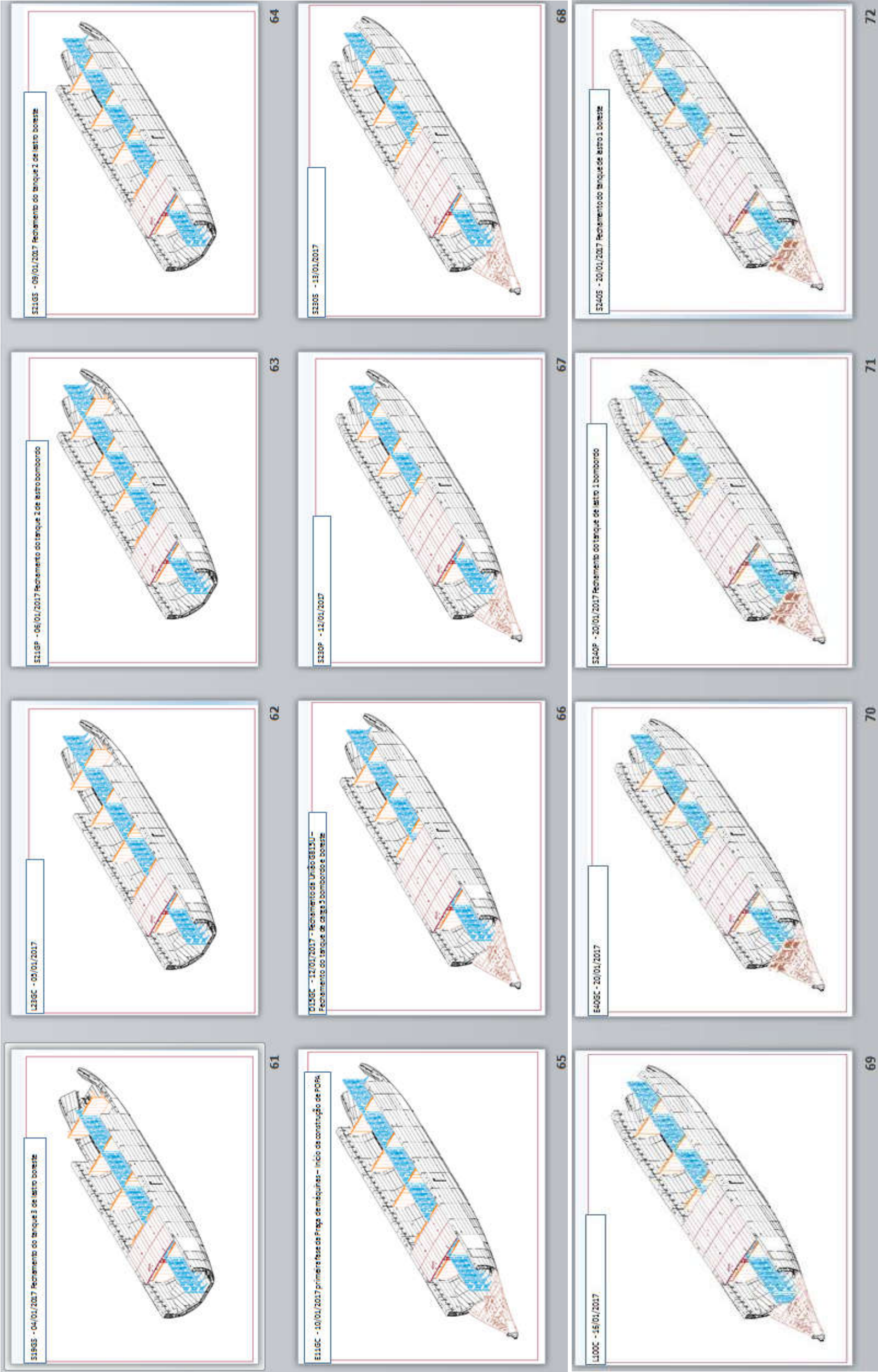
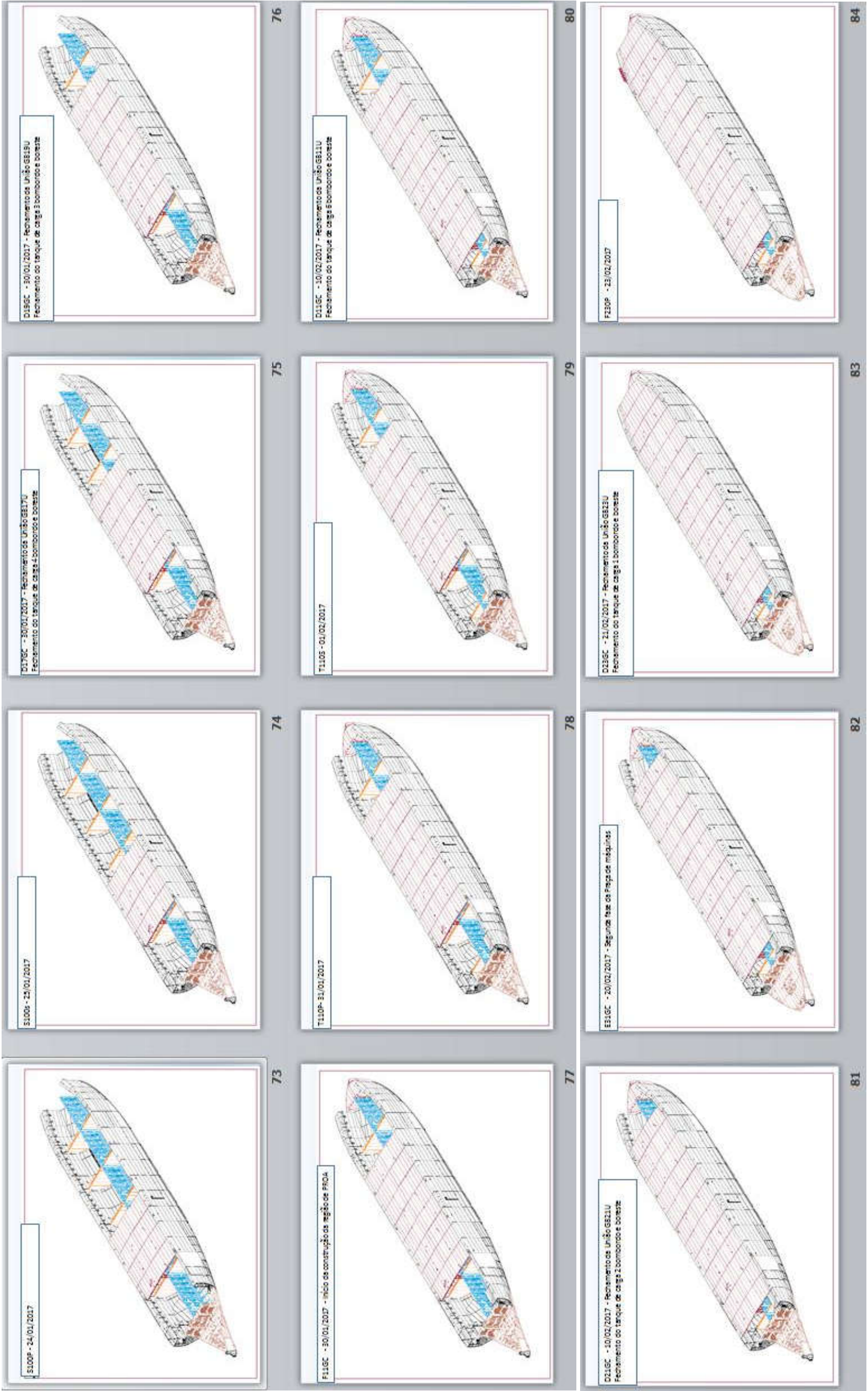


Figura 30: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



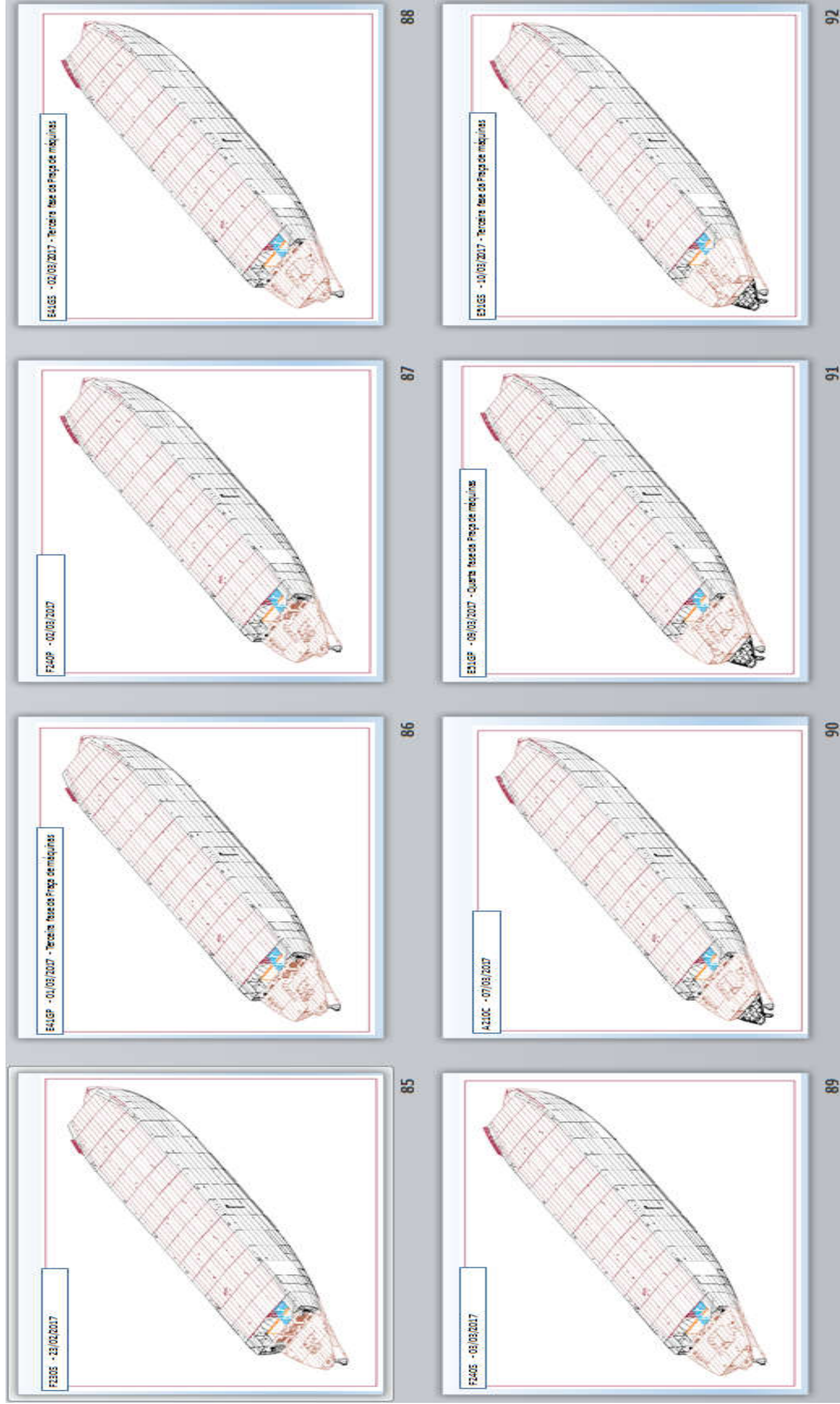
Fonte: Autor

Figura 31: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



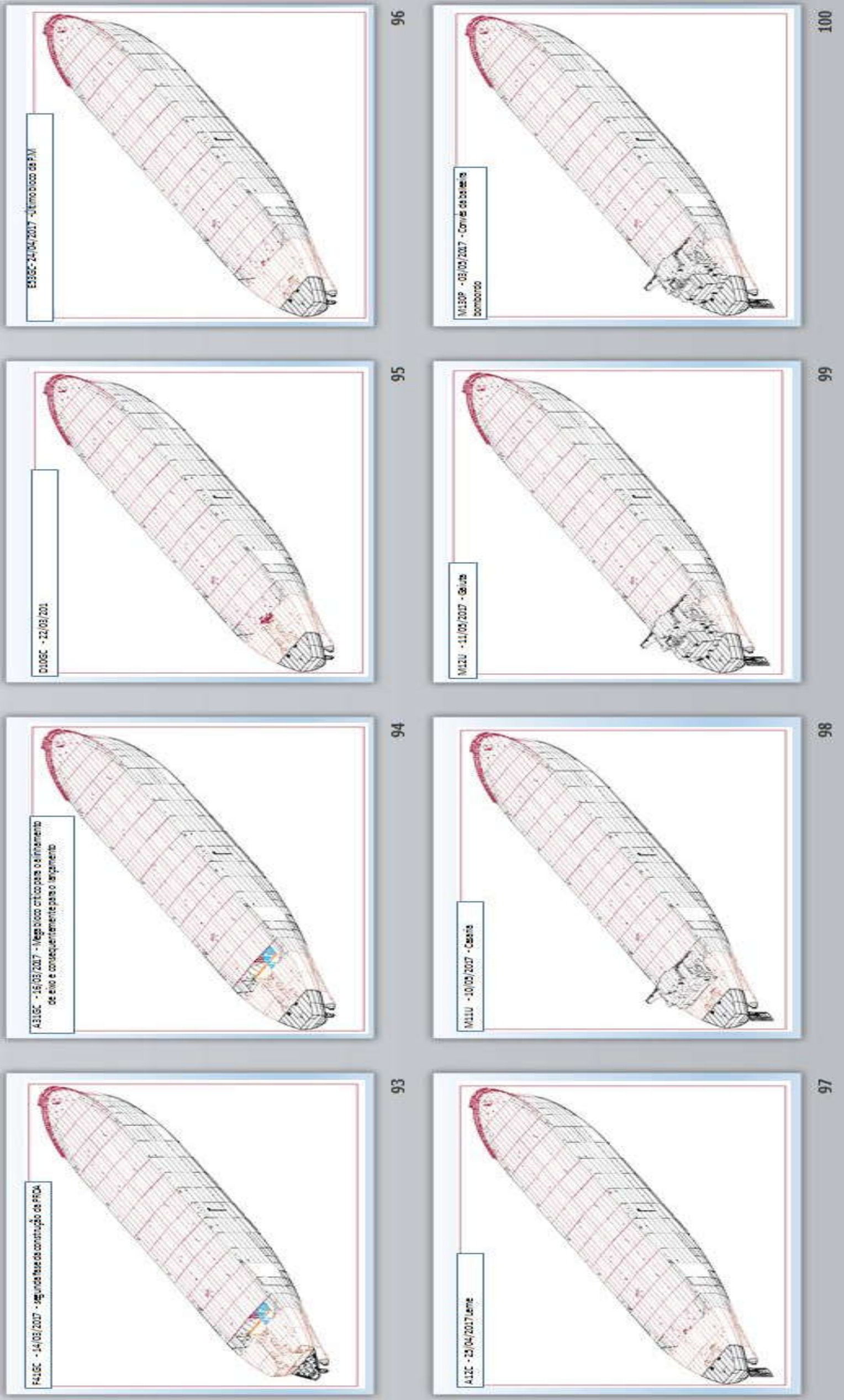
Fonte: Autor

Figura 32: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



Fonte: Autor

Figura 33: Metodologia adotada para edificação do navio em estudo



Fonte: Autor

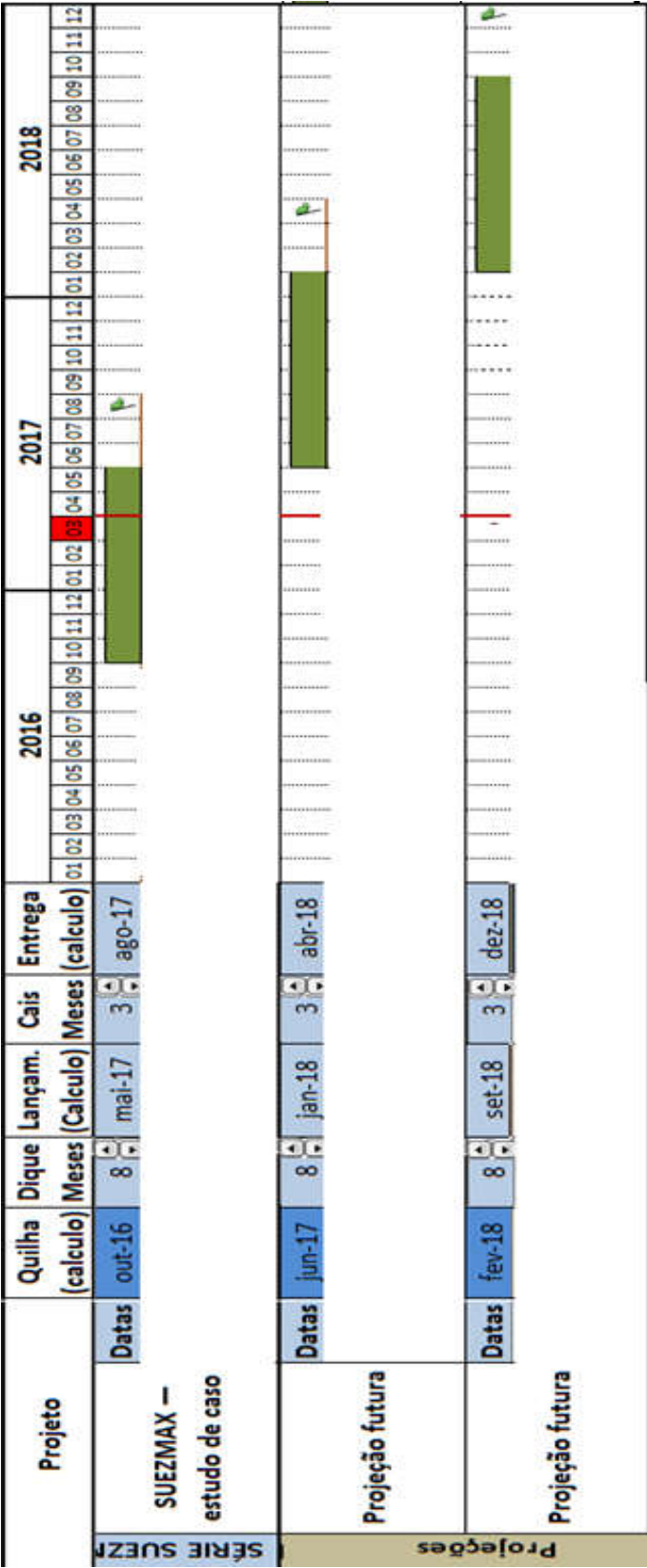
6.3.1.2.1 O cronograma de edificação

Como mencionado na seção 5.2, o cronograma de edificação é derivado do cronograma mestre da produção (documento que mostra quais itens serão produzidos, quantos e o tempo em que será produzido). Cronograma este que representa a construção de vários navios em paralelo, ou seja, possibilita enxergar interferências entre cascos. O cronograma mestre da produção, gráfico 1, fornece como entrada para o cronograma de edificação o tempo limite em que o navio poderá ficar no dique, a data do batimento de quilha, e de lançamento do navio, o tempo em que o navio ficará no cais e consequentemente a data de entrega do mesmo. Portanto, com os dados de entrada fornecidos pelo Cronograma mestre da Produção é possível elaborar o Cronograma de Edificação do navio em estudo, gráfico 2.

O cronograma mestre da produção representa cada navio em forma de um diagrama de Gantt, e mostra de forma clara as interferências entre a sequência de construção dos navios que estão e serão fabricados pelo estaleiro. O período pintado em verde representa o período em que o navio ficará no dique. Após este período, tem-se o período de cais e por fim, representado por uma bandeira, tem-se a entrega do navio.

Como discutido anteriormente, a oficina de blocos do estaleiro de referência tem capacidade de processamento e montagem de blocos de até 3 (três) navios em paralelo, mas, devido às restrições dimensionais do dique, (ou seja, devido à sua limitação geométrica) é possível trabalhar com apenas um navio Suezmax no dique, utilizando no máximo 62,25% da capacidade do dique, ou no máximo um navio e três megablocos de outro navio Suezmax no dique, utilizando-se assim 100% de sua capacidade.

Gráfico 1: Gantt --- Cronograma Mestre da produção



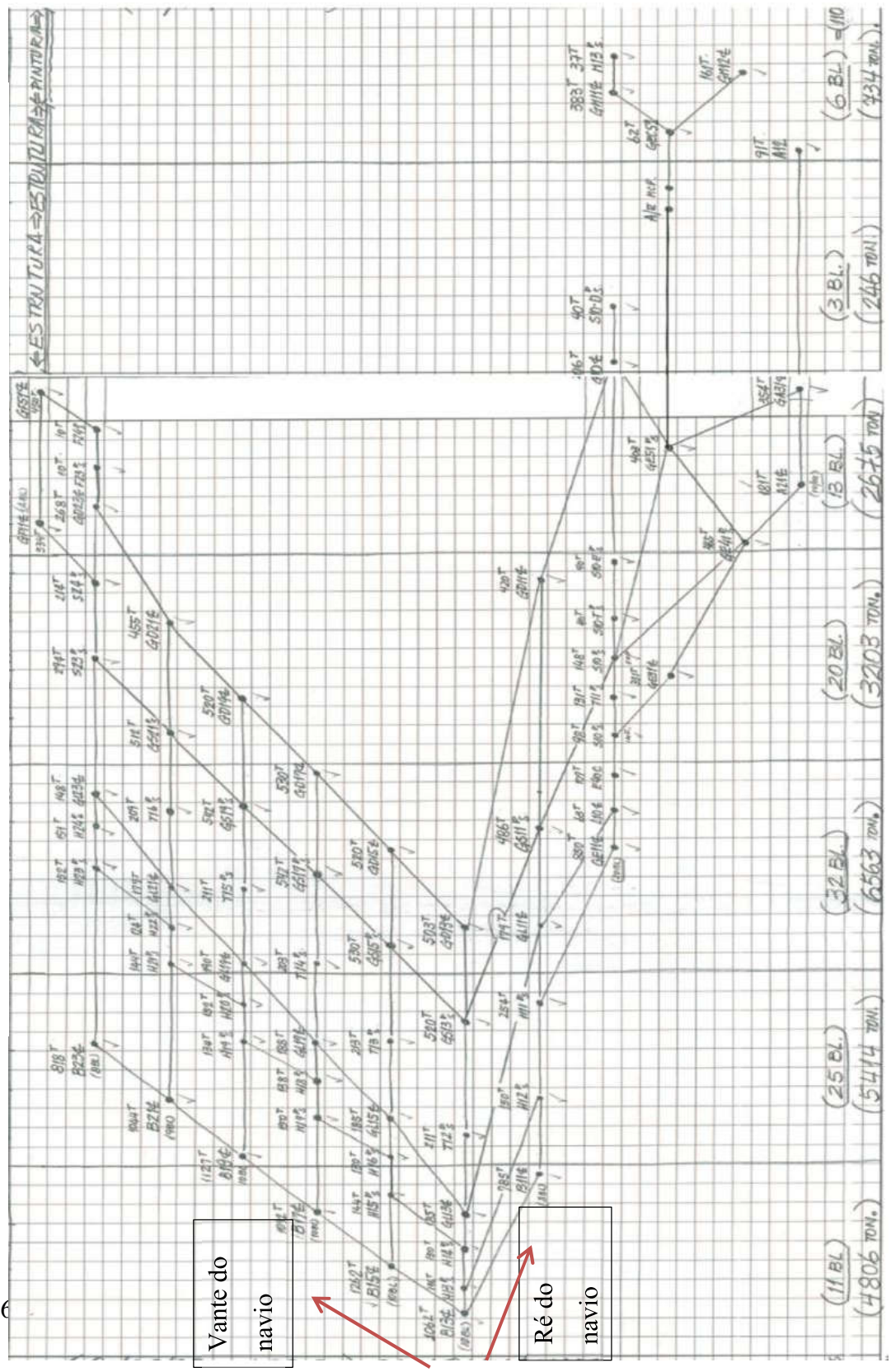
Fonte: Autor

O gráfico 2 representado em forma de rede mostra as interdependências entre a edificação de blocos. O gráfico 2 mostra de forma simples e objetiva a sequência de cada bloco a ser edificado bem como suas respectivas datas previstas para a edificação. Também se pode verificar o peso total a ser içado em cada mês.

Como mencionado na seção 5.2 essa forma de apresentação do cronograma de edificação, como um diagrama de rede, possibilita visualizar que o caminho crítico de edificação do projeto está á ré do navio, em toda região de popa.

Cada ponto marcado no gráfico 2 representa uma ação de edificação, totalizando assim 112 edificações programadas, das quais 102 edificações, ver tabela 3, utilizam pórticos com capacidade para 1500 toneladas, e somente 10 edificações utilizam pórticos com capacidade de até 50 toneladas.

Gráfico 2: Cronograma de Edificação do navio (PERT- Estudo de caso)



Fonte: Estaleiro

Como mencionado na seção 5.2 o diagrama de causa e efeito é utilizado para identificar possíveis causas de determinado efeito.

Neste estudo de caso, o tempo de construção do navio no dique seco é de importância prioritária (efeito estudado), portanto, o mesmo foi posicionado o mais à direita possível do “esqueleto” do diagrama.

Sabe-se que o atraso (de entrega) dos equipamentos é um item impeditivo para a virada e consequentemente para a edificação de alguns blocos, porém, este parâmetro não será tratado neste estudo de caso, pois não houve impacto relevante na edificação dos blocos devido ao atraso de equipamentos para o navio estudado.

Outros parâmetros importantes que impedem as edificações de blocos são as ocorrências de fortes ventos, que impactam diretamente no içamento dos blocos (por razões de segurança), e as ocorrências de fortes chuvas, que impedem o trabalho em ambientes abertos, como é o caso da área de pré-edificações e dique seco, porém, estes fatores ambientais também não ocasionaram nenhum impacto relevante para a edificação dos blocos.

O parâmetro mão de obra é sem dúvida extremamente importante, pois perguntas que podem surgir durante a edificação são:

- Aumentar o efetivo de mão de obra implica diminuir o tempo de construção?
- Quanta mão de obra será necessária?
- Quais serão os impactos financeiros da realocação de mão de obra?
- Quais consequências haverá em outras atividades do estaleiro?

Para responder estas perguntas é necessário fazer um estudo do impacto da mão de obra no processo de edificação, pois o aumento do efetivo de mão de obra não necessariamente implica na redução do tempo de construção. Por exemplo, em alguns casos de emendas de soldas mais de duas pessoas trabalhando na mesma junta soldada poderia ocasionar acidentes. Além disso, aumentar o efetivo de mão de obra de forma indiscriminada promove um aumento do custo de construção do navio, que não é um propósito do estudo.

Tratando-se de edificações, é inerente ao processo estudar a utilização dos recursos de içamento de cargas como os pórticos, que içam os blocos para edificá-los no dique, e consequentemente estudar a utilização das carretas hidráulicas, que transportam os blocos para área de pré-edificações.

Para este estudo a estratégia adotada é representada pelo método no diagrama de Ishikawa. A estratégia ou o método é sem dúvida um dos fatores mais relevantes para o tempo de construção e, portanto, a mesma também será analisada.

Logo, foram analisados tanto as máquinas como o método, a saber:

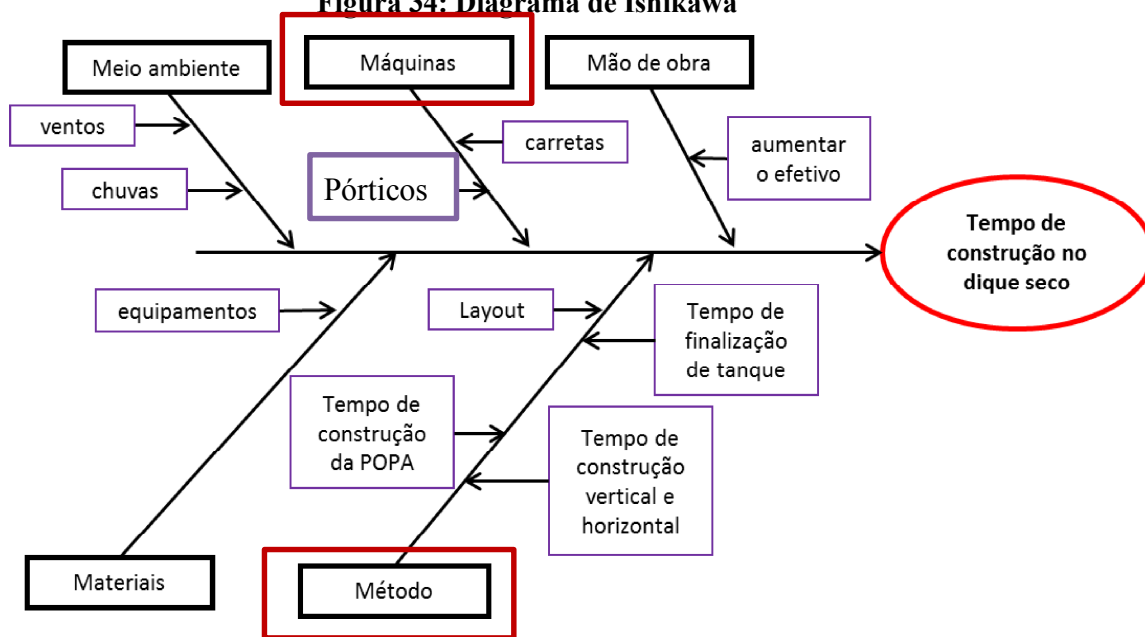
Máquinas:

- A utilização dos recursos Pórticos e consequentemente o peso dos blocos a serem edificados.
- A utilização das carretas hidráulicas, devido ao grande número de atividade de transportes identificados, ver figura 23.

Estratégia:

- Tempo de completção dos tanques de carga e lastro (item crítico para lançamento) o que implica no tempo de ocupação no cais, pois não é objetivo do trabalho reduzir o tempo de duração do dique empurrando atividades para o cais.
- Tempo de construção vertical e horizontal do navio.
- Caminho crítico da construção.
- Layout com a disponibilidade da área de pré-edificações e edificação para um novo projeto.

Figura 34: Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor

Salienta-se que as quantidades de mão de obra (HH) utilizadas no estudo de caso, bem como a metragem de soldagem a ser considerada, serão as mesmas utilizadas na proposta de otimização que é objeto deste trabalho.

6.3.3 Análise dos parâmetros

6.3.3.1 Máquinas: Pórticos

Como mencionado na seção 6.1, o estaleiro conta com dois pórticos no dique seco, cada um com capacidade de carga a ser içada de 1500 toneladas, podendo trabalhar juntos com uma capacidade de carga máxima de 2800 toneladas.

Através das datas de edificação advindas da tabela 3 somada ao peso dos blocos edificados, tabela 4, foi gerada uma curva de peso, gráfico 2, demonstrando os pesos edificados em relação ao tempo.

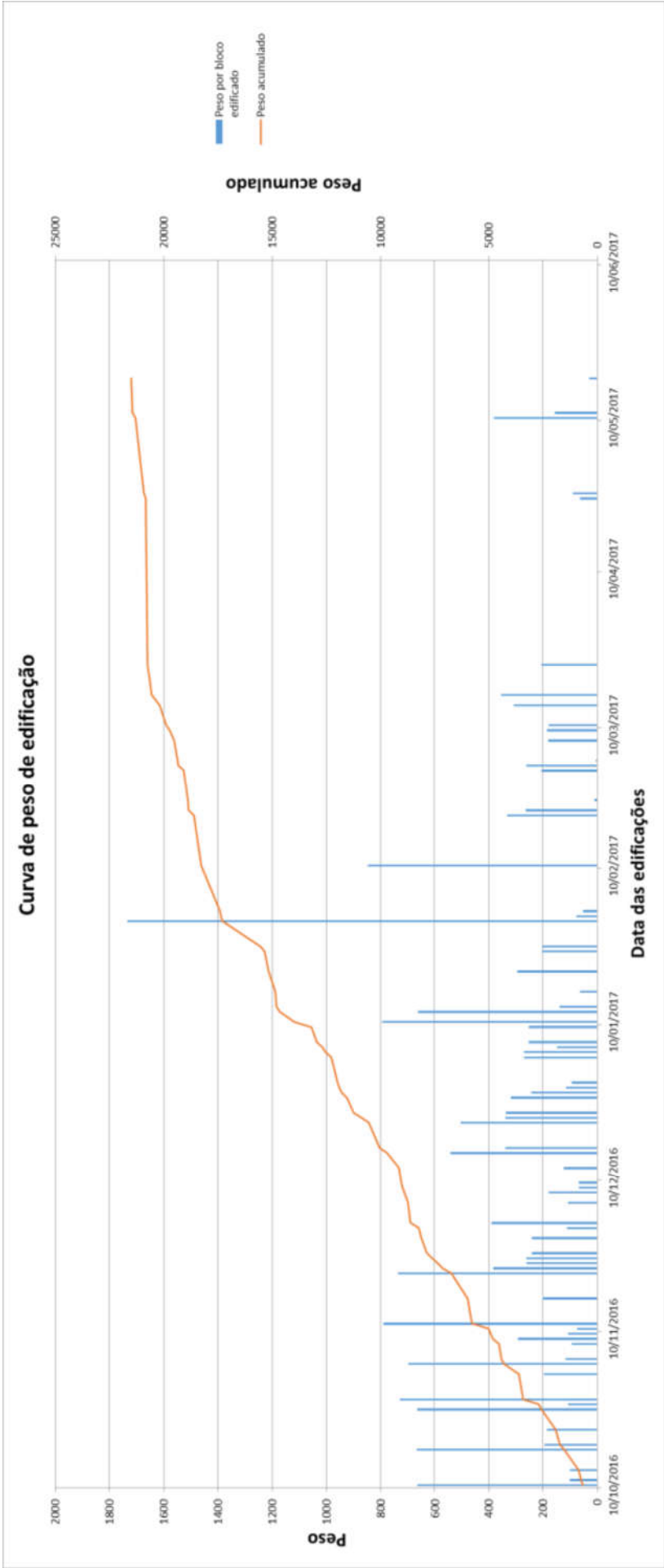
Os Pórticos são utilizados para edificações, e também para ações de viradas de bloco na área de pré-edificação. Logo, é importante observar o gráfico de utilização dos

Pórticos por projeto, gráfico 4. Este gráfico representa as movimentações relacionadas à edificação (movimentações para o dique), pré-edificações e viradas de blocos.

Nos gráficos 3 e 4, pode-se perceber que só houve um dia em que foi necessária a utilização dos dois pórticos para uma mesma edificação. Além disso, há diversas lacunas entre as edificações, bem como o desnivelamento das mesmas em relação ao peso edificado.

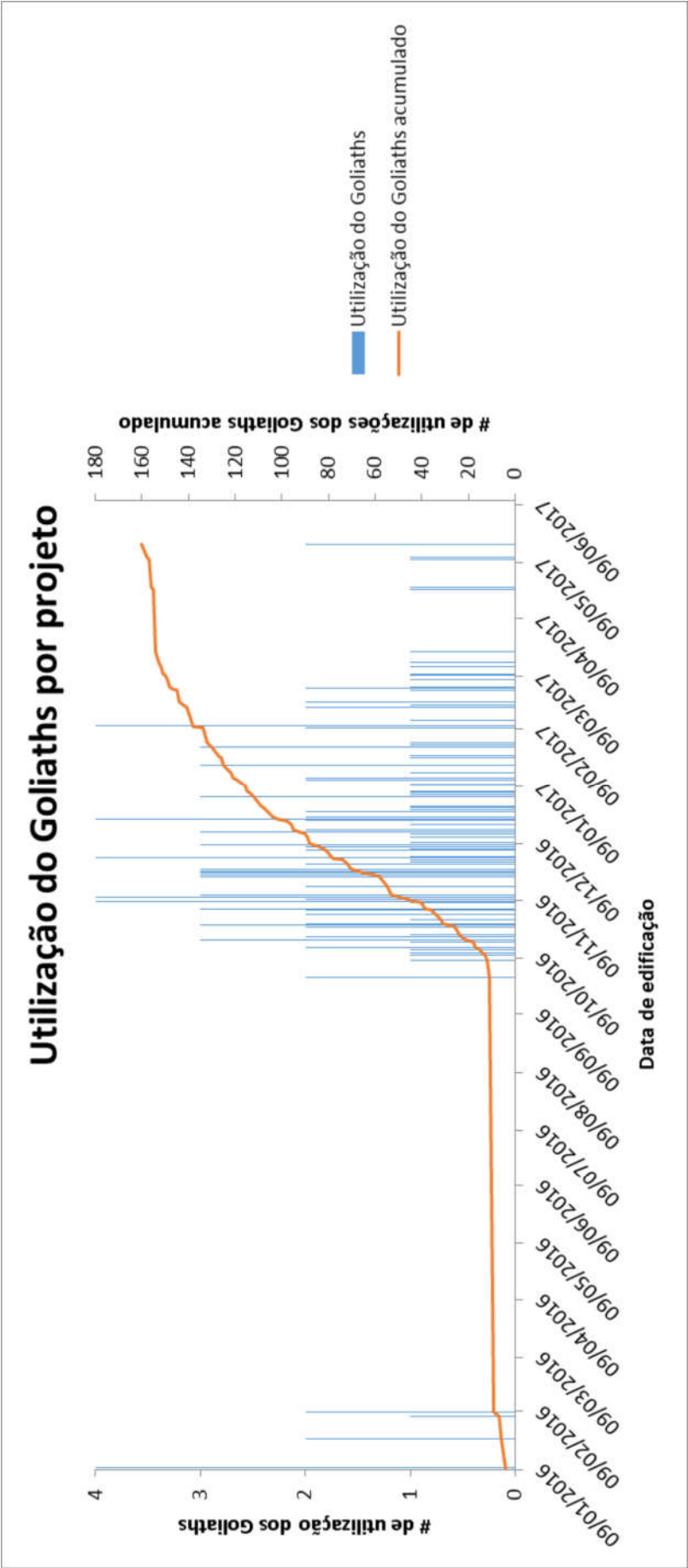
Portanto, podemos concluir que além do desnivelamento de edificações não houve valorização da capacidade do recurso de carga.

Gráfico 3: Curva de peso por bloco edificado (Estudo de caso)



Fonte: Autor

Gráfico 4: Utilização do recurso Pórticos (Estudo de caso)



Fonte: Autor

Tabela 4: Bloco-data de edificação- peso edificado

Edificações	Data de edificação	Soma de peso por bloco	Edificações	Data de edificação	Soma de peso por bloco	Edificações	Data de edificação	Soma de peso por bloco
B13GC	10/10/2016	664,858	H110S	28/11/2016	127,596	S230S	13/01/2017	140,162
H130P	11/10/2016	102,202	H200S	28/11/2016	114,367	L100C	16/01/2017	63,157
H130S	13/10/2016	102,202	T140P	30/11/2016	113,25	E400C	20/01/2017	86,338
B15GC	17/10/2016	666,23	L19GC	01/12/2016	190,441	S240P	20/01/2017	104,02
H140P	18/10/2016	97,461	H210P	01/12/2016	108,977	S240S	20/01/2017	104,02
H140S	18/10/2016	97,461	T140S	01/12/2016	91,828	S100P	24/01/2017	203,815
L13GC	21/10/2016	185,804	H210S	05/12/2016	108,977	S100S	25/01/2017	203,815
B17GC	25/10/2016	664,302	L11GC	07/12/2016	179,35	D17GC	30/01/2017	529,879
H150P	26/10/2016	107,879	H220P	08/12/2016	67,5	D19GC	30/01/2017	521,569
B11GC	27/10/2016	621,326	H220S	09/12/2016	67,5	F11GC	30/01/2017	683,768
H150S	27/10/2016	107,879	T150P	12/12/2016	122,992	T110P	31/01/2017	77,592
H160P	01/11/2016	98,809	L21GC	15/12/2016	178,999	T110S	01/02/2017	53,355
H160S	01/11/2016	98,809	S15GP	15/12/2016	262,605	D11GC	10/02/2017	420,319
B19GC	03/11/2016	697,268	T150S	15/12/2016	99,949	D21GC	10/02/2017	426,64
T120P	04/11/2016	117,291	S15GS	16/12/2016	262,605	E31GC	20/02/2017	332,024
T120S	07/11/2016	93,692	H230P	16/12/2016	76,85	D23GC	21/02/2017	263,918
L15GC	08/11/2016	186,146	D13GC	21/12/2016	503,533	F230P	23/02/2017	4,803
H170P	08/11/2016	106,987	S17GP	22/12/2016	261,604	F230S	23/02/2017	4,803
H170S	09/11/2016	106,987	H230S	22/12/2016	76,85	E410P	01/03/2017	205,508
H120P	10/11/2016	75,485	S17GS	23/12/2016	261,604	F240P	02/03/2017	4,9
B21GC	11/11/2016	714,011	H240P	23/12/2016	75,698	E41GS	02/03/2017	256,3
H120S	11/11/2016	75,485	S11GP	26/12/2016	243,731	F240S	03/03/2017	4,9
H180P	16/11/2016	100,82	H240S	26/12/2016	75,698	A210C	07/03/2017	182,216
H180S	16/11/2016	100,82	S11GS	27/12/2016	243,731	E51GP	09/03/2017	186,919
B23GC	21/11/2016	516,931	T160P	28/12/2016	114,573	E51GS	10/03/2017	179,463
H190P	21/11/2016	101,261	T160S	29/12/2016	95,228	F41GC	14/03/2017	308,126
T130P	21/11/2016	117,861	S19GP	03/01/2017	270,723	A31GC	16/03/2017	354,7
L17GC	22/11/2016	188,888	S19GS	04/01/2017	270,723	D10GC	22/03/2017	205,823
H190S	22/11/2016	101,261	L230C	05/01/2017	147,972	E53GC	24/04/2017	62,567
T130S	22/11/2016	92,973	S210P	06/01/2017	253,423	A120C	25/04/2017	91,266
S13GP	23/11/2016	260,504	S210S	09/01/2017	253,423	M11U	10/05/2017	382,861
S13GS	24/11/2016	260,504	E11GC	10/01/2017	794,43	M15U	11/05/2017	156,992
H110P	25/11/2016	127,596	D15GC	12/01/2017	521,116	M130P	18/05/2017	14,845
H200P	25/11/2016	114,367	S23GP	12/01/2017	140,162	M130S	18/05/2017	14,861

Fonte: Autor

6.3.3.2 Máquinas: Carretas hidráulicas

O estaleiro de referência também conta com 4 carretas hidráulicas com capacidade de 320 toneladas cada, podendo ser acopladas para operarem em conjunto de até 6 unidades.

Como pode ser visto no fluxograma geral, figura 23, há inúmeros transportes de blocos identificados na análise, sejam eles para uma fase de pré-montagem, para estoque ou diretamente para área de pré-edificação, na qual irão serão pré-edificados. Portanto, a utilização desses recursos, quando considerado o transporte para região de estoque, também foi tomada como parâmetro observado.

Sendo assim, considerando o fluxograma de atividades, pode-se dizer que, para cada tipo de bloco há um número determinado de movimentações com carretas, como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5: número de movimentações com carretas para cada tipo de bloco

Tipos de blocos	Movimentações com carreta hidráulica	Total
A	4	20
B	4	112
D	4	112
E	4	68
F	4	24
H	4	112
L	2	28
M	2	34
S	4	112
T	2	24
Total		> 646

Fonte: Autor

Destaca-se que a soma da coluna “total” representa o número mínimo de movimentações com carretas hidráulicas para o projeto, pois devido ao grande número e ao não controle de estoque de blocos. Quando se precisa de um bloco, é comum ter que fazer mais de uma movimentação a fim de “pegar” este bloco (acontece de ter um ou mais blocos impedindo a passagem do bloco requerido); este processo é chamado pelos

funcionários do estaleiro como “catação de blocos” e por isso o número total de movimentações ultrapassa 646.

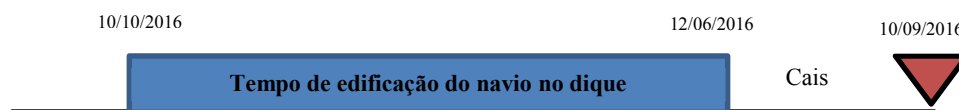
6.3.3.3 Estratégia: Tanques de carga e lastro

Através da tabela 3 é possível extrair a data de batimento de quilha do navio em estudo (10/10/2016), bem como a data de última edificação (18/05/2017). Duas das premissas adotadas pelo estaleiro são:

- Não levar atividades de soldagem para o cais, ou seja, finalizar toda completção estrutural ainda no dique seco e para isso após a última edificação são necessários no mínimo 15 dias de trabalho para finalizar todas as emendas da superestrutura (GM11C), bem como da gaiuta (GM12C).
- Hidrojatear (1/3 da duração total da pintura) todos os tanques de carga e lastro; os tanques 2 BB e BE de carga e lastro devem ser totalmente finalizados (hidrojateados e pintados) pois estes são lastreados para que o navio seja lançado.

Através do gráfico 1 – cronograma mestre –, sabemos que o lançamento do navio em estudo foi realizado no mês de junho, (12/06/17), e para representar isto visualmente temos:

Figura 35: Representação do tempo de dique e cais



Fonte: Autor

A figura 35 representa uma ideia geral da edificação e permanência do navio no dique seco (batimento de quilha até o lançamento) além de mostrar o período de cais e a data de entrega.

Levando em conta que o navio passou oito meses no dique, é muito importante ressaltar o tempo de completação e comissionamento que o navio necessitou após ir para o cais de acabamento, sendo este em média três meses.

Com relação a tanques, o navio conta com 12 tanques de carga, 12 tanques de lastro, 2 tanques *sloop*, 1 tanque de colisão de vante, 1 tanque de colisão de ré e os demais tanques como os de praça de máquinas, de óleo combustível, de óleo lubrificante, de óleo hidráulico, de água potável, e tanques não estruturais.

Como já mencionado, um dos critérios para lançamento é a pintura dos tanques de carga e lastro, porém, como requisito imprescindível, o tanque que precisa estar totalmente finalizado (hidrojateado e pintado) é o tanque 2 pois este é usado para ser lastreado; com relação aos demais tanques de carga e lastro, estes devem estar no mínimo hidrojateados a fim de evitar retrabalho no cais de acabamento.

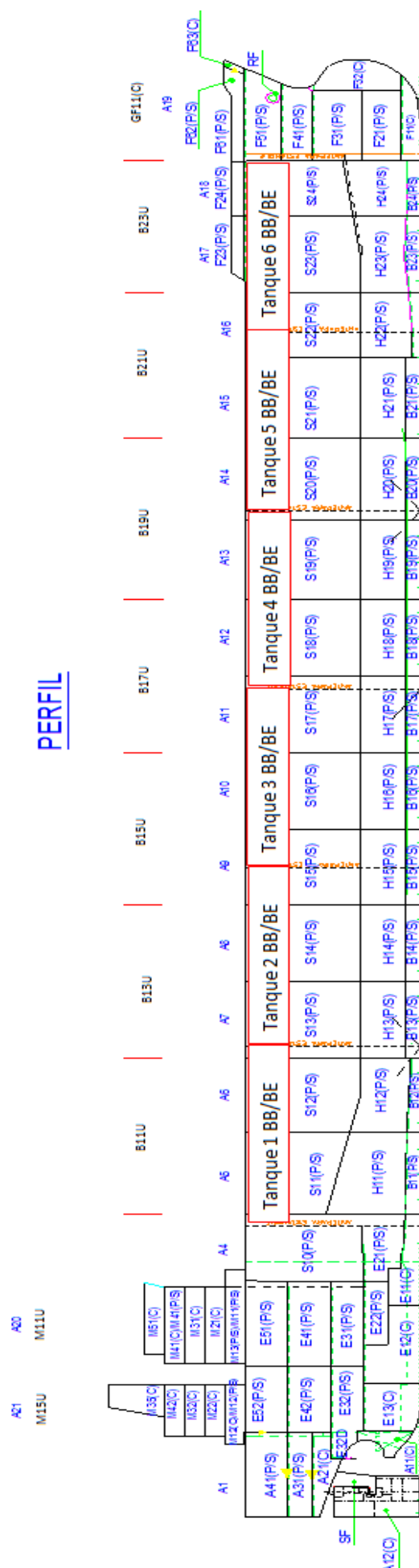
Os demais tanques não são critérios para lançamento por serem menores e por não passarem pelos mesmos processos de finalização que os de lastro e carga (hidrojateamento e pintura).

Os requisitos predecessores para a finalização de um tanque são: montagem de todos os itens de queima pertencente ao tanque e finalização das emendas de soldagem com sua respectiva aprovação estrutural.

Neste estudo de caso, considera-se que todos os itens de acabamento são montados no mesmo período em que a estrutura finaliza as emendas. Desta forma, pode-se dizer que os tempos de acabamento acompanham os tempos de edificação das estruturas, ou seja, enquanto são realizadas as soldagens dos blocos que fecham o tanque, os itens de acabamento restantes (que não foram montados nas fases anteriores), ou itens de conexões entre megabloques estão sendo montados em paralelo. Assim, podemos inferir que na medida em que a equipe de estrutura finaliza as emendas de soldagem, e a equipe de qualidade inspeciona e aprova tais emendas, já pode ser iniciado o trabalho da equipe de pintura (hidrojato e pintura), sem impacto para o cronograma geral de edificação.

A figura 36 representa as seções do navio nas quais são formados os tanques. Os tracejados em cor vermelha representam os limites do tanque, mostrando assim que para cada numeração de tanque, a exemplo o tanque 6, (bombordo e boreste, carga e lastro) são necessários dois megabloques.

Figura 36: Representação esquemática de formação de tanques



Fonte: Estaleiro

Através das figuras 25-33 é possível observar que a sequência de fechamento de tanques, a saber:

1. Tanques de carga e lastro 5 bombordo e boreste;
2. Tanques de carga e lastro 4 bombordo e boreste;
3. Tanques de carga e lastro 3 bombordo e boreste;
4. Tanques de carga e lastro 6 bombordo e boreste;
5. Tanques de carga e lastro 2 bombordo e boreste;
6. Tanques de carga e lastro 1 bombordo e boreste;

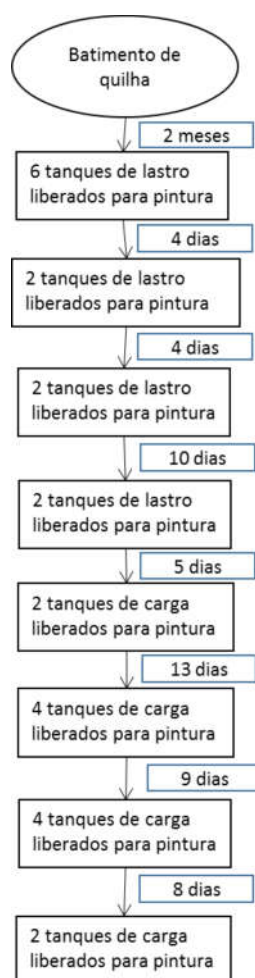
Referindo-se a fechamento de tanque, como um dos parâmetros a observar, pode-se citar o tempo que se leva mediante a estratégia adotada.

Através da figura 36 pode-se verificar que são necessários 3 anéis, ou seja, duas uniões de megablocos (B**U + B**U) para formar um tanque de carga/lastro. Os tanques de lastro são considerados fechados estruturalmente quando os megablocos S**GP (para os tanques de lastro bombordo) e S**GS (para os tanques de lastro boreste) são edificados. São necessários 40 (quarenta) dias para a conclusão das emendas de soldagem destes blocos com os demais que já estão no dique. Para os tanques de carga, estes são fechados estruturalmente quando o bloco D**GC é edificado (tanto o tanque de carga bombordo quanto o boreste, pois o D**GC é um bloco central). São necessários 55 (cinquenta) dias para a conclusão das emendas de soldagem deste bloco com os demais que já estão no dique.

Para fechamento dos tanques, são necessárias as seguintes edificações:

- Tanque 6 (carga e lastro) as uniões necessárias são: B11U + B13U.
- Tanque5 (carga e lastro) as uniões necessárias são: B13U + B15U.
- Tanque4 (carga e lastro) as uniões necessárias são: B15U + B17U.
- Tanque3 (carga e lastro) as uniões necessárias são: B17U + B19U.
- Tanque2 (carga e lastro) as uniões necessárias são: B19U + B21U.
- Tanque1 (carga e lastro) as uniões necessárias são: B21U + B23U.

A ilustração a seguir demonstra em detalhes a cadência de liberação de tanques.

Figura 37: Liberação dos tanques de carga e lastro**Fonte: Autor**

A tabela 6 detalha os tanques de carga e lastro; a coluna cujo título é “megabloco” define quais são as uniões de megabloco que fecham os tanques, ver figura 36.

Em seguida, tem-se a data em que os S**GP/S e D**GC são edificados fechando assim os tanques de lastro e carga respectivamente. Como mencionado acima, após a data de edificação do bloco, são necessários 55 dias para finalizar as emendas referentes aos tanques de carga e 40 dias referentes ao tanque de lastro. Como o acabamento acompanha a estrutura diz-se que, finalizada a aprovação das emendas, o trabalho da equipe de pintura pode ser iniciado.

Os tanques de carga levam em média 30 dias para ser hidrojetados (15 dias) e pintados (15 dias). Já no que se refere aos tanques de lastro, necessita-se de 40 dias para serem hidrojetados (15 dias) e pintados (25 dias).

A tabela 6 mostra como seria a sequência de finalização de tanques se estes fossem trabalhados respeitando a sequência de edificação de blocos.

Tabela 6: Datas planejadas para fechamento estrutural dos tanques de carga e lastro

Tanques		Edificação do último MB		Carga	Carga	Pintura início		Lastro	Lastro	Pintura fim	
Fechamento de tanque	Giga blocos	Lastro	Carga	Emendas	Pintura	Lastro	Carga	emendas	pintura	Lastro	Carga
Tanque 5	GB13U + GB15U	16/12/2016	12/01/2017	55	30	01/03/2017	06/04/2017	40	40	04/05/2017	24/05/2017
Tanque 4	GB15U + GB17U	23/12/2016	30/01/2017	55	30	01/03/2017	26/04/2017	40	40	04/05/2017	12/06/2017
Tanque 3	GB17U + GB19U	04/01/2017	30/01/2017	55	30	06/03/2017	26/04/2017	40	40	09/05/2017	12/06/2017
Tanque 6	GB11U + GB13U	27/12/2016	10/02/2017	55	30	01/03/2017	10/05/2017	40	40	04/05/2017	22/06/2017
Tanque 2	GB19U + GB21U	09/01/2017	10/02/2017	55	30	09/03/2017	10/05/2017	40	40	12/05/2017	22/06/2017
Tanque 1	GB21U + GB23U	20/01/2017	21/02/2017	55	30	22/03/2017	19/05/2017	40	40	25/05/2017	05/07/2017

Fonte: Autor

Como mencionado anteriormente, a pintura do tanque 2 carga e lastro BB/BE é critério para lançamento (12/06/2017) e na tabela 6 podemos perceber que este critério não seria atingido.

A estratégia adotada pelo estaleiro para o navio em estudo garantiria durante os oito meses de permanência no dique seco, a finalização de cinco tanques de lastro e três tanques de carga, conforme pode ser observado na tabela 6 acima, porém, os tanques de carga e lastro 2 bombordo e boreste não teriam tempo de ser pintados, o que impede o lançamento do navio, pois o mesmo é lançado com o tanque 2 lastreado.

Tendo em vista que o critério de lançamento não seria cumprido, algumas mudanças na equipe de estrutura tiveram que ser feitas e isto gerou consequências indesejadas, como por exemplo, “empurrar” atividades de pintura de tanque para o cais de acabamento.

O plano de recuperação utilizado para não atrasar o lançamento para 25/06/2017 (finalização dos tanques 2 em 22/06) foi não finalizar os tanques conforme a sequência de edificação, ou seja, à medida em que os blocos fossem edificados, o efetivo fosse deslocado para o tanque crítico (2), logo, as emendas eram iniciadas mas não eram finalizadas, pois como prioridade tinha-se as emendas do tanque 2. Como o primeiro tanque a ser fechado estruturalmente foi o tanque 5, este foi o primeiro a ser finalizado, no que se refere a estrutura, acabamento (acompanha a estrutura) e pintura. O tanque 2 foi o próximo a ser trabalhado, desta forma a maior parte de efetivo da estrutura foi

deslocada para o tanque 2 enquanto outra parte trabalharia em todos os tanques em paralelo.

A tabela 7 mostra as modificações realizadas para manter o lançamento em 12/06/2017.

Tabela 7: Datas realizadas (fechamento estrutural de tanques de carga e lastro)

Tanques		Edificação do último MB		Carga		Pintura início		Lastro		Pintura fim	
Fechamento de tanque	Giga blocos	Lastro	Carga	Emendas	Pintura	Lastro	Carga	emendas	Pintura	Lastro	Carga
Tanque 5	GB13U + GB15U	16/12/2016	12/01/2017	40	30	01/03/2017	28/03/2017	51	40	04/05/2017	17/05/2017
Tanque 4	GB15U + GB17U	23/12/2016	30/01/2017	80	30	04/05/2017	05/06/2017	81	40	04/07/2017	19/07/2017
Tanque 3	GB17U + GB19U	04/01/2017	30/01/2017	41	30	06/03/2017	12/06/2017	86	40	09/05/2017	26/07/2017
Tanque 6	GB11U + GB13U	27/12/2016	10/02/2017	75	30	25/04/2017	05/06/2017	73	40	26/06/2017	19/07/2017
Tanque 2	GB19U + GB21U	09/01/2017	10/02/2017	59	30	06/04/2017	19/04/2017	44	40	08/06/2017	06/06/2017
Tanque 1	GB21U + GB23U	20/01/2017	21/02/2017	75	30	17/05/2017	23/05/2017	58	40	17/07/2017	07/07/2017

Fonte: Autor

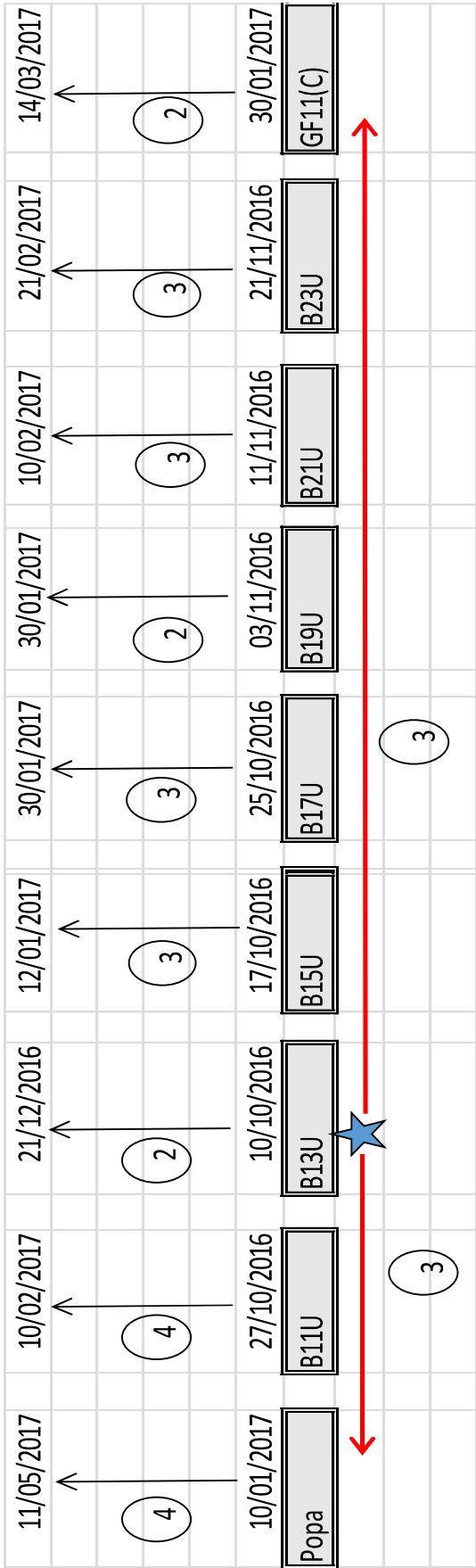
Desta forma, pode-se concluir que o tempo de finalização das emendas aumentou, pois foram feitas em paralelo com efetivo reduzido, e consequentemente os tanques finalizados antes do lançamento foram o tanque 3 de lastro, tanque 5 de lastro e carga e tanque 2 de lastro e carga, atendendo assim um critério para lançamento. Com relação aos demais tanques, sua finalização foi “empurrada” para a fase de cais, o que ocasiona maior custo para o estaleiro.

6.3.3.4 Estratégia: Nivelamento da construção

A estratégia de edificação em camadas abre várias frentes de trabalho. Neste caso, com o auxílio do PERT, ver gráfico 2, é possível verificar que além da construção vertical de cada megabloco a estratégia abre frente de trabalho na construção horizontal em duas direções: para a vante e para a ré.

Como mencionado na seção 5.1.3, para que a construção seja estável, a mesma deve ser mais horizontal que vertical. Com as datas extraídas da tabela 4 e com o auxílio do cronograma de edificação, gráfico 2, (rede PERT) pode-se fazer uma análise com relação à estabilidade da construção.

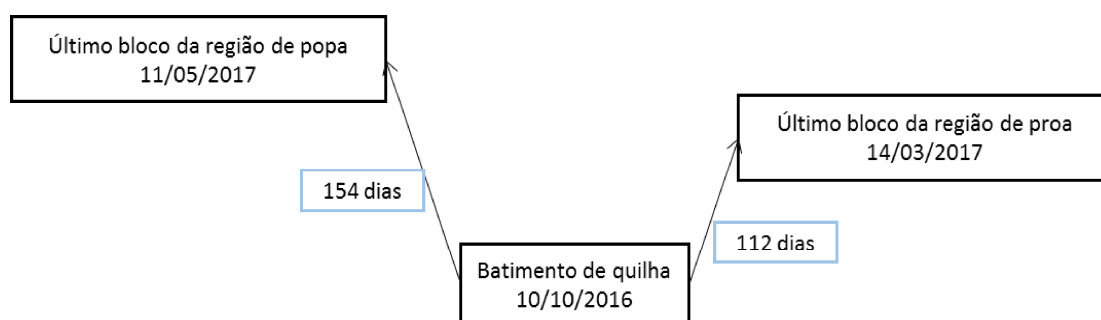
Figura 38: Tempo de construção no dique



Fonte: Autor

A partir da figura 39, bem como o gráfico 2 — PERT — pode-se concluir que o tempo de construção à ré foi maior que o tempo de construção à vante, pois após a última edificação da proa o navio passou mais de 2 meses no dique até que fosse edificado o último bloco da popa, demonstrando assim um desnivelamento da construção desde o batimento de quilha até as últimas edificações de proa e popa.

Figura 39: Representação do tempo de construção à vante e à ré.



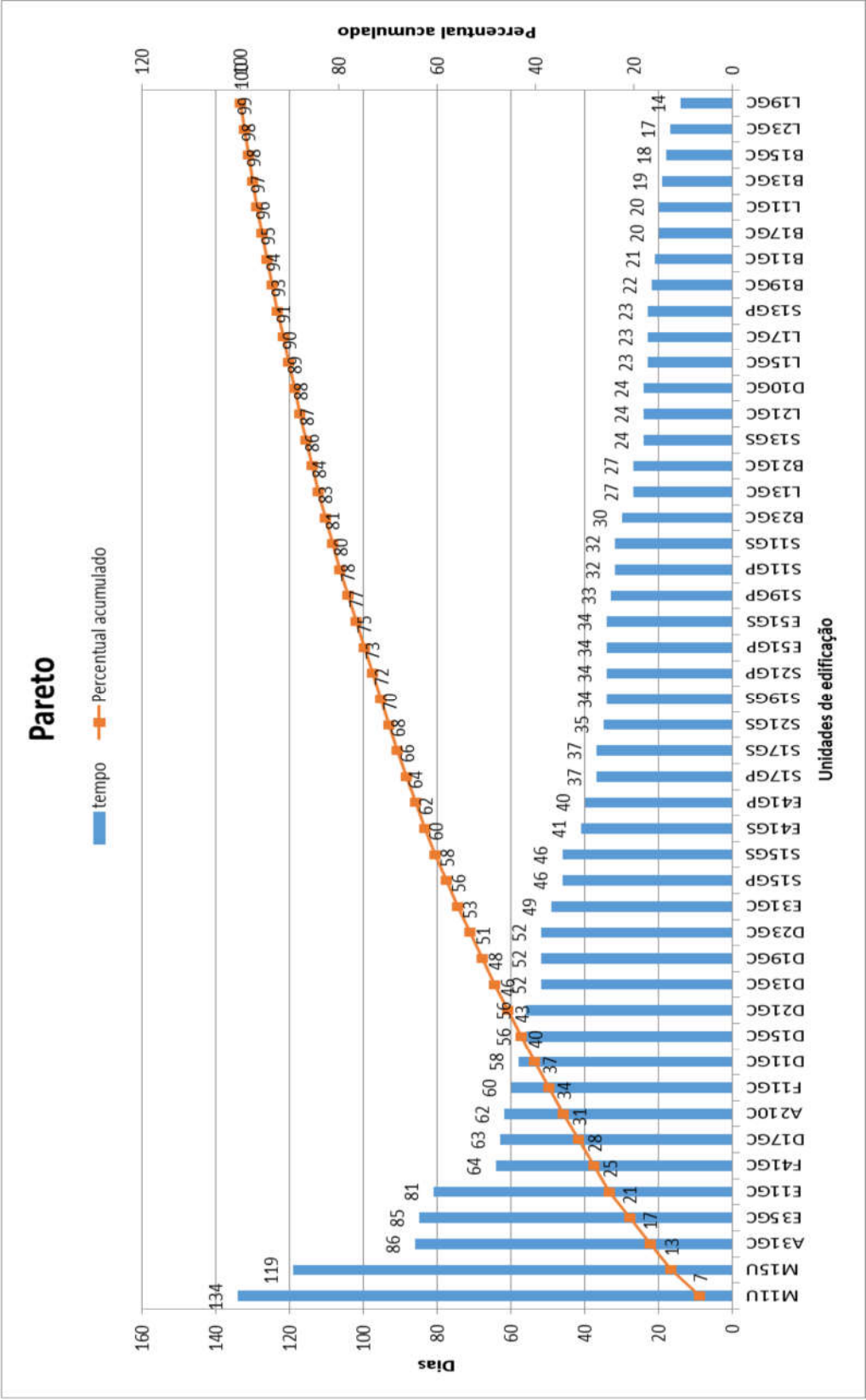
Fonte: Autor

Esse desnivelamento (*mura*) indica que em um intervalo de tempo, neste caso de março até maio as disciplinas estrutura, acabamento e pintura trabalharam em paralelo provocando uma sobrecarga de atividades (*muri*) na região de popa podendo causar problemas de segurança.

6.3.3.5 Estratégia: O caminho crítico da construção

Além do que pode ser visto no diagrama de rede (PERT), que o caminho crítico está na região de popa, pode-se gerar a partir dos dados coletados, um gráfico de Pareto a fim de identificar quais megabloços são os mais críticos em relação ao seu período de construção, desde a pré-edificação até o dique.

Gráfico 5: Pareto (Durações de construção)



Fonte: Autor

A seguir, temos uma tabela resumizando os megabloques a fim de identificar qual região é mais crítica para construção desde a pré-edificação até o último bloco edificado (dique) correspondente ao megabloco ou região para popa e proa.

Tabela 8: Duração de construção de cada megabloco (observar: caminho crítico da construção)

GIGA BLOCO	PRE	DIQUE	DURAÇÃO (dias úteis)
B13U	12/09/2016	21/12/2016	62
B15U	19/09/2016	12/01/2017	66
B19U	28/09/2016	30/01/2017	71
B17U	23/09/2016	30/01/2017	74
B21U	03/10/2016	10/02/2017	78
B11U	24/09/2016	10/02/2017	81
B23U	05/10/2016	21/02/2017	83
PROA	18/10/2016	14/03/2017	88
POPA	23/08/2016	11/05/2017	159

Fonte: Autor

É de fácil percepção que a unidade de edificação mais crítica, em relação a tempo de construção, é a da região de popa, como esperado — comentado na seção 5.1.1.

6.3.3.6 Estratégia: Disponibilidade de área (Layout)

Outro parâmetro observado além da ocupação do dique foi a ocupação da área de pré-edificações.

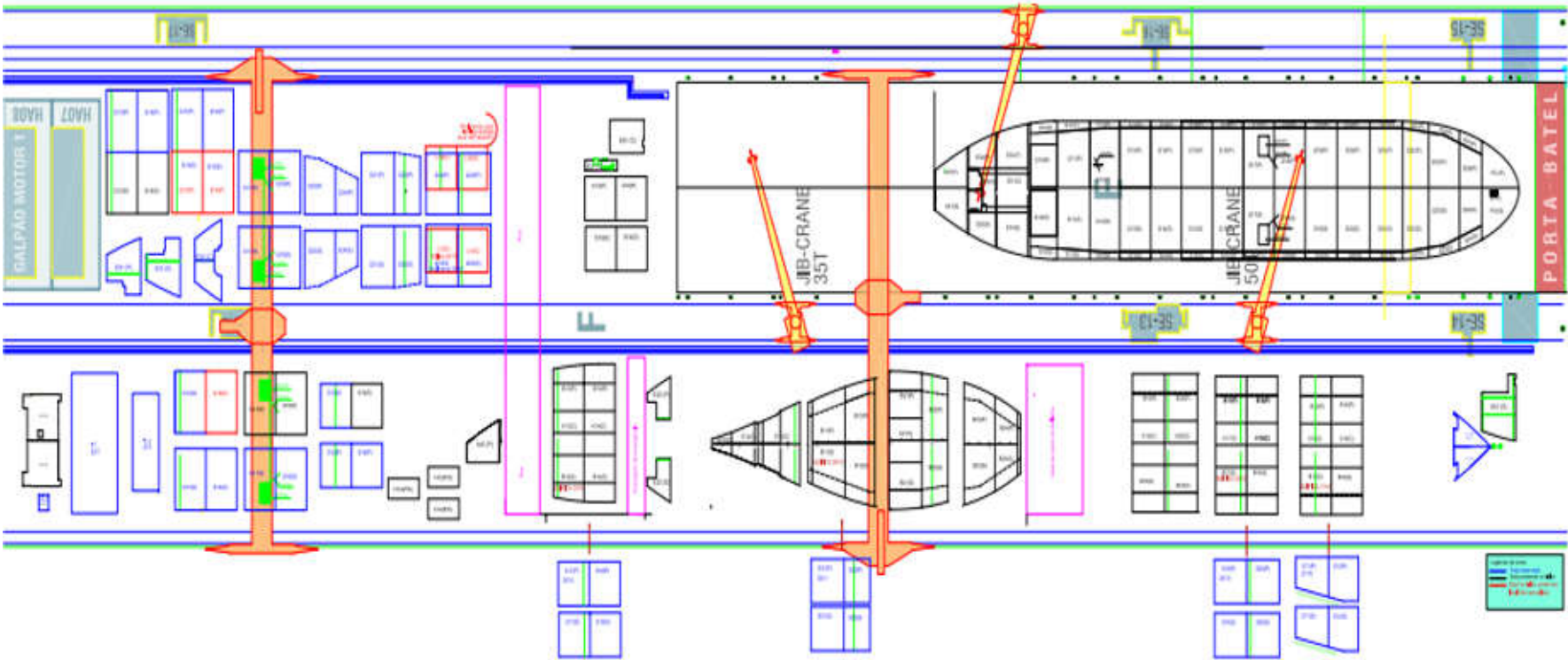
Através do histórico do *layout* nas figuras 40-47, durante a construção do navio em estudo, pode-se perceber que em toda a sua construção a área de pré-edificações foi utilizada, pois apesar da construção do navio ser executada no dique, alguns blocos passaram por um trabalho de soldagem na área de pré-edificação (S**GP/S, D**GC, B**GC, A**GC, E**GC, F**GC, L**GC, M**U) a fim de reduzir o trabalho dentro do dique.

Na tabela 9 e com o auxílio das figuras 40-47 verifica-se que o período em que os blocos ocuparam a área de pré-edificações, liberando área para blocos de um próximo navio, foi apenas em janeiro/2017. Isto demonstrou que seria necessário esperar cerca de quatro meses para iniciar a pré-edificação de um próximo navio na área designada, contando a partir do início das atividades de pré-edificação do navio em estudo.

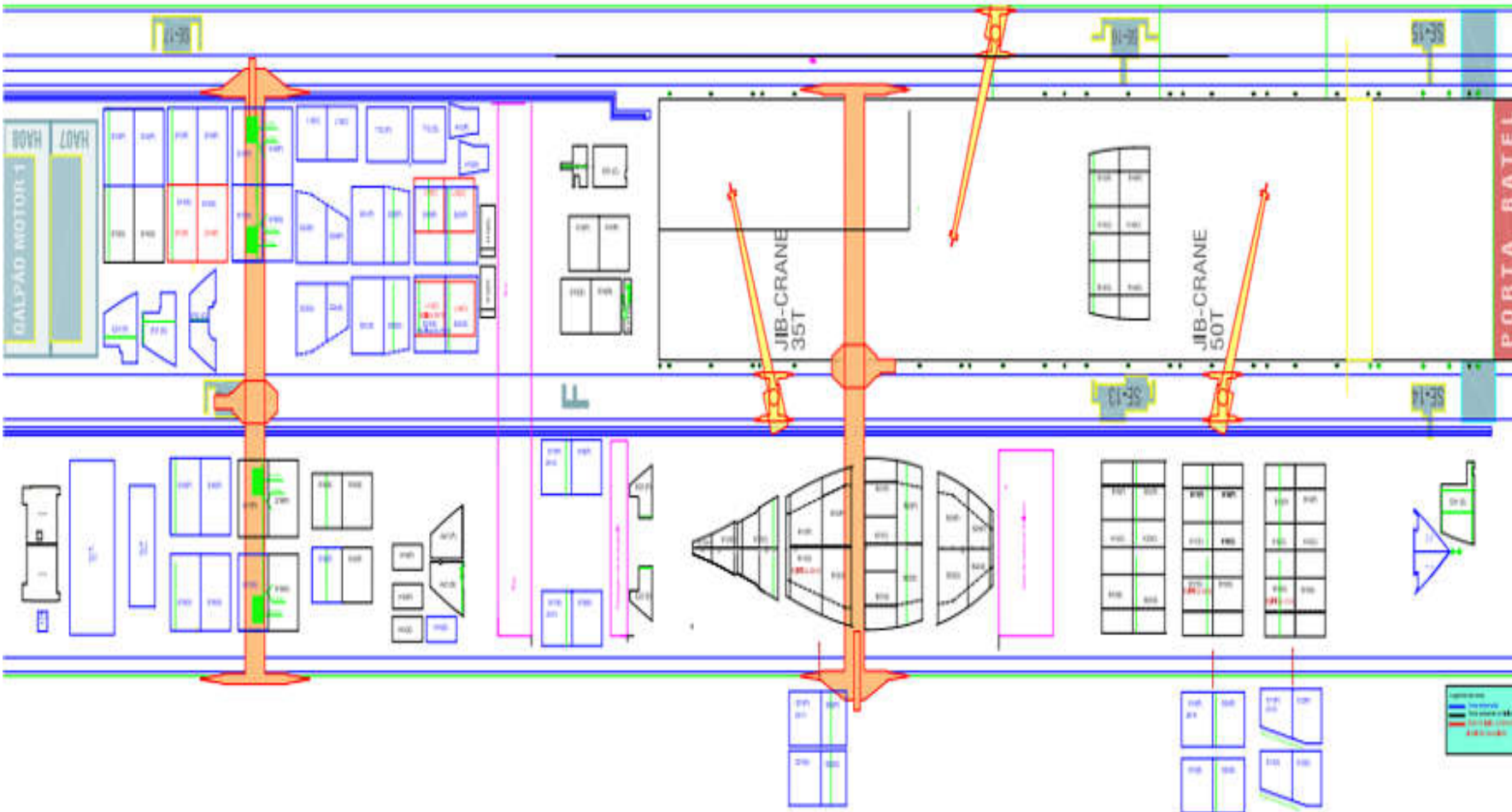
Desta forma, se a estratégia utilizada fosse mantida, em janeiro/2017 ter-se-ia o primeiro B13GC do próximo navio e conseqüentemente em fevereiro/2017 o mesmo poderia ser edificado no dique. Porém, o navio anterior ainda estaria lá (lançamento em 12/06/2017), logo o primeiro bloco a ser edificado esperaria cerca de quatro meses para ser edificado, contabilizando um *tempo total* de espera para dar início à edificação de um próximo navio no dique de oito meses.

Figura 40: Histórico do layout --- Estudo de caso

06.10.16



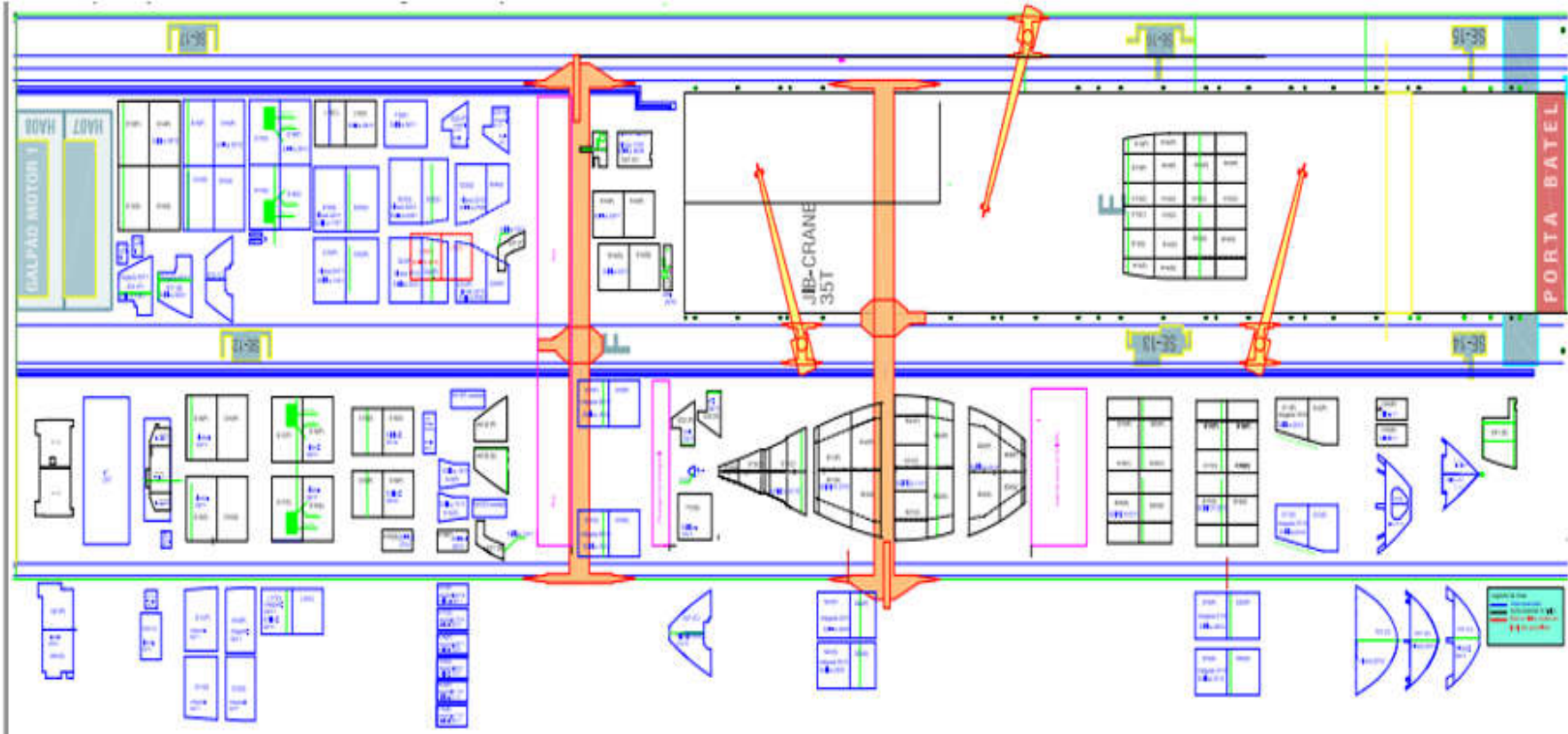
10.10.16



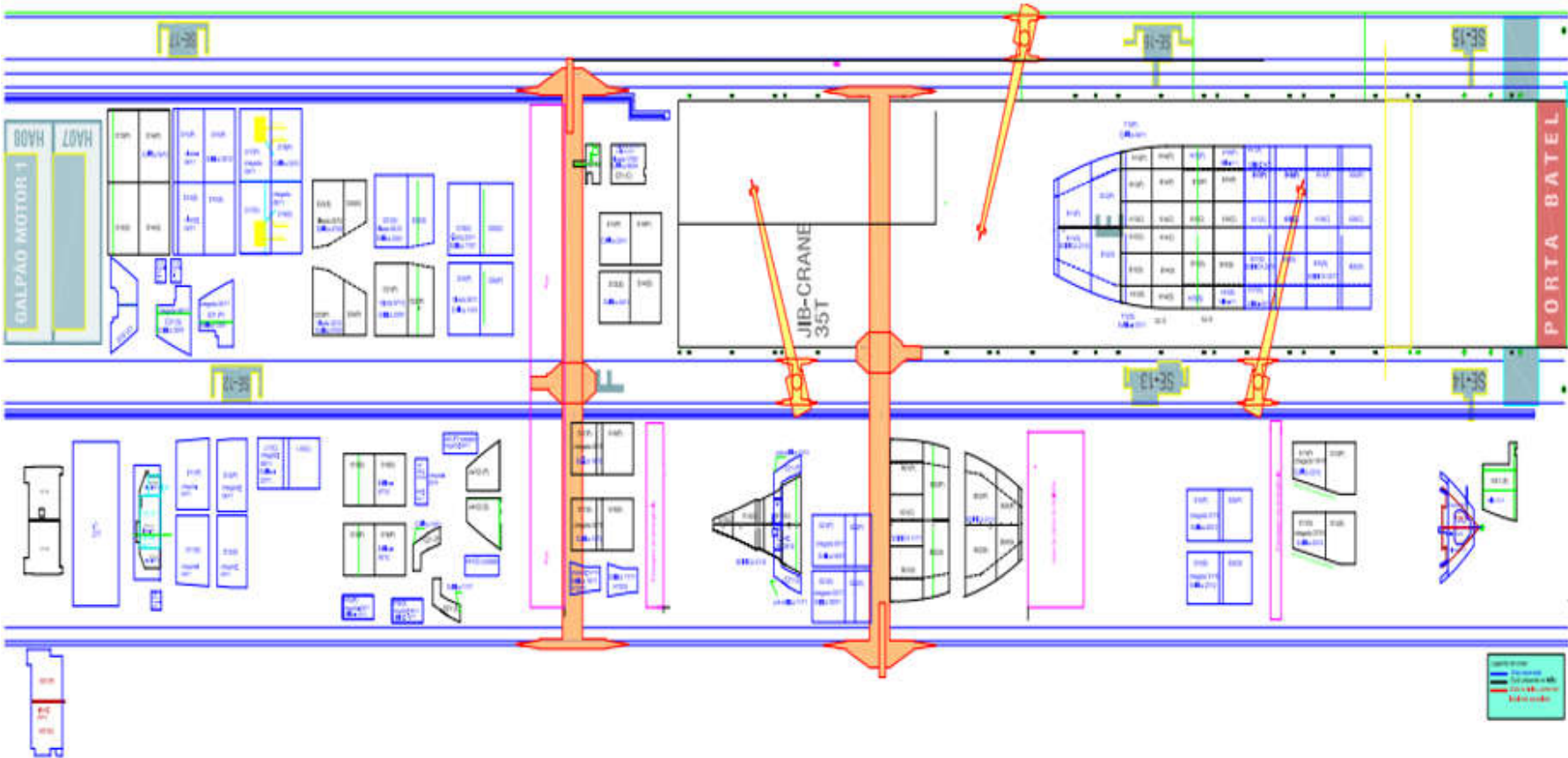
Fonte: Estaleiro

Figura 41: Histórico do layout --- Estudo de caso

20.10.16



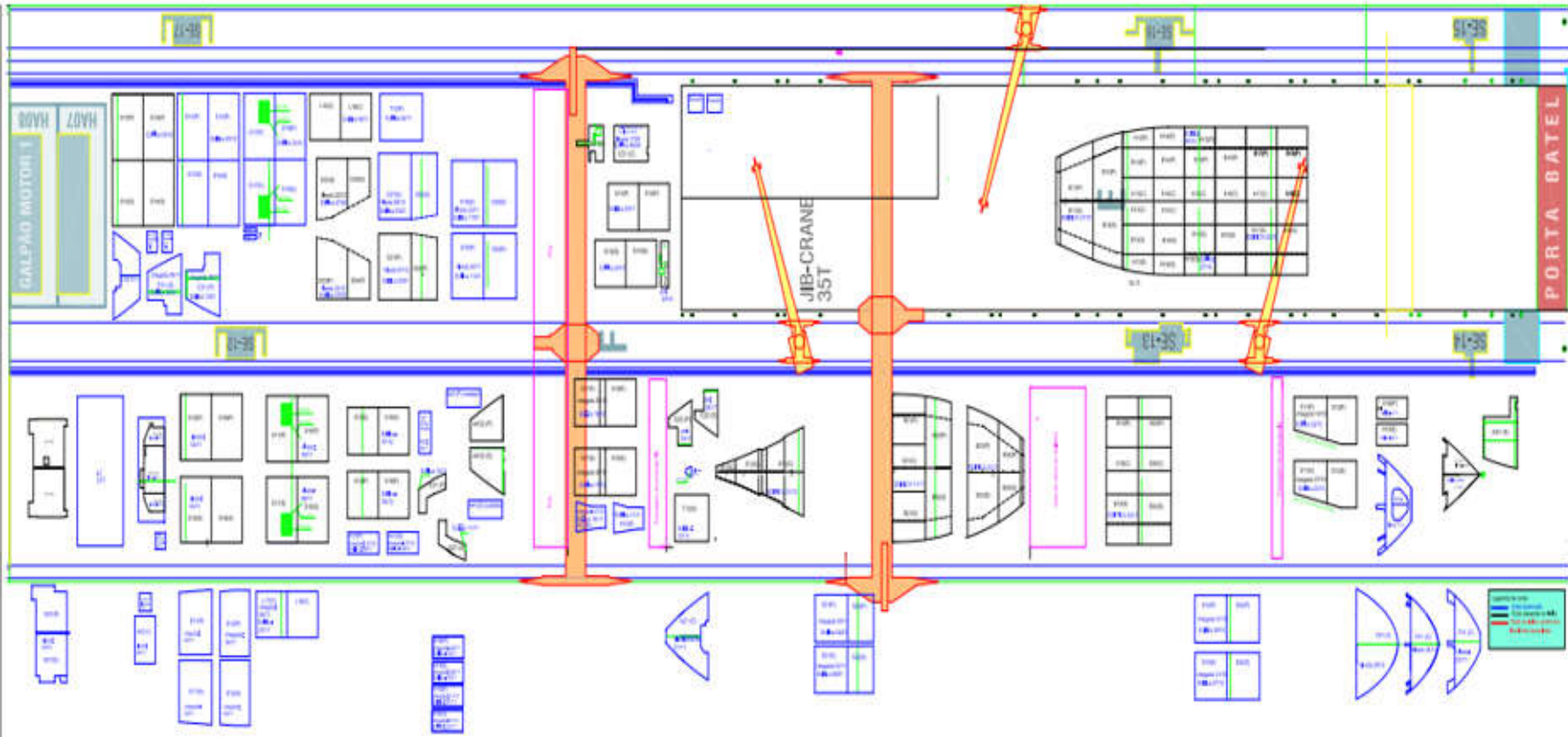
24.10.16



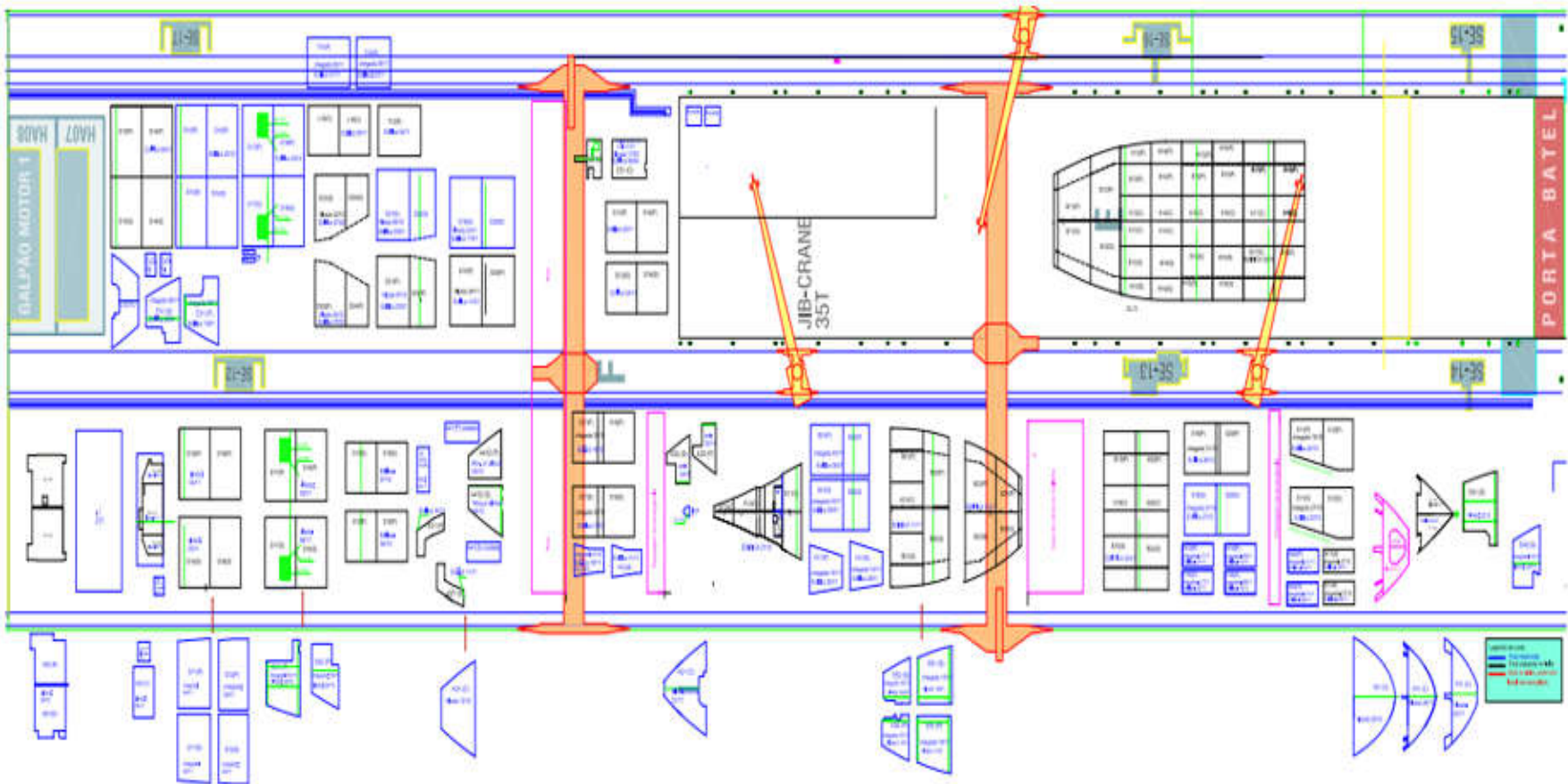
Fonte: Estaleiro

Figura 42: Histórico do layout --- Estudo de caso

27.10.16



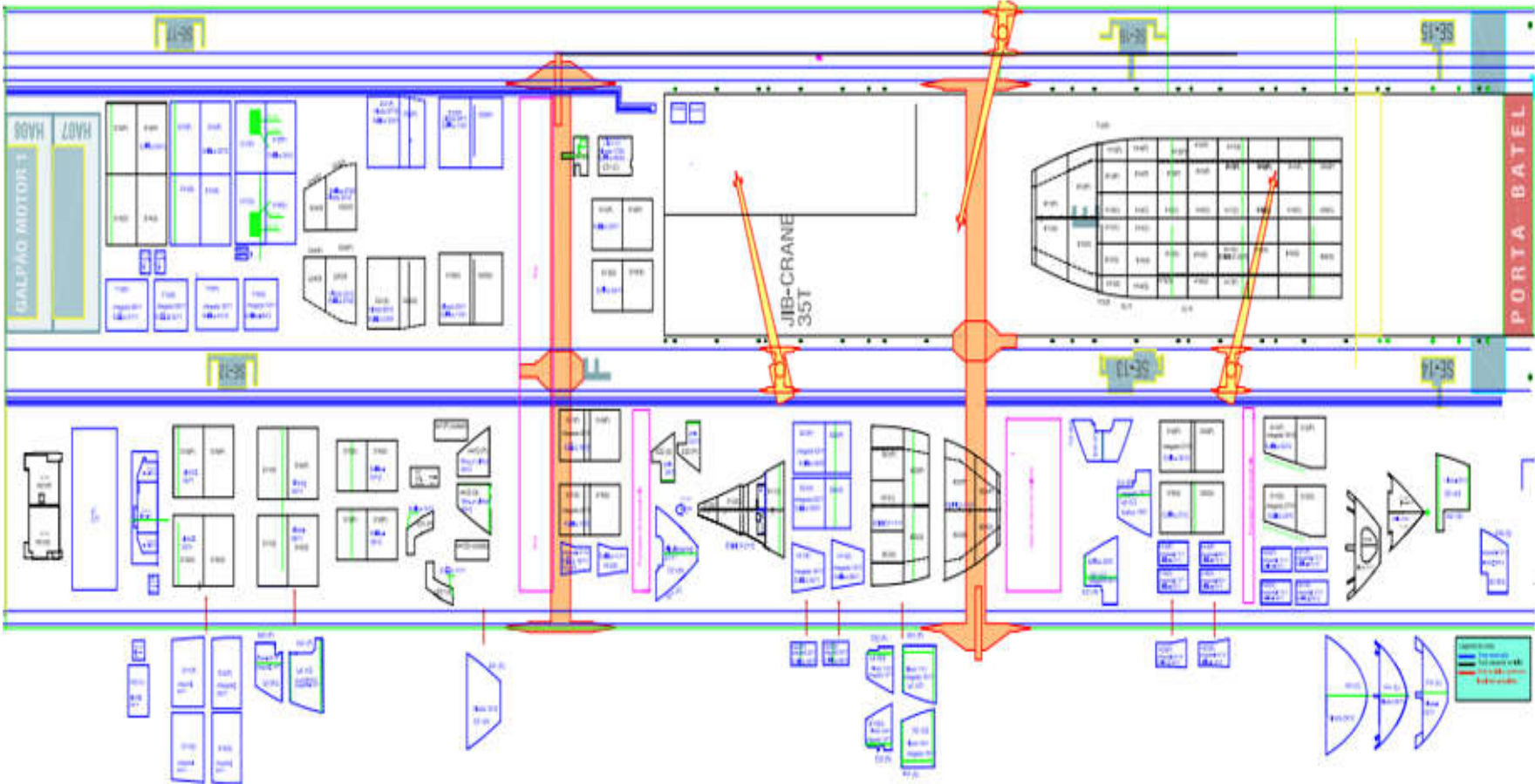
01.11.16



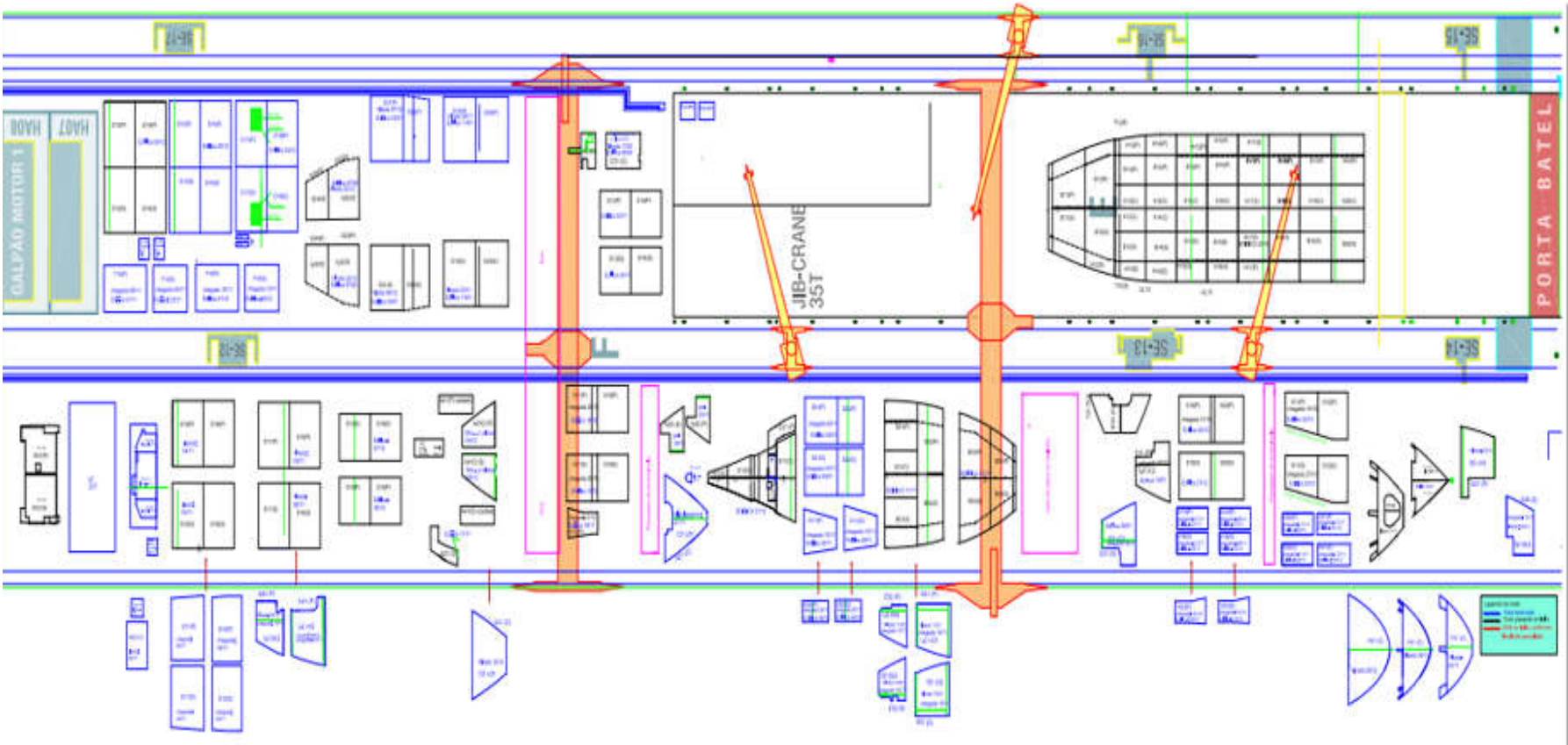
Fonte: Estaleiro

Figura 43: Histórico do layout --- Estudo de caso

09.11.16



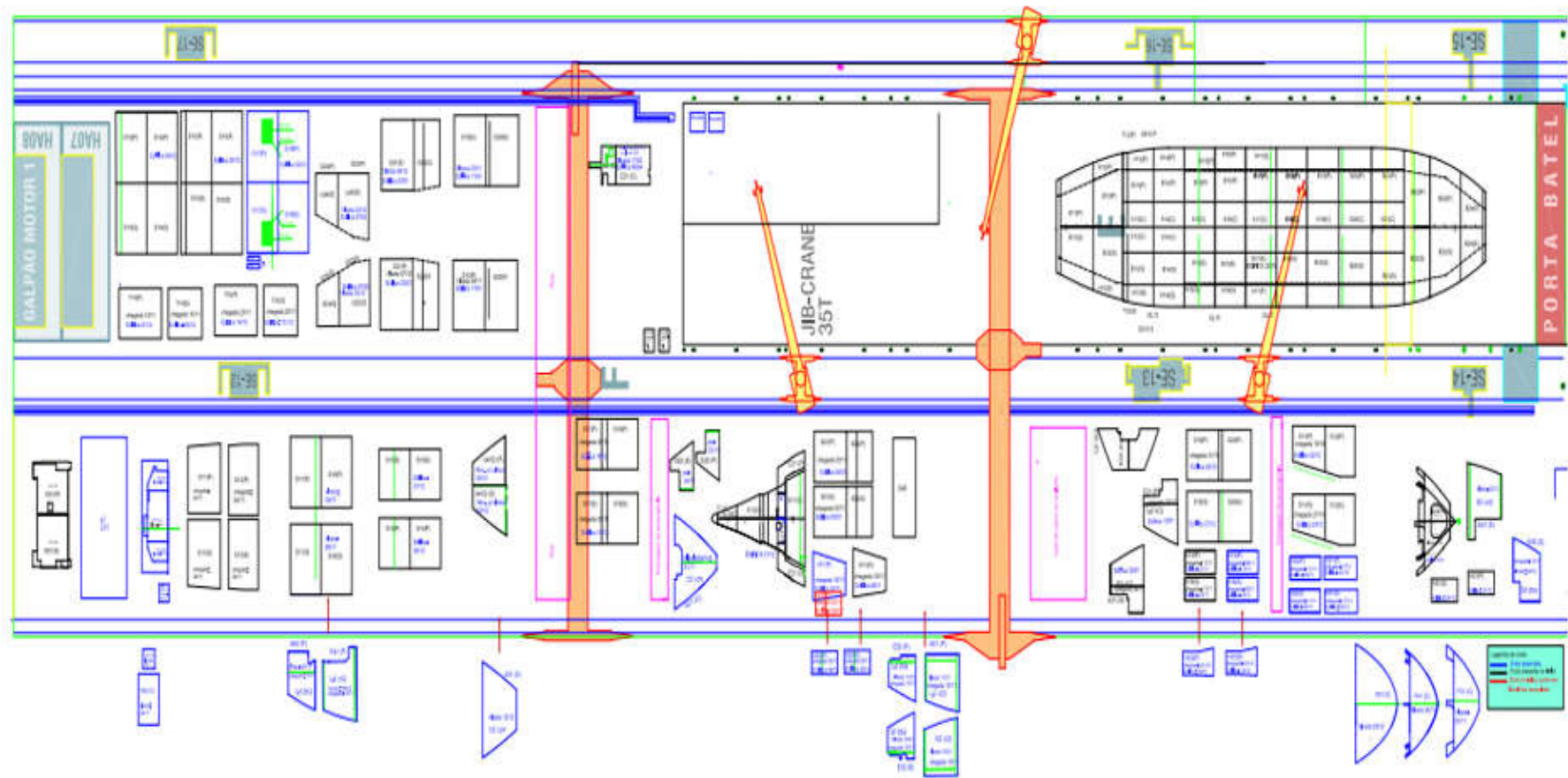
11.11.16



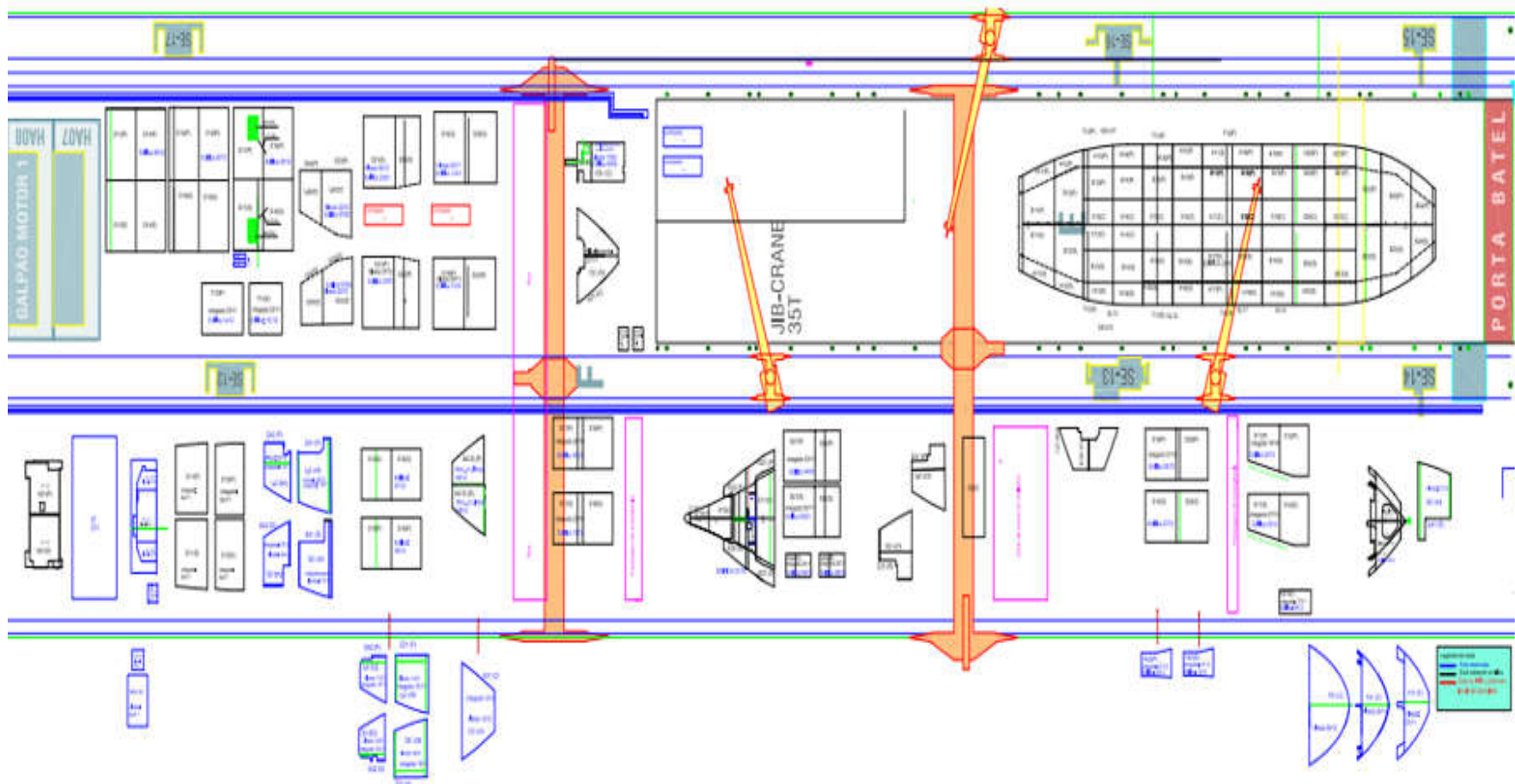
Fonte: Estaleiro

Figura 44: Histórico do layout --- Estudo de caso

23.11.16



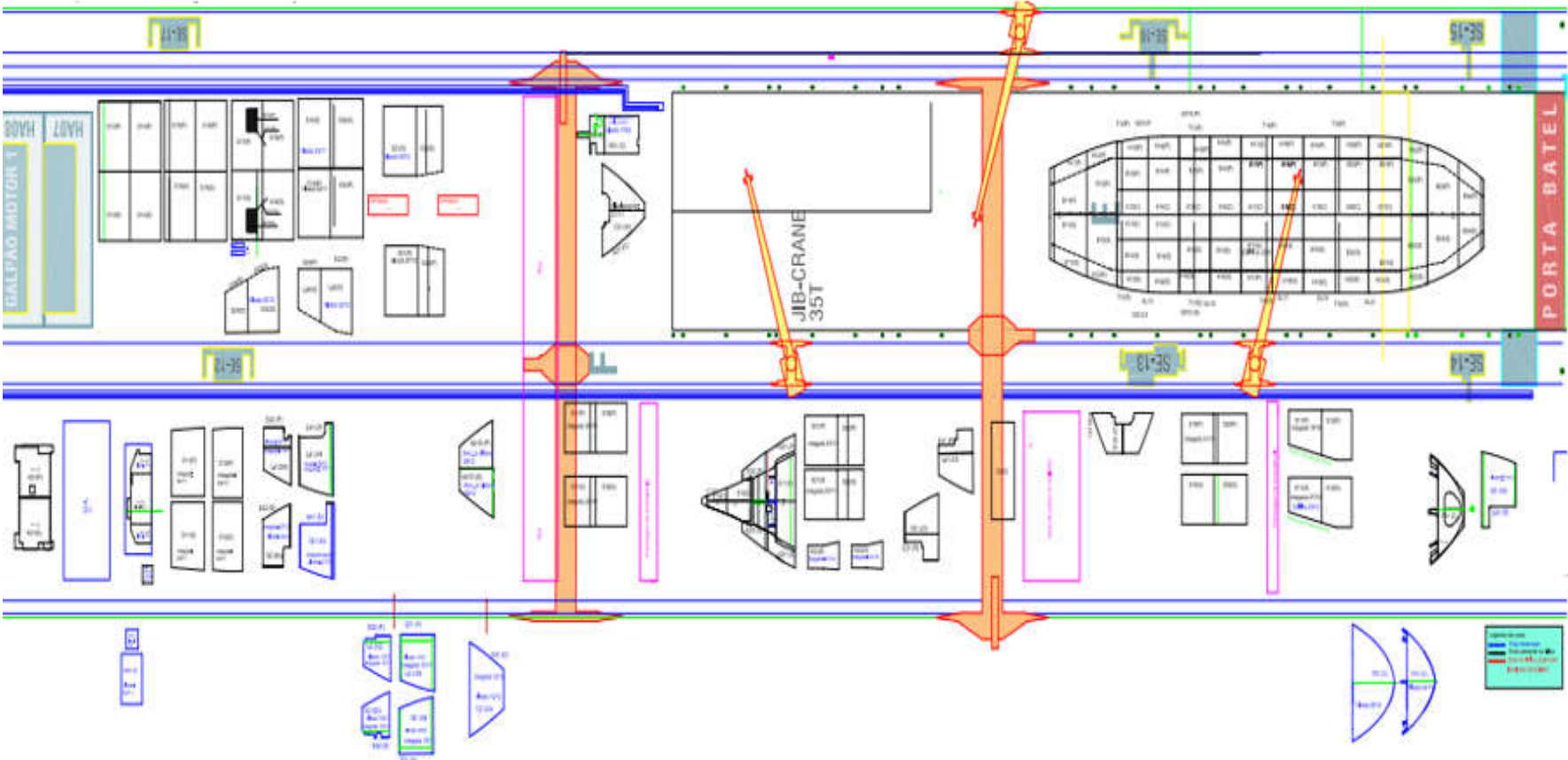
01.12.16



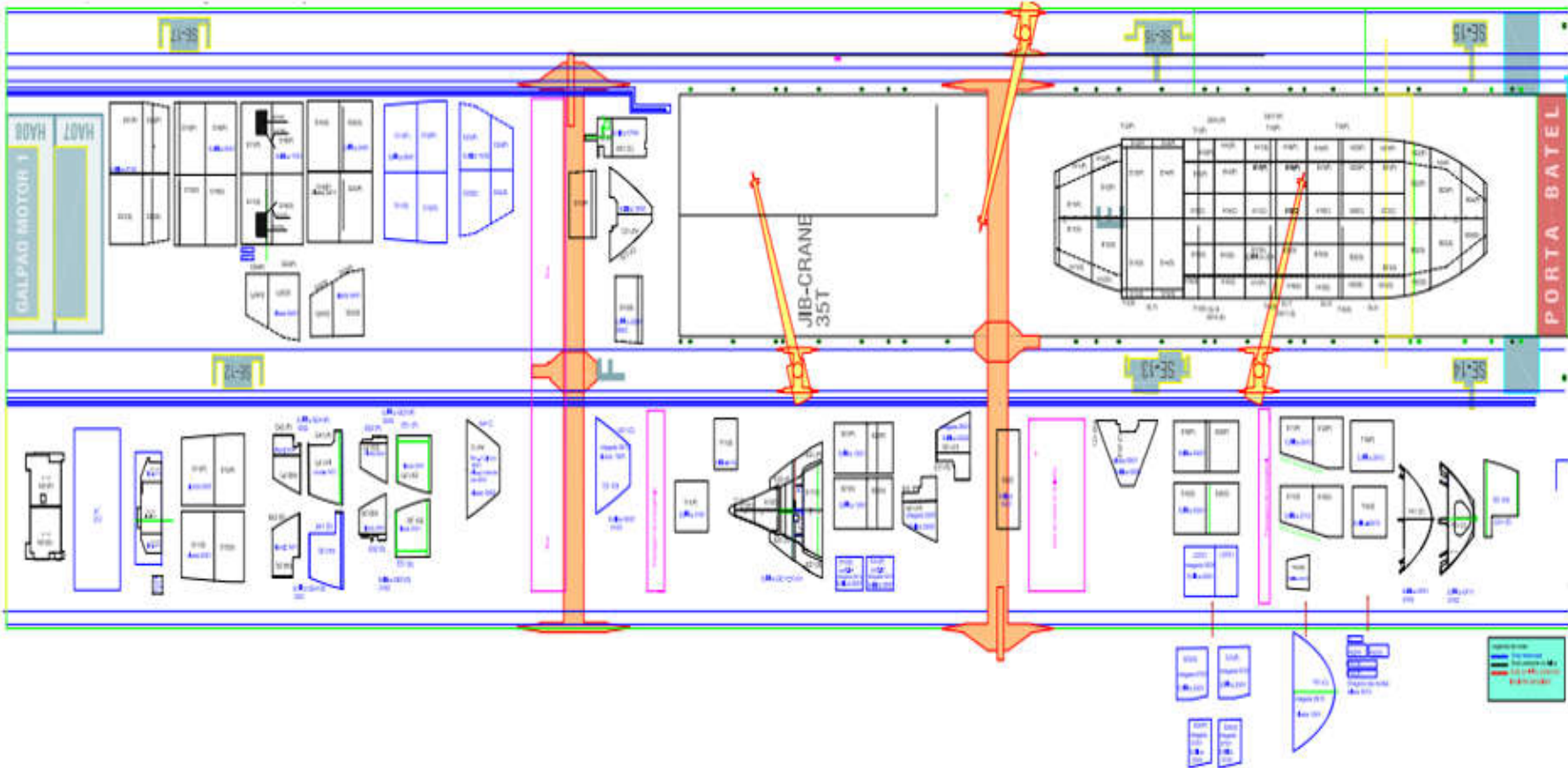
Fonte: Estaleiro

Figura 45: Histórico do layout --- Estudo de caso

15.12.16



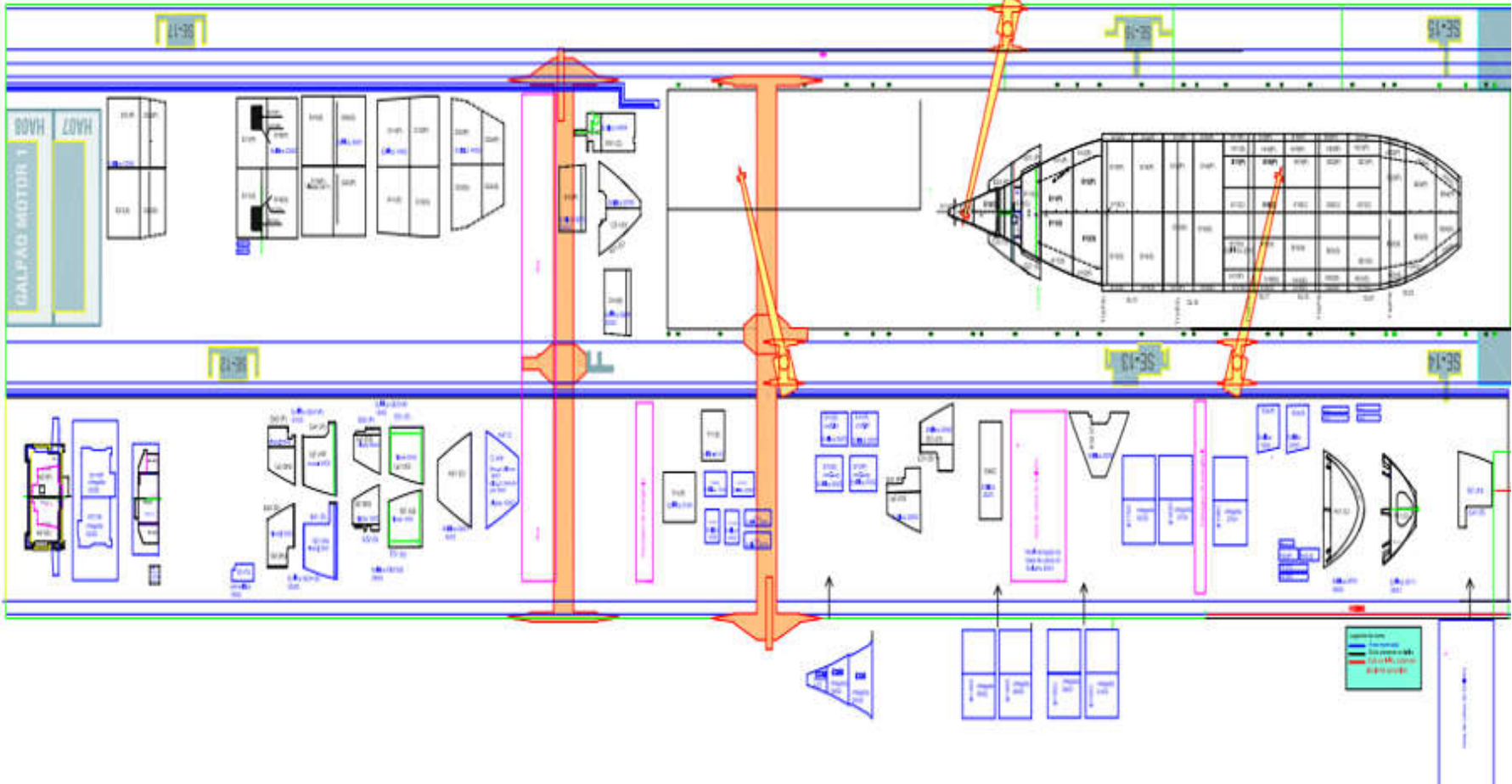
26.12.16



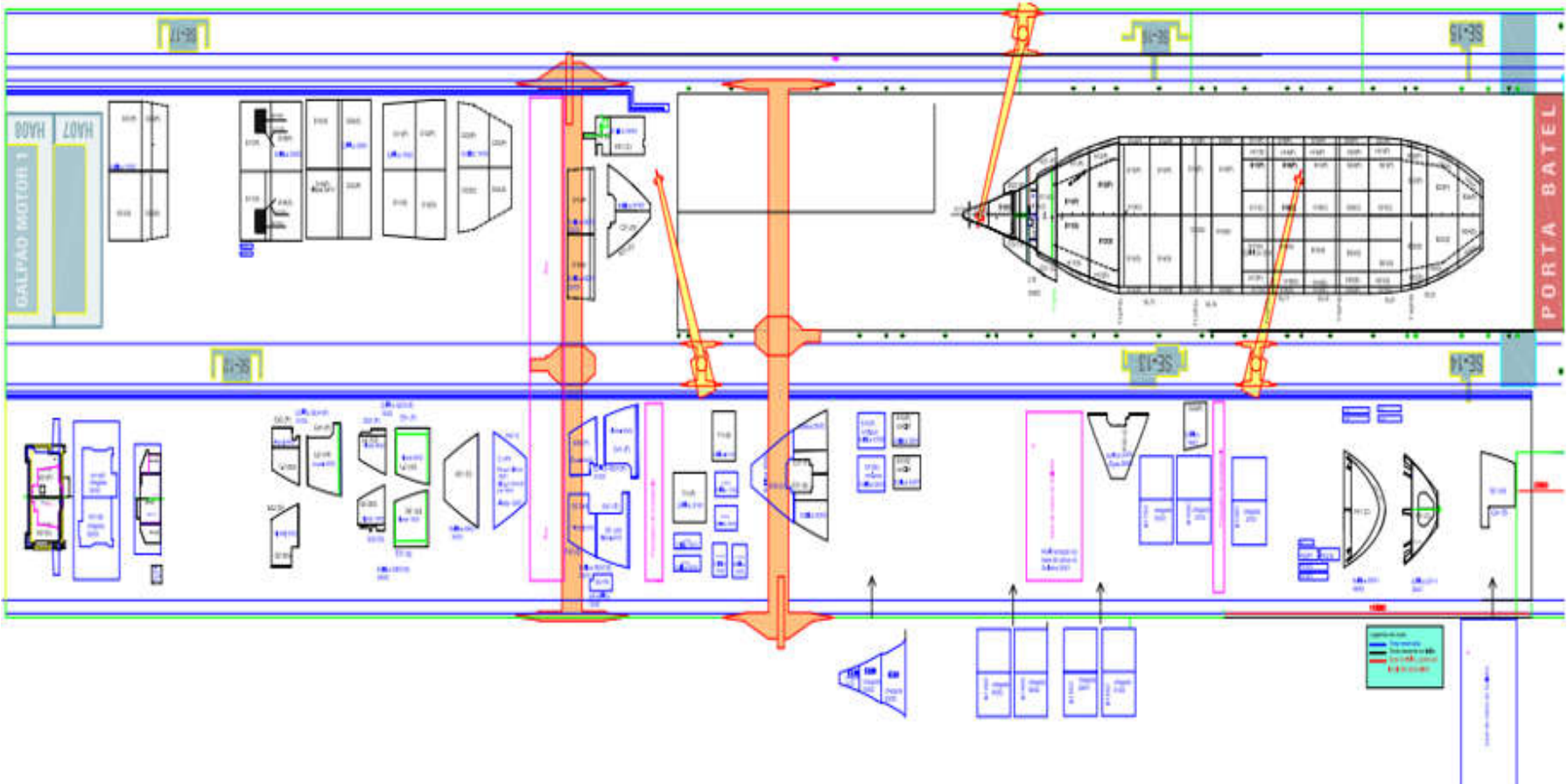
Fonte: Estaleiro

Figura 46: Histórico do layout --- Estudo de caso

16.01.17



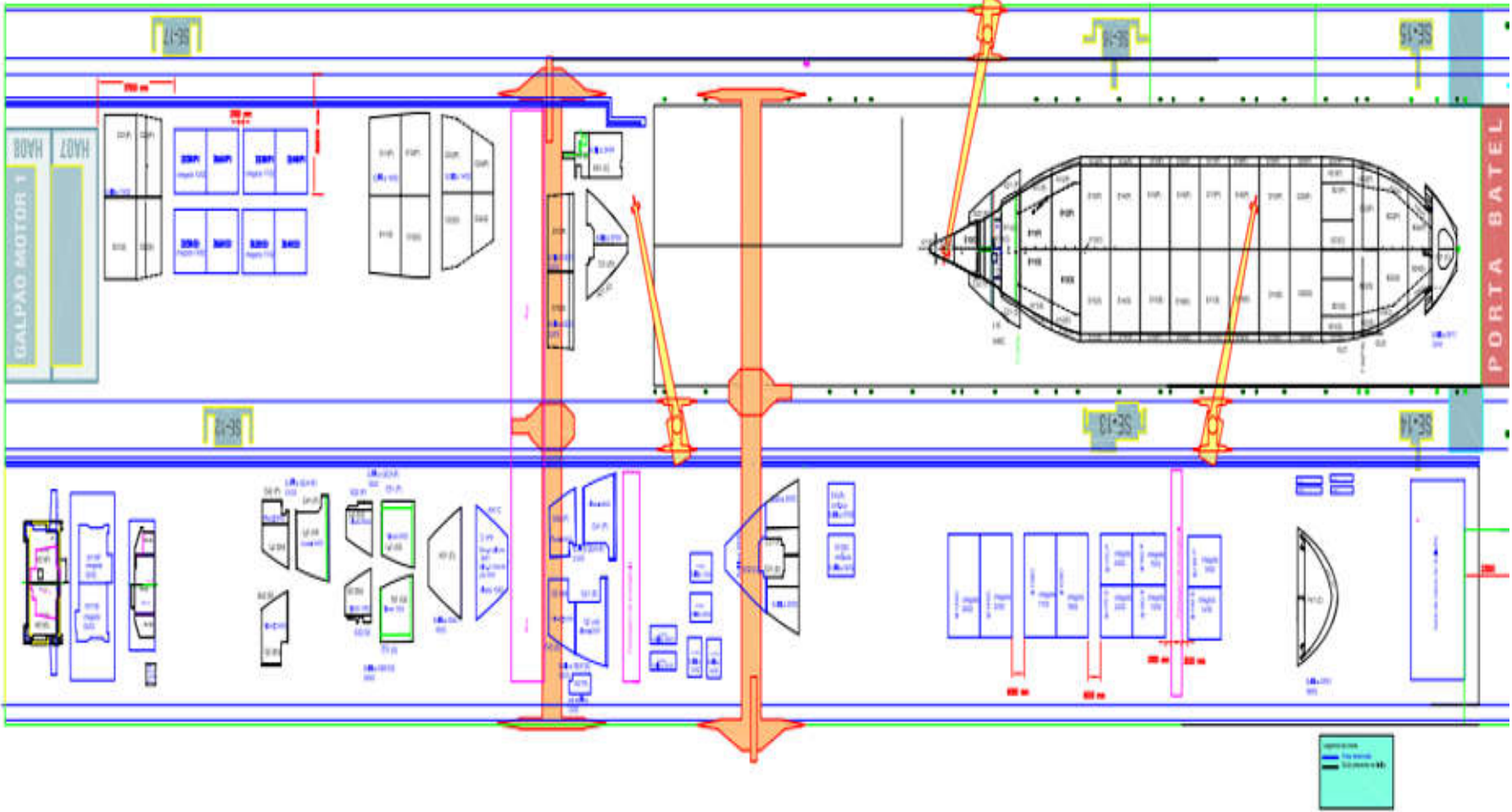
20.01.17



Fonte: Estaleiro

Figura 47: Histórico do layout --- Estudo de caso

06.02.17



Fonte: Estaleiro

Tabela 9: Datas de pré-edificações e edificações

Unidades de edificação	Pré edificação	Edificação	Unidades de edificação	Pré edificação	Edificação
GB13C	12/09/2016	10/10/2016	GS17P	20/10/2016	22/12/2016
H13P	11/10/2016	11/10/2016	H23S	22/12/2016	22/12/2016
H13S	13/10/2016	13/10/2016	GS17S	20/10/2016	23/12/2016
GB15C	19/09/2016	17/10/2016	H24P	23/12/2016	23/12/2016
H14P	18/10/2016	18/10/2016	GS11P	27/10/2016	26/12/2016
H14S	18/10/2016	18/10/2016	H24S	26/12/2016	26/12/2016
GL13C	12/09/2016	21/10/2016	GS11S	27/10/2016	27/12/2016
GB17C	23/09/2016	25/10/2016	T16P	28/12/2016	28/12/2016
H15P	26/10/2016	26/10/2016	T16S	29/12/2016	29/12/2016
GB11C	24/09/2016	27/10/2016	GS19P	28/10/2016	03/01/2017
H15S	27/10/2016	27/10/2016	GS19S	28/10/2016	04/01/2017
H16P	01/11/2016	01/11/2016	GL23C	28/11/2016	05/01/2017
H16S	01/11/2016	01/11/2016	GS21P	03/11/2016	06/01/2017
GB19C	28/09/2016	03/11/2016	GS21S	03/11/2016	09/01/2017
T12P	04/11/2016	04/11/2016	GE11C	23/08/2016	10/01/2017
T12S	07/11/2016	07/11/2016	GD15C	05/10/2016	12/01/2017
GL15C	04/10/2016	08/11/2016	S23P	12/01/2017	12/01/2017
H17P	08/11/2016	08/11/2016	S23S	13/01/2017	13/01/2017
H17S	09/11/2016	09/11/2016	L10C	16/01/2017	16/01/2017
H12P	10/11/2016	10/11/2016	GE40C	20/01/2017	20/01/2017
GB21C	03/10/2016	11/11/2016	S24P	20/01/2017	20/01/2017
H12S	11/11/2016	11/11/2016	S24S	20/01/2017	20/01/2017
H18P	16/11/2016	16/11/2016	S10P	24/01/2017	24/01/2017
H18S	16/11/2016	16/11/2016	S10S	25/01/2017	25/01/2017
GB23C	05/10/2016	21/11/2016	GD17C	13/10/2016	30/01/2017
H19P	21/11/2016	21/11/2016	GD19C	28/10/2016	30/01/2017
T13P	21/11/2016	21/11/2016	GF11C	18/10/2016	30/01/2017
GL17C	18/10/2016	22/11/2016	T11P	31/01/2017	31/01/2017
H19S	22/11/2016	22/11/2016	T11S	01/02/2017	01/02/2017
T13S	22/11/2016	22/11/2016	GD11C	03/11/2016	10/02/2017
GS13P	19/10/2016	23/11/2016	GD21C	07/11/2016	10/02/2017
GS13S	19/10/2016	24/11/2016	GE31C	25/11/2016	20/02/2017
H11P	25/11/2016	25/11/2016	GD23	23/11/2016	21/02/2017
H20P	25/11/2016	25/11/2016	F23P	23/02/2017	23/02/2017
H11S	28/11/2016	28/11/2016	F23S	23/02/2017	23/02/2017
H20S	28/11/2016	28/11/2016	GE41P	30/12/2016	01/03/2017
T14P	30/11/2016	30/11/2016	F24P	02/03/2017	02/03/2017
GL19C	11/11/2016	01/12/2016	GE41S	30/12/2016	02/03/2017
H21P	01/12/2016	01/12/2016	F24S	03/03/2017	03/03/2017
T14S	01/12/2016	01/12/2016	A21C	21/11/2016	07/03/2017
H21S	05/12/2016	05/12/2016	GE51P	18/01/2017	09/03/2017
GL11C	08/11/2016	07/12/2016	GE51S	19/01/2017	10/03/2017
H22P	08/12/2016	08/12/2016	GF51C	24/11/2016	14/03/2017
H22S	09/12/2016	09/12/2016	GA31C	24/10/2016	16/03/2017
T15P	12/12/2016	12/12/2016	GD10C	15/02/2017	22/03/2017
GL21C	10/11/2016	15/12/2016	GEC51C	30/11/2016	24/04/2017
GS15P	06/10/2016	15/12/2016	A12C	25/04/2017	25/04/2017
T15S	15/12/2016	15/12/2016	GM11C	28/09/2016	10/05/2017
GS15S	06/10/2016	16/12/2016	GM12C	25/10/2016	11/05/2017
H23P	16/12/2016	16/12/2016	M13P	18/05/2017	18/05/2017
GD13C	26/09/2016	21/12/2016	M13S	18/05/2017	18/05/2017

Fonte: Autor

7 RESUMO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

O estado geral de execução do navio estudado resulta nos seguintes tempos e entregas:

Com relação às máquinas:

Tabela 10: Parâmetros observados com relação às máquinas

Máquinas	Movimentações	
Pórticos (1500 ton)	102->dique	34->Pré
Carretas hidráulicas	>646	

Fonte: Autor

Com relação ao método:

Tabela 11: Parâmetros observados com relação ao método

Método	Camadas/Ilhas
Tanques finalizados antes do lançamento	10 tanques
Construção	Desnivelada
Caminho crítico	Popa
Layout da pré edificação	Construção de 1 navio

Fonte: Autor

Consequência na entrega de navios:

Tabela 12: Consequência do método em relação à entrega

Tempo de construção no dique	8 meses
Tempo de acabamento no cais	3 meses
Entrega de navios	a cada 8 meses

Fonte: Autor

8 DISCUSSÕES DO ESTUDO DE CASO

Através da tabela 10 podemos perceber um maior número de atividades sendo alocadas para o dique em relação às atividades realizadas na área de pré-edificações; o número de movimentações em direção ao dique aumenta proporcionalmente ao trabalho que deverá ser realizado no mesmo e, conseqüentemente no tempo total que o navio ficará lá. Isto significa que, quanto mais movimentações para o dique, maior o trabalho a ser realizado no mesmo, e conseqüentemente maior o *takt time* de entrega de navios. Ainda se referindo aos pórticos, o gráfico 3 demonstra que quase todas as edificações foram realizadas com um peso muito abaixo da capacidade dos pórticos, ou seja, para estas edificações é válido mencionar que não houve um planejamento eficaz da pré-edificação para otimizar as operações de movimentação de carga e tempo de edificação resultando em um subaproveitamento dos pórticos.

Além do uso dos pórticos foi medida também a utilização das carretas hidráulicas e observado que, para todos os blocos houve no mínimo uma movimentação desnecessária, tabela 5. Os blocos não seguiram um fluxo contínuo, estes sempre passavam por uma região de estoque. Além do custo gerado para estocar tais blocos (área disponível, preservação, mão de obra direcionada à procura de blocos), essa produção de blocos em ritmo não contínuo gerou outros desperdícios atrelados, tais como:

- Espera: Processos e pessoas aguardando a procura dos blocos;
- Movimentação: Movimentação desnecessária de pessoas em busca de blocos estocados indevidamente;
- Transporte: Além do transporte desnecessário dos blocos em direção à área de estoque, outros transportes se tornavam necessários, como por exemplo, quando havia(m) outro(s) bloco(s) impedindo a passagem do bloco requerido, ou seja, os transportes se propagaram indesejavelmente. Podemos afirmar que das 646 movimentações realizadas, tabela 5, 314 foram desnecessárias ou evitáveis caso um melhor planejamento tivesse sido executado.

O método de edificação adotado (camadas) não favoreceu o fechamento dos tanques porque a estratégia adotada tornou a construção mais rápida na direção longitudinal do navio em detrimento da direção vertical.

Como ficou evidente na análise, a sequência de edificação adotada não cumpriria sequer o quesito de lançamento (hidrojatear e pintar os tanques 2 de carga BE/BB e lastro BE/BB) do navio. Devido a este fato a equipe de estrutura se viu obrigada a realizar as emendas de blocos e

m discordância com a sequência de edificação planejada, gerando assim um crescimento não programado do tempo de realização das emendas. Isto ocorreu porque muitas emendas foram iniciadas, e devido ao problema relacionado ao tanque 2 (não finalização antes do lançamento) não foram devidamente finalizadas como planejadas, e em sequência porque outras emendas entravam na prioridade de finalização. Isto levou ao lançamento do navio com apenas dez tanques pintados, ao invés de um total planejado de vinte e quatro tanques, ver tabela 6 e 7. Os tanques pintados antes do lançamento foram os dois tanques de lastro 5 (BE/BB) e os dois tanques de carga 5 (BB/BB), os dois tanques de lastro 2 (BE/BB), os dois tanques de carga 2 (BE/BB) e os dois tanques de lastro 3 (BE/BB).

Através do gráfico 2 (PERT), e da figura 39 ficou evidente o desnivelamento da edificação do navio, uma vez que do batimento de quilha até a finalização da vante do navio precisou-se esperar mais 2 meses para que a finalização da ré do navio fosse concluída.

Devido ao desnivelamento da construção verificado, foi importante analisar o caminho crítico da construção. Através da tabela 8, que demonstra a duração da construção dos blocos/megabloques, desde a sua chegada à área de pré-edificações até sua edificação, pudemos verificar que o caminho crítico com relação ao tempo de construção previsto seria sem dúvidas a região de popa do navio.

A estratégia de edificar bloco a bloco trazia uma expectativa da equipe de engenharia de que: como a construção se daria no dique, a região de pré-edificação ficaria livre para iniciar a construção de outro navio. A estratégia adotada foi de edificar bloco a bloco, porém a maioria dos blocos a serem edificados no dique passaram por um processo de emendas na área de pré-edificação. Como foi utilizada de forma intensa a área disponível para pré-edificação, mesmo fazendo construção bloco a bloco, o início da pré-edificação de blocos de outro navio só poderia ser iniciado em fevereiro/17. Ficou evidente que, mesmo com número de emendas inferior às que deveriam ser executadas no dique, as emendas realizadas na região de pré-edificações impediram o início da pré-edificação de outro navio, fazendo com que o segundo navio tivesse uma

espera indesejada de cerca de quatro meses para início da pré-edificação do mesmo. Ainda assim, se a estratégia inicial de edificação do primeiro navio fosse mantida, o primeiro bloco do segundo navio só poderia ser edificado (ir para o dique) após o lançamento do primeiro navio, junho/17, totalizando um *takt time* de entrega de navios de oito meses.

9 CONCLUSÃO DO ESTUDO DE CASO

Através do que foi mapeado, medido e analisado podemos concluir que, mesmo com a permanência do navio no dique seco de oito meses (que é bastante tempo para construção de um navio Suezmax), a metodologia usada para edificar o navio em estudo não favorece os requisitos para lançamento.

Além do aproveitamento inadequado da capacidade de carga dos pórticos, conclui-se ainda que a falta de um fluxo contínuo para os blocos gerou uma propagação de desperdícios.

Ademais, o aproveitamento inadequado da área de pré-edificações, e do dique seco, impediram o início da construção do segundo navio, e geraram um *takt time* indesejado de entrega de navios de oito meses.

10 PROPOSTA DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E METODOLOGIA *LEAN MANUFACTURING*

Diante do que foi exposto no estudo de caso, e considerando que a estratégia utilizada na edificação do navio não produziu os resultados esperados, nesta seção apresenta-se uma proposta de edificação do navio que atenda aos requisitos de *takt time* do estaleiro. A proposta consiste em:

1. Fazendo uso da metodologia *Lean Manufacturing* conceber um fluxo contínuo entre atividades de edificação de forma a reduzir desperdícios.
2. Reduzir o *lead time* de construção no dique de oito meses para seis meses;
3. Reduzir o *takt time* de entrega de navios de oito meses para quatro meses.
4. Otimizar o espaço do dique utilizando 100% de sua área edificando um navio, e três megablocos adicionais do navio seguinte.
5. Edificar os megablocos seguindo a metodologia de edificação por seções, seção 5.1.3, otimizando o uso dos pórticos e reduzindo atividades no dique (correspondentes ao projeto).
6. Estabelecer uma sequência de edificação que inicie a partir da região de popa (considerado o caminho crítico mediante o que foi apresentado no estudo de caso), e que permita a finalização de todos os tanques de carga e lastro ainda dentro do dique, de forma a eliminar estas atividades no cais de acabamento.
7. Otimizar a área de pré-edificações, com elaboração de um *layout* que minimize as distâncias da pré-edificação e dique, reduzindo assim o tempo de movimentação, além de permitir a construção de dois navios em paralelo.

11 METODOLOGIA DA PROPOSTA

Com o intuito de estabelecer um fluxo contínuo entre atividades e assim eliminar desperdícios, foi elaborado um cronograma de atividades “puxadas” (a produção é realizada de acordo com um fluxo contínuo de atividade dispensando estoques). O cronograma foi elaborado com o auxílio do programa computacional Primavera. Para que as atividades sigam a produção puxada, as mesmas devem ter uma restrição do tipo: *as late as possible*.

A fim de promover essa redução no *lead time* de construção no dique e no *takt time* de entrega de navio é necessário iniciar o cronograma de atividades de trás para frente, ou seja, iniciando da edificação (no dique) até a montagem de blocos, elaborando primeiramente o cronograma de edificação, depois o cronograma de pré-edificações e por último o cronograma de construção geral de atividades. Este último inclui desde a montagem de blocos até a entrega. Para garantir que o *lead time* e o *takt time* sejam respeitados, o primeiro passo é a elaboração do cronograma mestre da construção. Em suma:

1. Definir datas dos marcos principais no cronograma mestre;
2. Definir as unidades de edificação bem como a sequência lógica e estratégica;
3. Definir a lista de blocos que geram os megablocos;
4. Gerar o cronograma de edificação distribuindo os megablocos dentro do período de batimento de quilha e lançamento;
5. Gerar o cronograma de pré-edificação e posteriormente gerar o cronograma da construção como um todo;

Ressalta-se que a construção do cronograma leva em consideração que a metodologia adotada para edificação é a de **edificação em seções**; a utilização do dique deve ser compartilhada para dois cascos (um navio e três megablocos do navio seguinte) a fim de otimizar o espaço do dique; e a sequência de construção se dá no início pela região de popa (região já demonstrada no estudo de caso como caminho crítico da construção).

Com relação à área de pré edificações, estas são utilizadas em prioridade para atividades relacionadas à disciplina de estrutura, ou seja, o trabalho de acabamento realizado nesta área, deve ser feito em paralelo com a estrutura, não podendo em

nenhum caso sobrepor o *lead time* de pré-edificação de qualquer parte do navio. Em outras palavras, atividades relacionadas ao acabamento não devem implicar em atraso na edificação. Os blocos que chegam na área de pré edificação, chegam para fazer virada (caso virem) e dar início a atividade de estrutura; as atividades de acabamento que são realizadas com o bloco “esqueleto para baixo” (antes da virada do bloco) são realizadas na área utilizada anteriormente para estoque de blocos. Isto reduz o tempo de utilização da área de pré-edificação (área nobre do estaleiro) possibilitando dar início a outro projeto, tendo em vista que a proposta é construir dois navios em paralelo no dique.

Os quesistos considerados para elaboração do novo *layout* foram

- Tempo de construção
- Peso a ser içado
- Distância percorrida dos blocos da pré edificação até a edificação que impacta no tempo de movimentação.

O novo *layout* foi elaborado de forma que a distância percorrida até a pré-edificação (no caso de blocos a serem pré-edificados para formar o megabloco) ou edificação (no caso da edificação propriamente dita) fosse a mínima possível, tanto para reduzir o tempo de movimentação quanto para reduzir o risco de acidentes.

Na figura 48 está representado o novo *layout*.

12 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

12.1 Elaboração do cronograma

Para elaboração do cronograma de edificação, o primeiro passo é verificar a disponibilidade do recurso gargalo (o de menor disponibilidade), e definir o início em função do mesmo. Como mencionado anteriormente, as oficinas de blocos têm capacidade de fabricar blocos três vezes maior que a capacidade do dique seco de recebe-los, portanto, a construção é limitada no dique seco. Sendo assim, podemos dizer que o dique seco é o gargalo da construção.

A seguir segue um algoritmo da construção do cronograma.

Como um dos objetivos do estudo em questão é reduzir o *lead time* da construção dentro do dique de oito meses para seis meses o primeiro passo a ser realizado é:

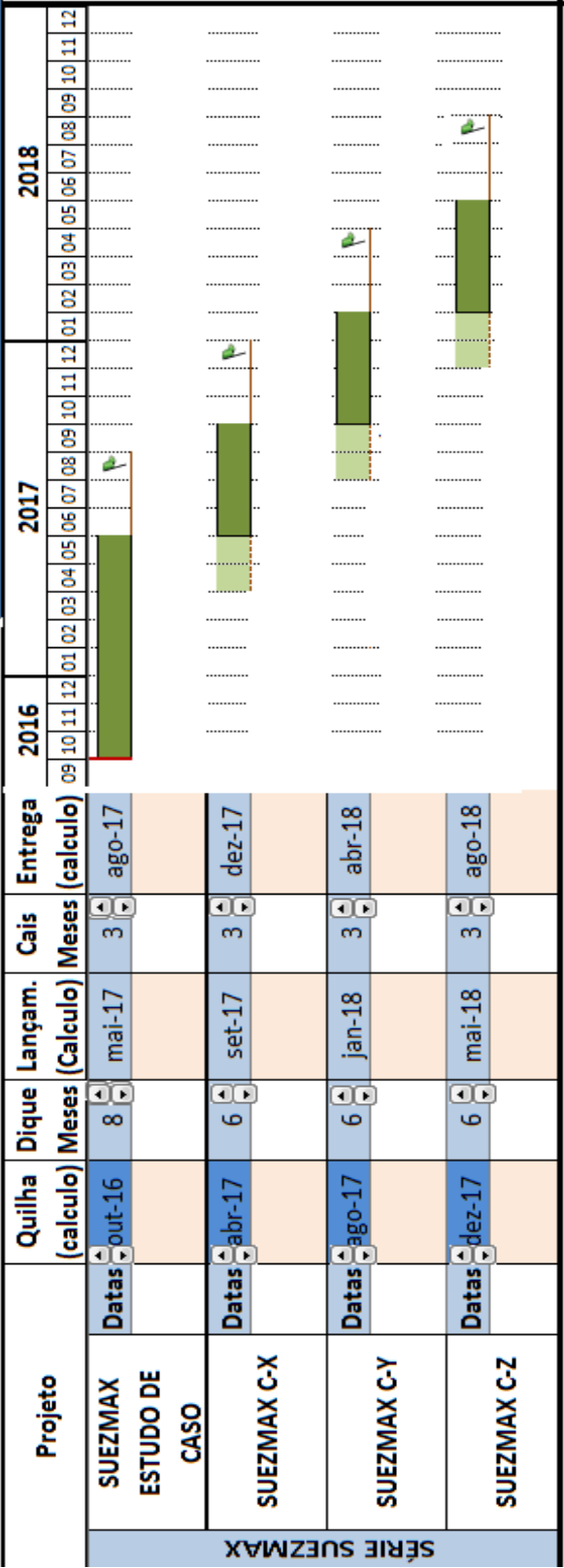
1. Definir datas dos marcos principais no cronograma mestre.

Desta forma, os marcos principais são o batimento de quilha (a primeira edificação), o lançamento e a entrega.

O intervalo entre o batimento de quilha e o lançamento determina o *lead time* de construção dentro do dique seco e o intervalo entre o lançamento e a entrega determina o *lead time* do cais de acabamento.

O gráfico 6 representa um gráfico de Gantt representando a proposta do cronograma mestre da construção permitindo a fácil visualização da duração das atividades no dique e no cais de acabamento. Além disso, é possível visualizar a superposição do recurso crítico, que neste caso é o dique.

Gráfico 6: Proposta de Cronograma Mestre da Construção



Fonte: Autor

A cor verde escuro somada à cor verde claro representa todo período de ocupação do dique, sendo a cor verde claro uma representação da construção do outro casco, ou seja, dois meses antes do lançamento do navio, dá-se início à construção de outro navio em paralelo no dique. O término da cor verde escuro representa o mês em que o navio será lançado e os três meses (representado por uma linha contínua vermelha), significa o período de cais, e na sequência a entrega do navio, representado pela bandeira.

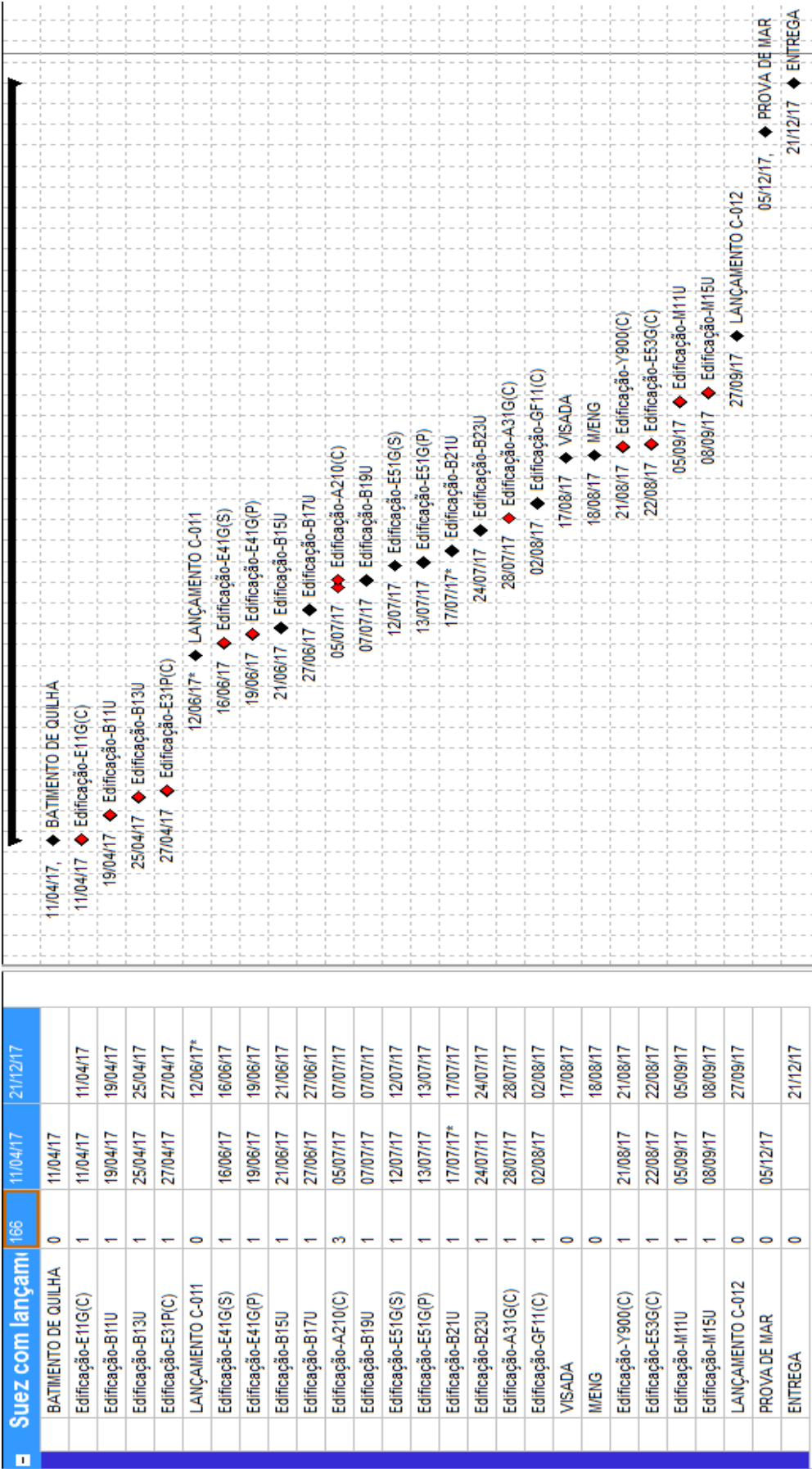
Logo, percebe-se que entre o gráfico 1, que é o cronograma mestre, caso a metodologia permanecesse igual à do navio estudado, e o gráfico 6, que é o cronograma mestre da produção para o navio cuja proposta está sendo lançada, há a redução do *takt time* de entrega de navios de oito meses para quatro meses e a redução do *lead time* de construção de navio no dique de oito meses para seis meses, além de incluir três megabloques do navio seguinte antes do lançamento do navio anterior.

O segundo passo da proposta a ser realizado é:

2. Definir as unidades de edificação bem como a sequência lógica e estratégica.

A estratégia proposta é edificar megabloques ao invés de blocos e conforme a sequência da figura 49.

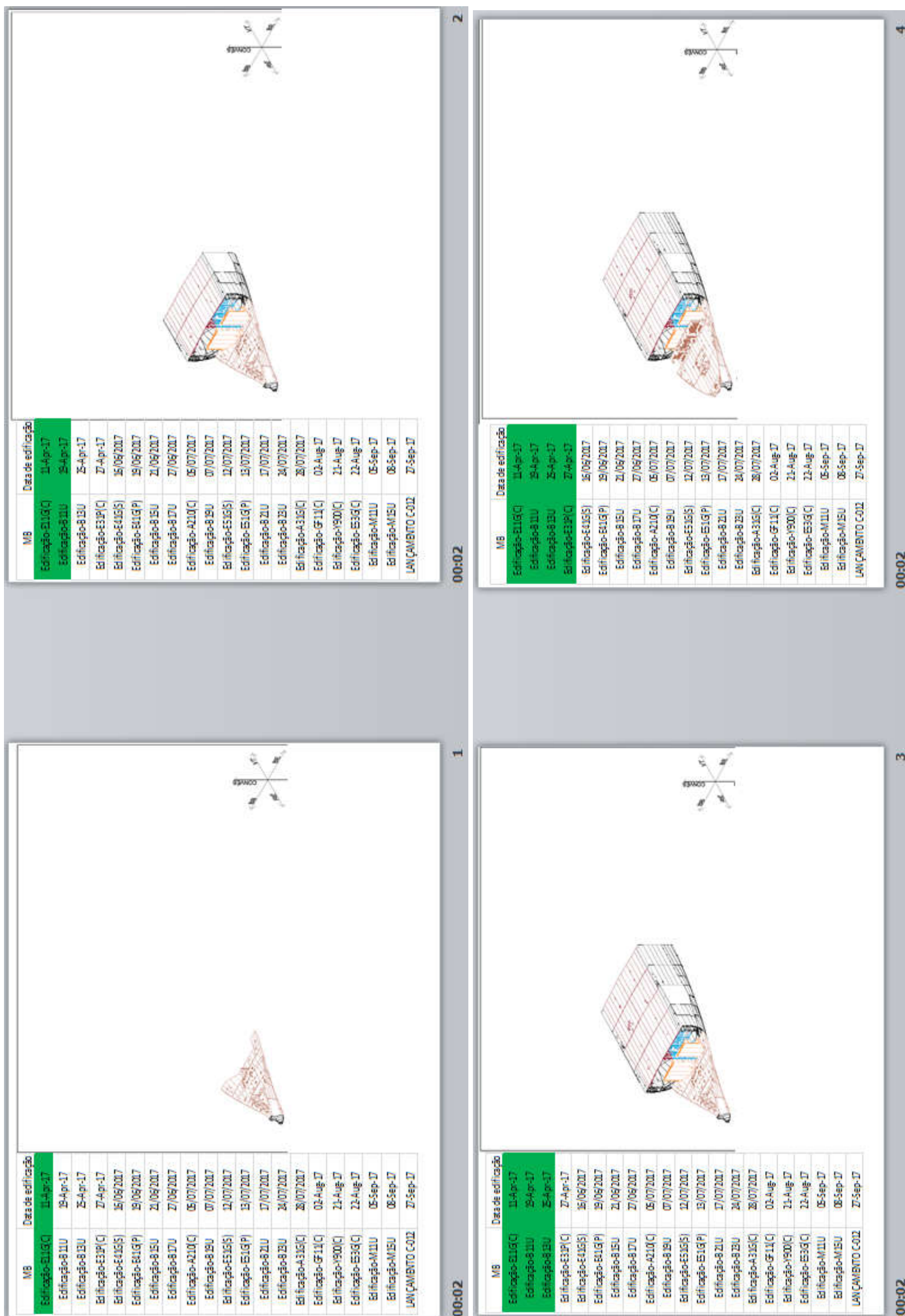
Figura 49: Cronograma de edificação



Fonte: Autor

Nas figuras 53-57, será representada a estratégia proposta.

Figura 50: Representação da estratégia proposta



Fonte: Autor

Figura 51: Representação da estratégia proposta

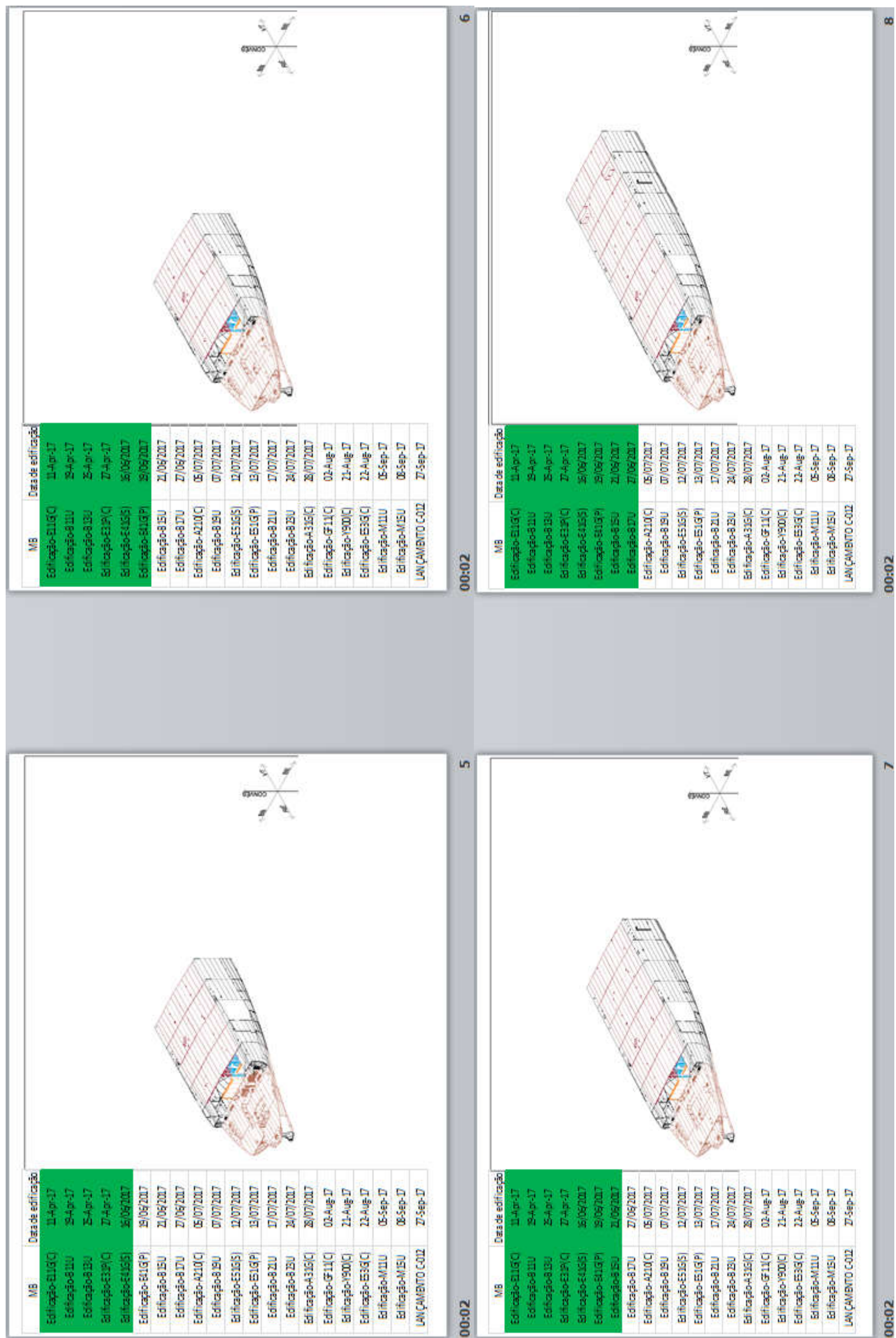


Figura 52: Representação da estratégia proposta

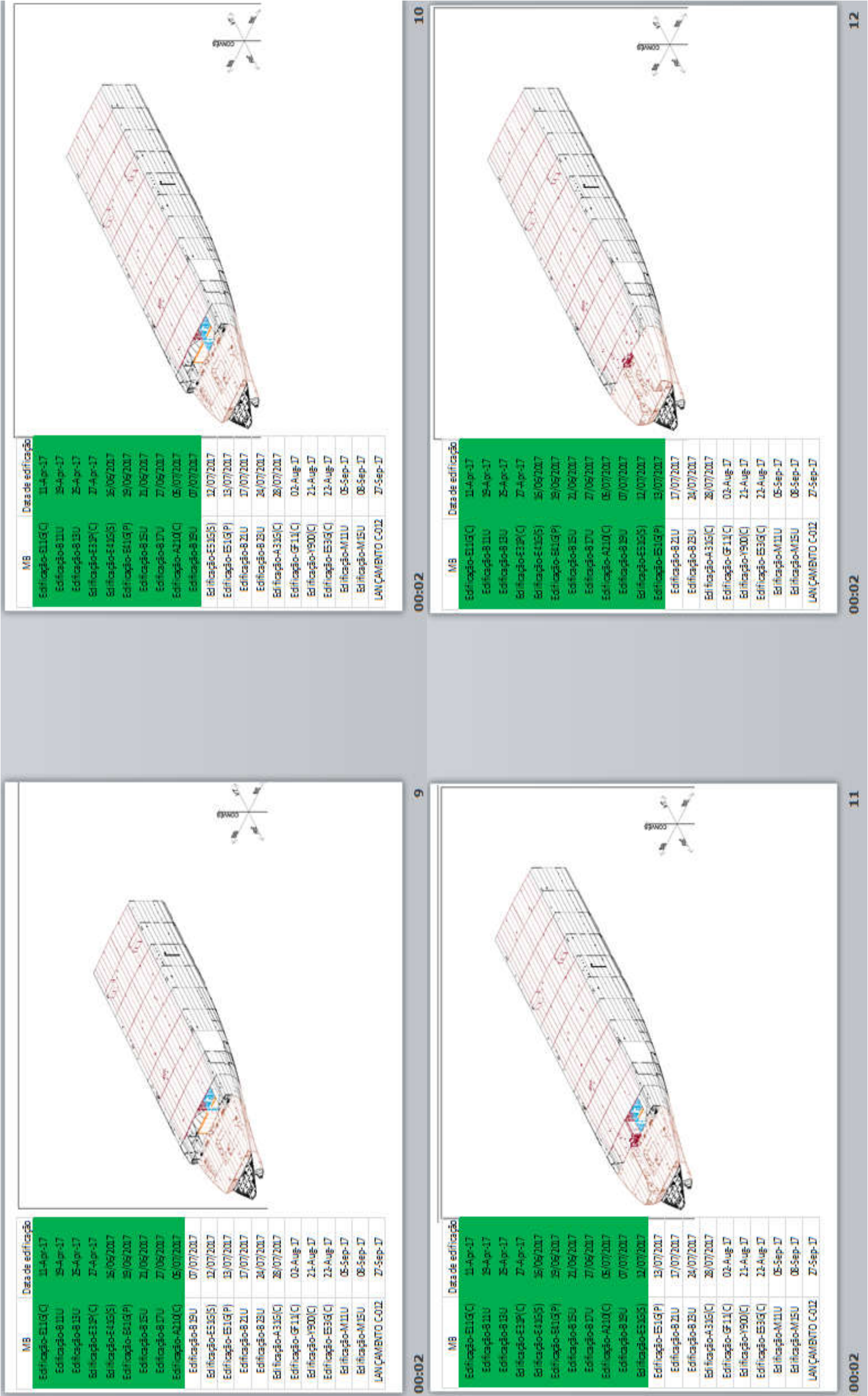


Figura 53: Representação da estratégia proposta

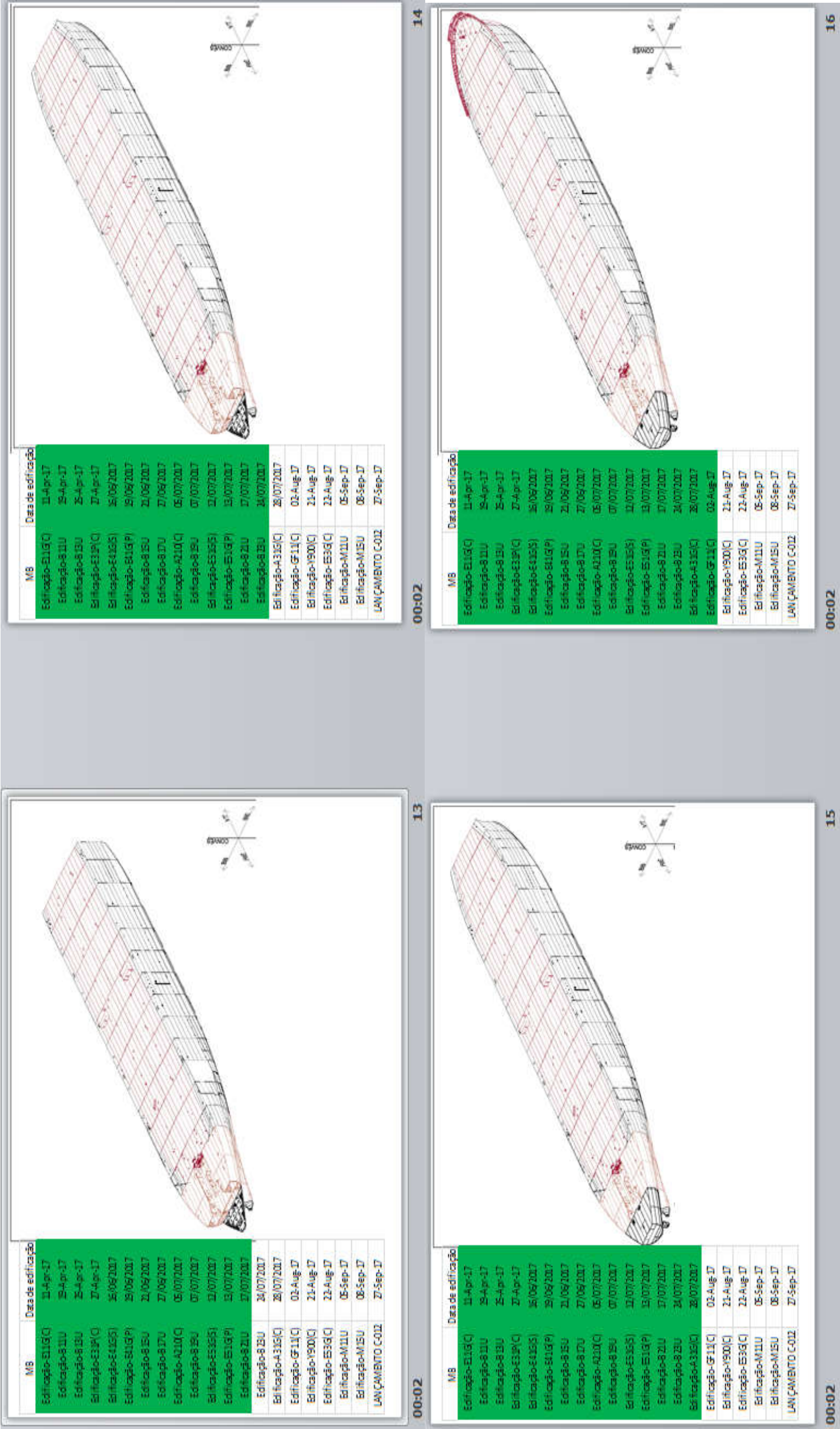
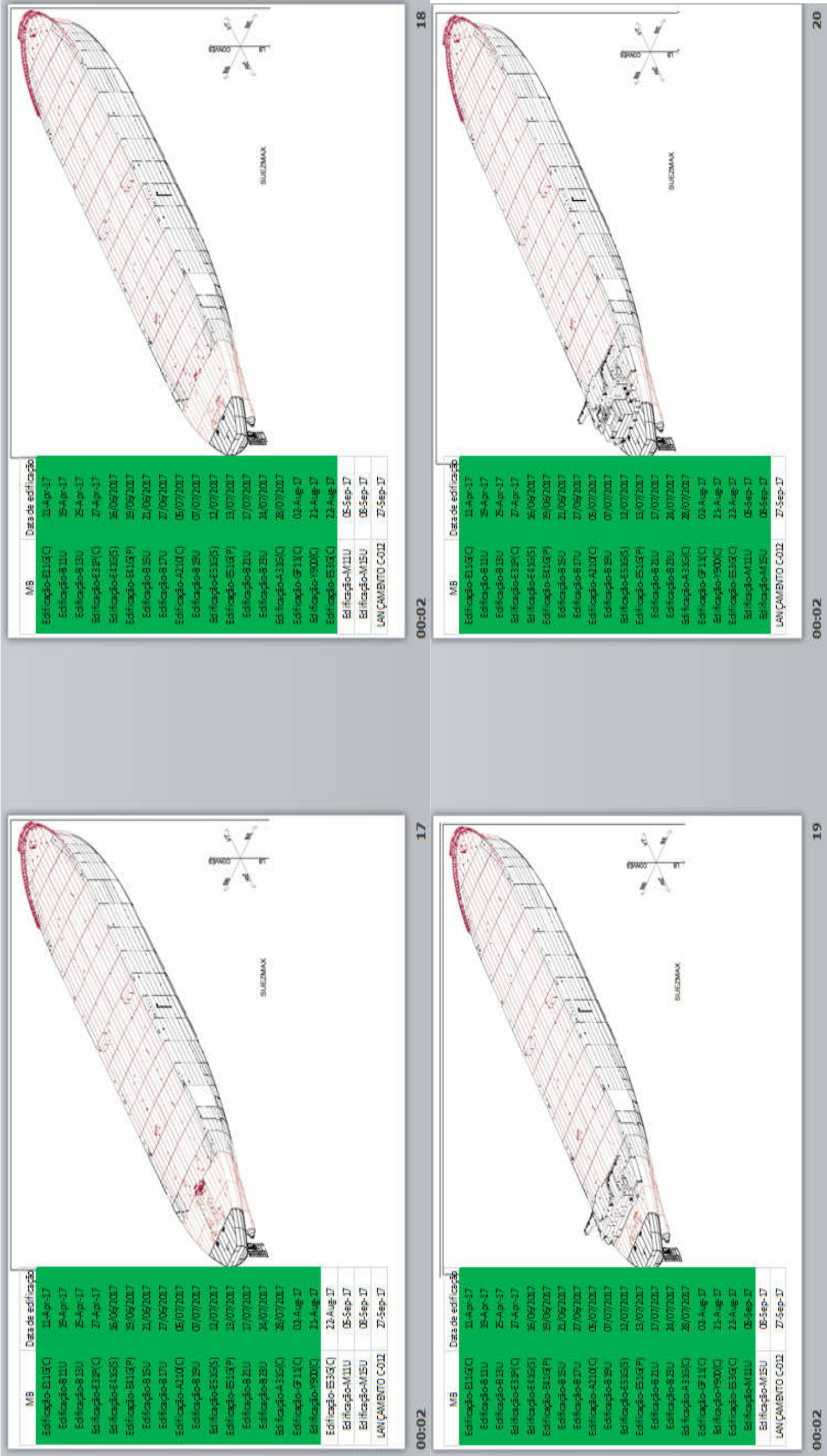


Figura 54: Representação da estratégia proposta



Como pode ser observada, a estratégia é bater quilha com a praça de máquinas, pois conforme observado no estudo de caso este é o caminho crítico da construção e, conforme visto no Pareto (gráfico 5), sua construção é demasiadamente longa. Isto se deve à quantidade de equipamentos que esta região recebe, bem como o processo de alinhamento de eixo; este último precisa de todas as emendas da região de popa (figura 24) finalizadas e aprovadas.

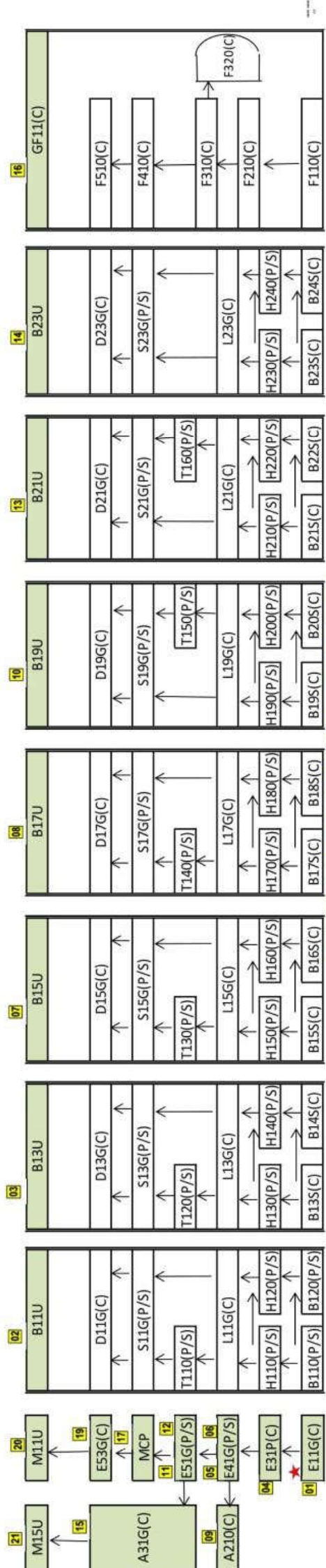
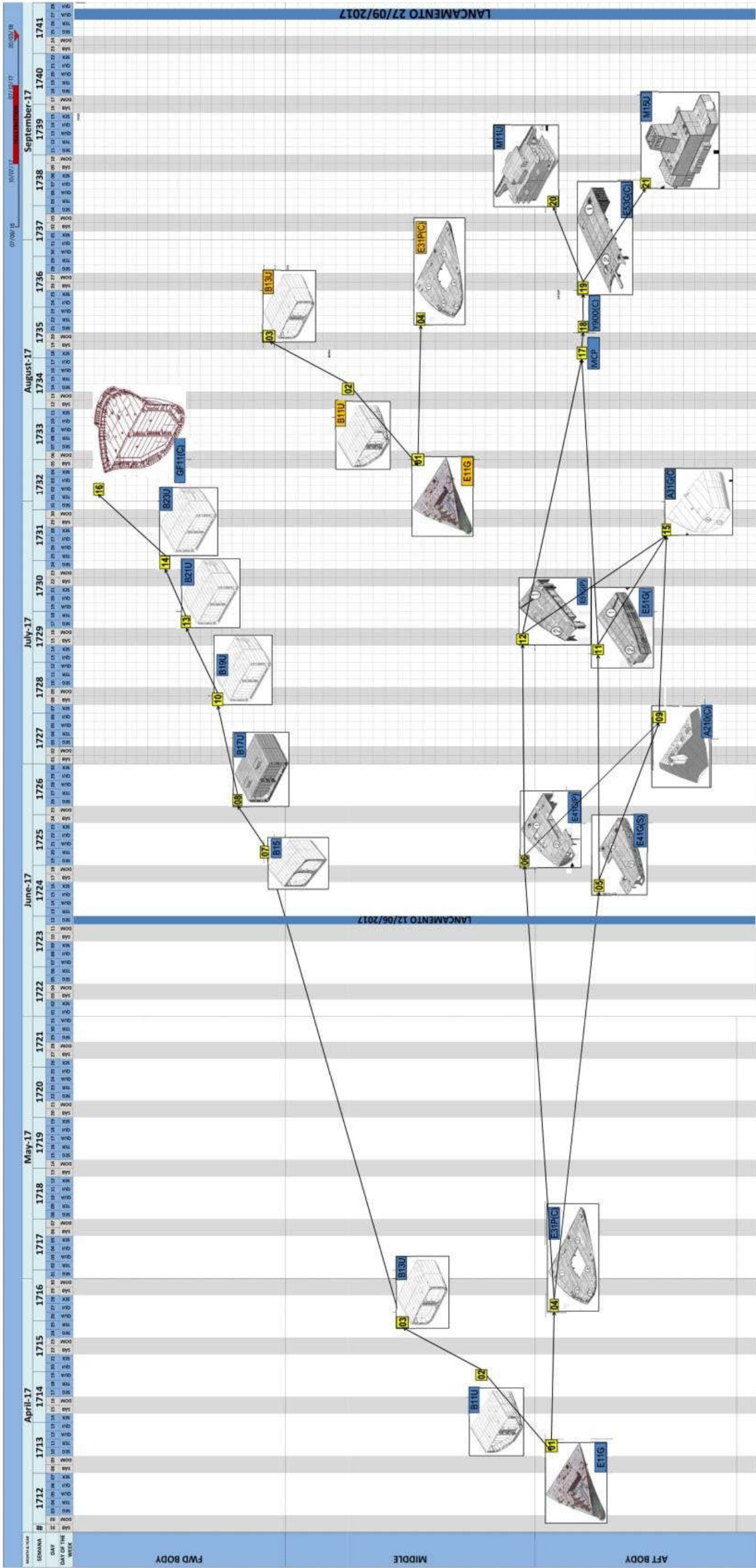
O terceiro passo da proposta a ser realizado é:

3. Definir a lista de blocos que geram os megablocos, ver anexo;

Em seguida, com base no período de dique (gerado no cronograma mestre de construção, ver gráfico 6), na lista de megablocos e sequência de edificação proposta, o próximo passo é:

4. Gerar o cronograma de edificação distribuindo os megablocos dentro do período de batimento de quilha e lançamento, ver gráfico 6.

Gráfico 7: Gráfico PERT/CPM--- Cronograma de edificação



Fonte: Autor

Utilizando as datas de edificação vindas do cronograma, gráfico 7, e a lista de blocos, que juntos constroem um megabloco, segue que o próximo passo é:

5. Gerar o cronograma de pré-edificação e posteriormente gerar o cronograma da construção como um todo.

Para o cronograma de pré-edificação bem como o cronograma da construção, foram utilizadas as durações padrões obtidas através de estimativas e entrevistas realizadas com os especialistas de cada área (estrutura, pintura e acabamento), ver anexo.

Para facilitar na construção do cronograma foi utilizado o software Primavera. Através deste software é possível relacionar as atividades interdependentes formando uma rede lógica e estratégica de atividades. Desta forma, essas redes estabelecem a sequência e a dependência entre as atividades.

Para elaboração de um cronograma no Primavera é necessário:

1. Adicionar as atividades
2. Relacionar as atividades entre si com a rede lógica e estratégica de precedência
3. Introduzir a duração das atividades
4. Introduzir recursos relacionados a cada atividade
5. Otimizar o cronograma através de um nivelamento de recurso(s) mediante a capacidade do estaleiro.

12.2 Construção do cronograma utilizando o Primavera

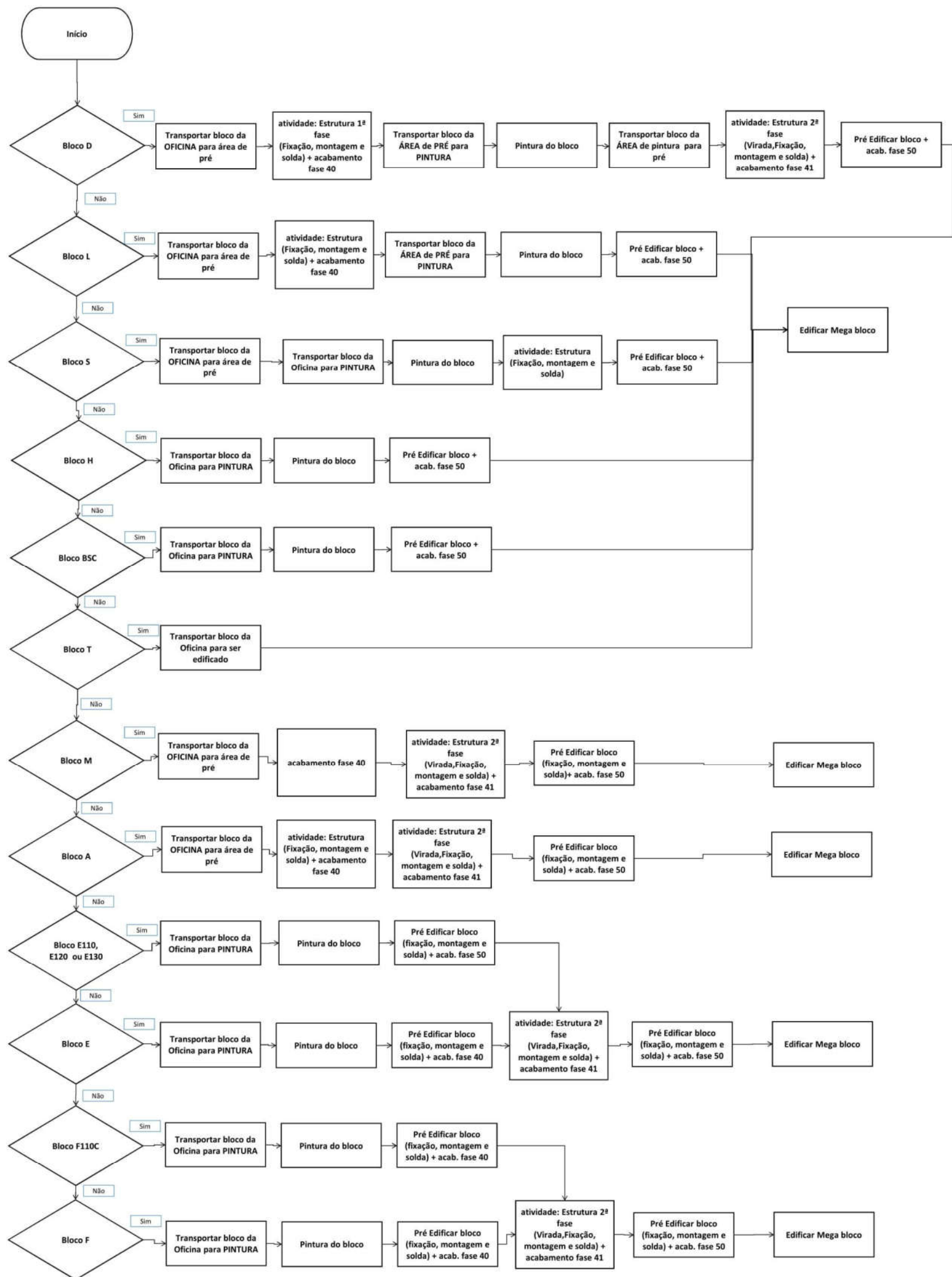
Os marcos principais e as datas de edificação devem ser inseridas (manualmente ou via importação) no Primavera a fim de gerar o cronograma geral, seguindo um fluxo contínuo de atividades, como apresentado na figura 55.

No cronograma é possível perceber que não há mais estoques de blocos; a produção segue em fluxo contínuo e a área onde havia estoques é destinada para realização de acabamento antes da virada do bloco. Desta forma, quando blocos que precisam fazer a virada para dar início à emenda de blocos forem solicitados na região de pré-edificações, o mesmo já irá para esta região com o acabamento finalizado e

aprovado. Sendo assim, o bloco solicitado, no momento em que chega à área determinada e reservada para ele, já estará apto para fazer a virada, iniciando as atividades da disciplina estrutura (virada, fixação, montagem e soldagem) e paralelamente a isto, as atividades de acabamento após a virada do bloco. Esta preparação do acabamento fora da área de pré-edificação, além de eliminar o estoque de blocos, otimiza a área do estaleiro hoje utilizada para estocagem de blocos e também otimiza o uso da área de pré-edificações, pois não haverá mais montagem de acabamento antes da virada do bloco nesta área, reduzindo o tempo em que os blocos permanecem nesta região viabilizando a chegada de outros blocos (do próximo navio) na mesma.

É importante ressaltar que, de acordo com o detalhamento do projeto, alguns blocos não passam por algumas fases de acabamento. Isto pode ser visto em detalhes no anexo, o qual representa a duração de cada atividade para seus respectivos blocos; quando não há atividades na fase correspondente, a célula é preenchida com n/a que significa “não se aplica”.

Figura 55: Fluxograma de atividade— Proposto



Fonte: Autor

A seguir é descrito o passo a passo da construção do cronograma respeitando o *lead time* proposto para a construção dentro do dique como o tempo de cais proposto (cronograma mestre da produção, gráfico 6).

O primeiro passo é:

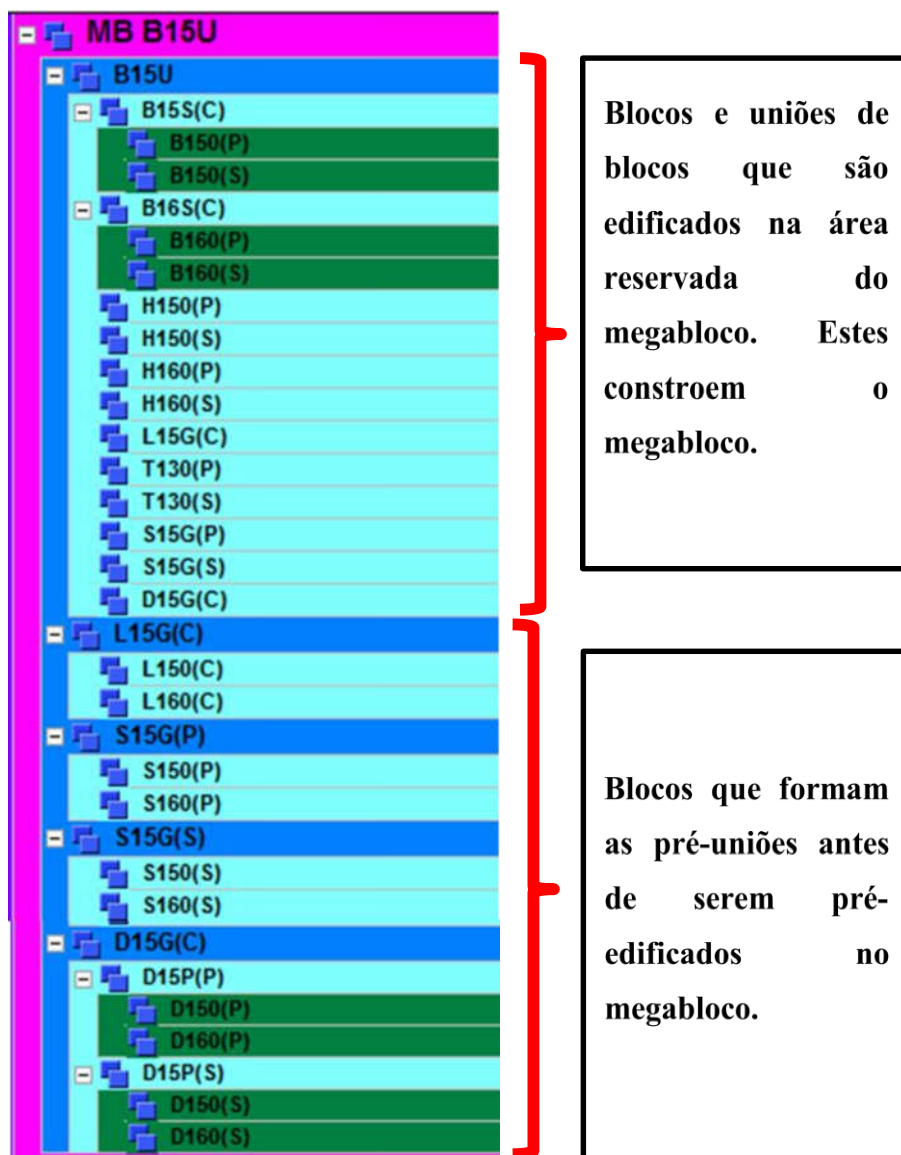
1. Define-se a estrutura de WBS (*work breakdown structure*) ou EAP (estrutura analítica de projetos); esta foi definida baseada em lotes de construção na área de pré-edificação.

Em outras palavras, para cada construção de um megabloco (unidade definida para edificação) foi definida uma região na área de pré-edificações. Alguns blocos, antes de serem pré-edificados para formar o megabloco, fazem uma pré-união (verificar fluxograma na figura 55) em outra área. Para cada união de megabloco, e cada pré-união de blocos foi reservada uma área específica. Baseado nestas áreas reservadas foi elaborado a estrutura de WBS para facilitar a visualização do tempo que cada área, seja esta união ou pré-união, vai estar ocupada.

Todos os megablocos que iniciam com a letra B (B11U, B13U, B15U, B17U, B19U, B21U, B23U) formam regiões de carga e, portanto seguem o mesmo padrão de estrutura. Dentro da WBS, B**U estão todos os blocos (iniciados em H e T) e uniões de blocos (demais) que são pré-edificados formando o megabloco. A seguir (L**GC, S**P/S e D**GC) são as WBS's das uniões dos blocos que fazem pré-uniões antes de serem pré-edificados no megabloco.

Na tabela 13, temos a estrutura do megabloco B15U, que é um megabloco que forma a região de carga.

Tabela 13 : WBS para região de carga



Fonte: Autor

O mesmo padrão segue para os demais megablocos.

Na tabela 14, é mostrada a estrutura dos megablocos da região de praça de máquinas.

Tabela 14: WBS dos megablocos de praça de máquinas



Fonte: Autor

Na tabela 15, vê-se a estrutura do megabloco A31GC, pois o A210C é apenas um bloco.

Tabela 15: WBS dos megablocos da região de popa



Fonte: Autor

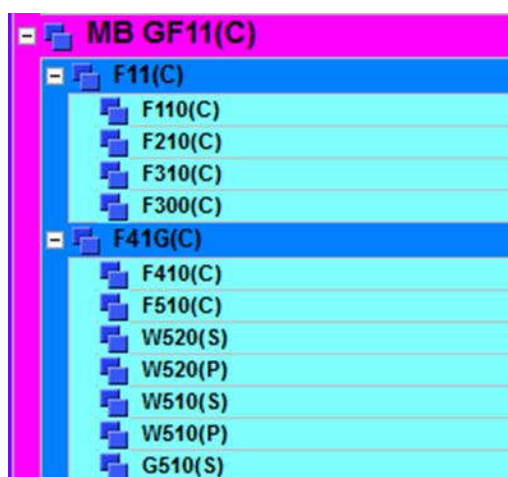
Tabela 16: Leme



Fonte: Autor

Na tabela 17, é mostrada a estrutura do megabloco GF11(C), que é da região de proa.

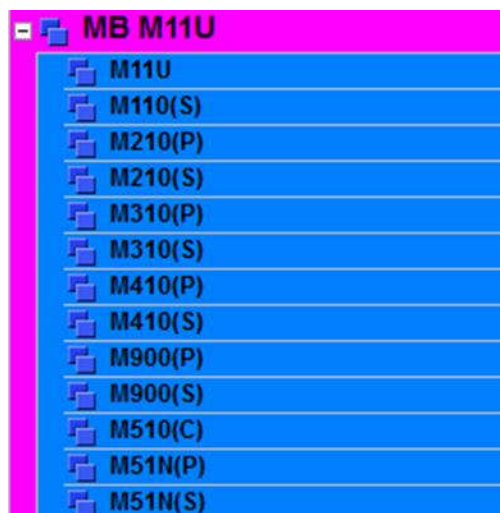
Tabela 17: WBS do megabloco de proa



Fonte: Autor

Na tabela 18, tem-se a estrutura do megabloco M11U, que é a casaria.

Tabela 18: WBS do negabloco- casaria



Fonte: Autor

Na tabela 19, mostra-se a estrutura do megabloco M15U, que é a gaiuta.

Tabela 19: WBS do megabloco- gaiuta

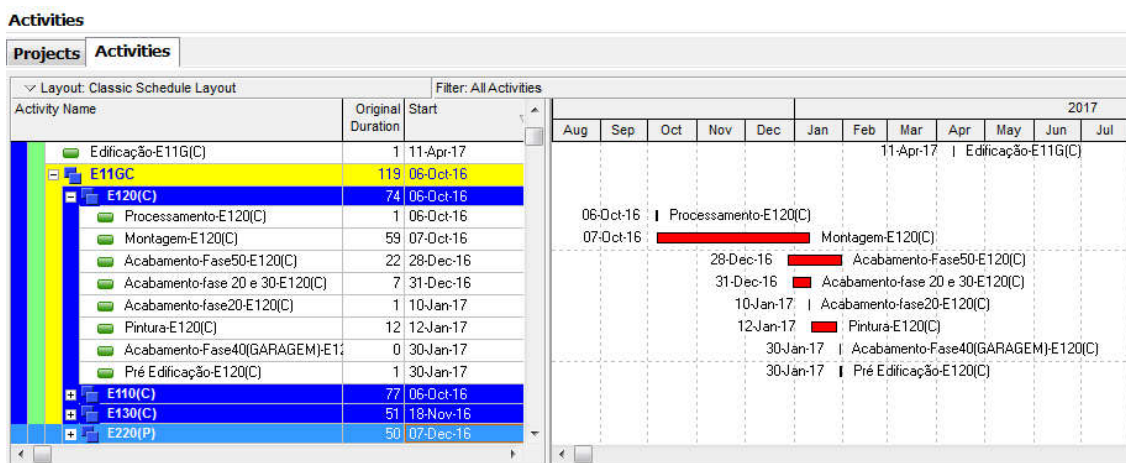


Fonte: Autor

O próximo passo é:

2. Criar as atividades conforme fluxograma de atividades proposto (ver figura 55) e seus respectivos códigos de identidade (código único para cada atividade).

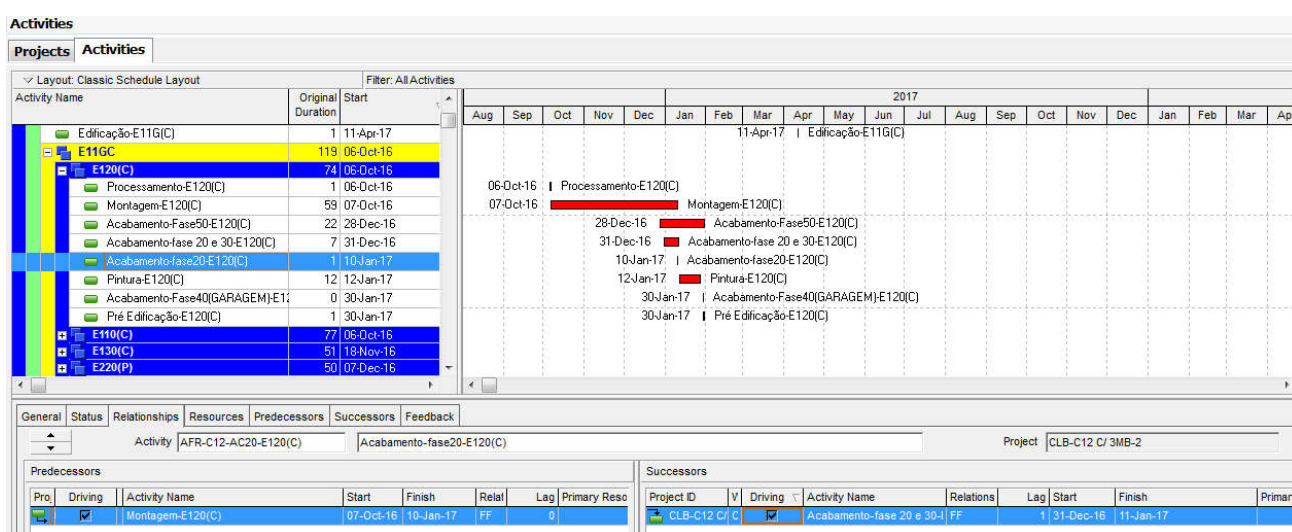
Figura 56: Atividades inseridas no Primavera



Fonte: Autor

- Conectar as atividades seguindo a sequência lógica e estratégica adotada, criando assim atividades predecessoras e sucessoras. Para facilitar a visão dos predecessores e sucessores das atividades é ideal que no nome da atividade já contenha a sua descrição.

Figura 57: Nomeando atividades predecessoras e sucessoras



Identifica-se pelo nome que se trata da Montagem do bloco E120(C)

Identifica-se pelo nome que se trata da Montagem de *Pipping e Outfitting* do Bloco E120(C) na fase antes da pintura que se refere à fase dentro da oficina de montagem

Fonte: Autor

- Incluir as durações das atividades na coluna *Original Duration* (coluna de duração da atividade).

Como já se tem as datas de edificação (PERT), estas são “congeladas” usando *constraint start on* (restrição que fixa a atividade na data definida, impedindo que enquanto o cronograma esteja rodando seja feita qualquer alteração nestas datas). A data a ser restringida é inserida na coluna *primary constraint date* (coluna que recebe a data a ser fixada).

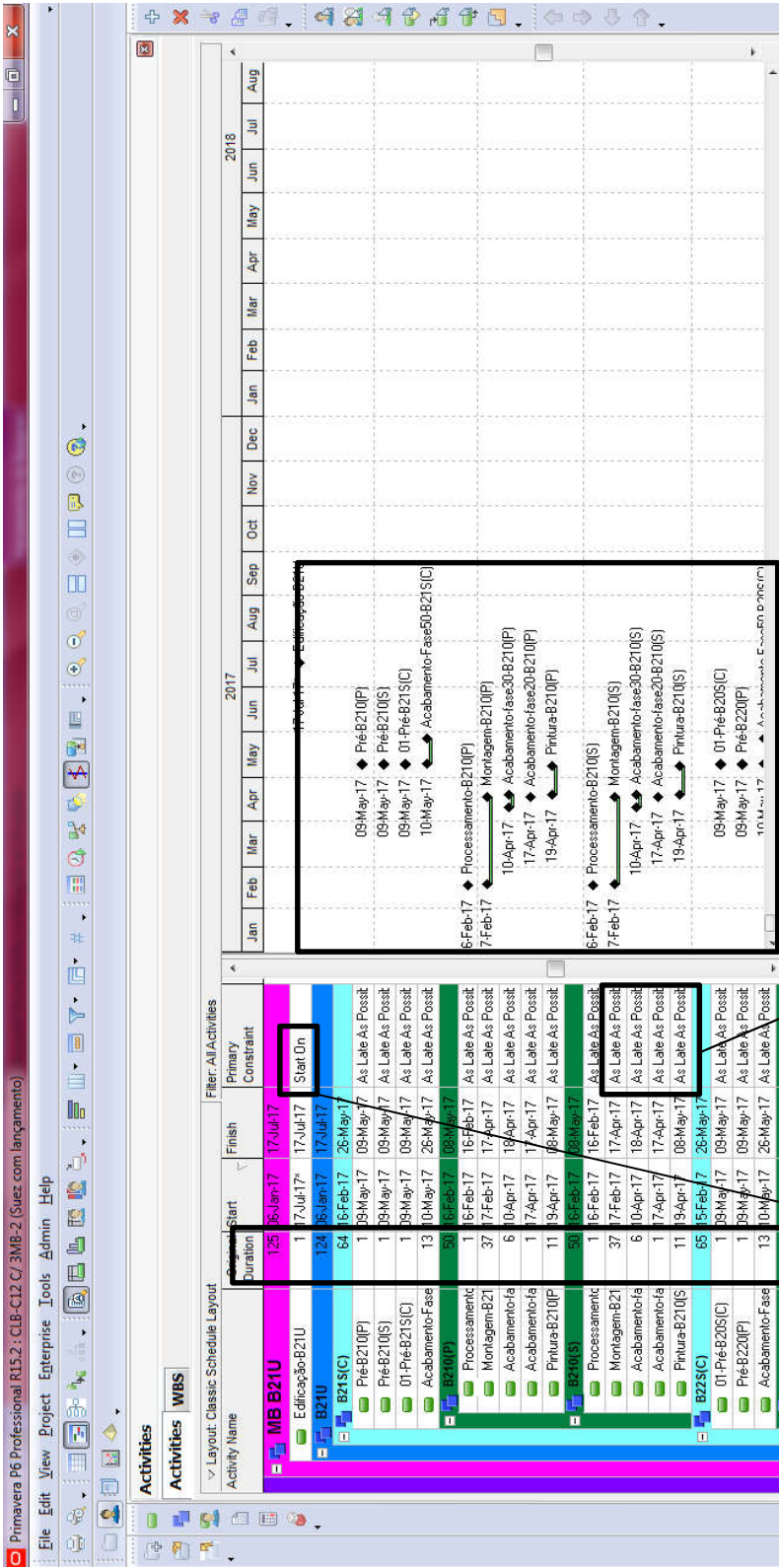
Para as demais atividades, foram usadas a restrição *as late as possible* (restrição que faz com que as atividades predecessoras se conectem às atividades prioritárias — edificações— impossibilitando que haja folga entre alguma atividade e a edificação).

Ao executar a geração do cronograma (tecla F9), tendo em vista que as datas de edificações não podem ser alteradas e as durações das atividades já estão inclusas no cronograma, todas as atividades (predecessoras e sucessoras) conectadas às edificações recebem data de início e fim respeitando as datas de edificação, ou seja, as atividades recebem datas de forma a alcançar as datas definidas (fixas) de edificação.

Após o cronograma ter sido gerado todas as atividades têm data de início e fim, portanto, as atividades prioritárias do cronograma — edificações— já não necessitam mais estar com restrições do tipo *constraint start on*.

O cronograma de pré-edificações bem como o cronograma geral das atividades pode ser visualizado nos apêndices B e C.

Figura 58:Gerando o cronograma



Conectam-se as atividades e executa-se o comando para geração do cronograma.

A opção “o mais tarde possível” é escolhida para que as atividades se conectem-se às atividades de edificação.

Durações estimada.s

Fixam-se as datas de edificação.

13 RESULTADOS DA PROPOSTA

Através do fluxo contínuo das atividades (figura 55), a proposta possibilita a redução dos desperdícios: transporte, espera, estoque, movimentação e superprodução.

Se a execução do navio for de acordo com o cronograma elaborado, o *lead time* de construção do navio dentro do dique será reduzido de oito para seis meses bem como o *takt time* de entrega de navios será reduzido de oito para quatro meses.

De acordo com o que foi proposto, o navio será edificado segundo a metodologia por seção e a sequência de construção se dará a partir da região de popa. Além disso, o espaço no dique será otimizado com a construção de um navio e três megablocos (ver apêndice A) do navio seguinte.

Além do *lead time* e *takt time* serem reduzidos todos os tanques de carga e lastro foram finalizados antes do lançamento do navio, o que pode implicar em uma redução no *lead time* do cais de acabamento.

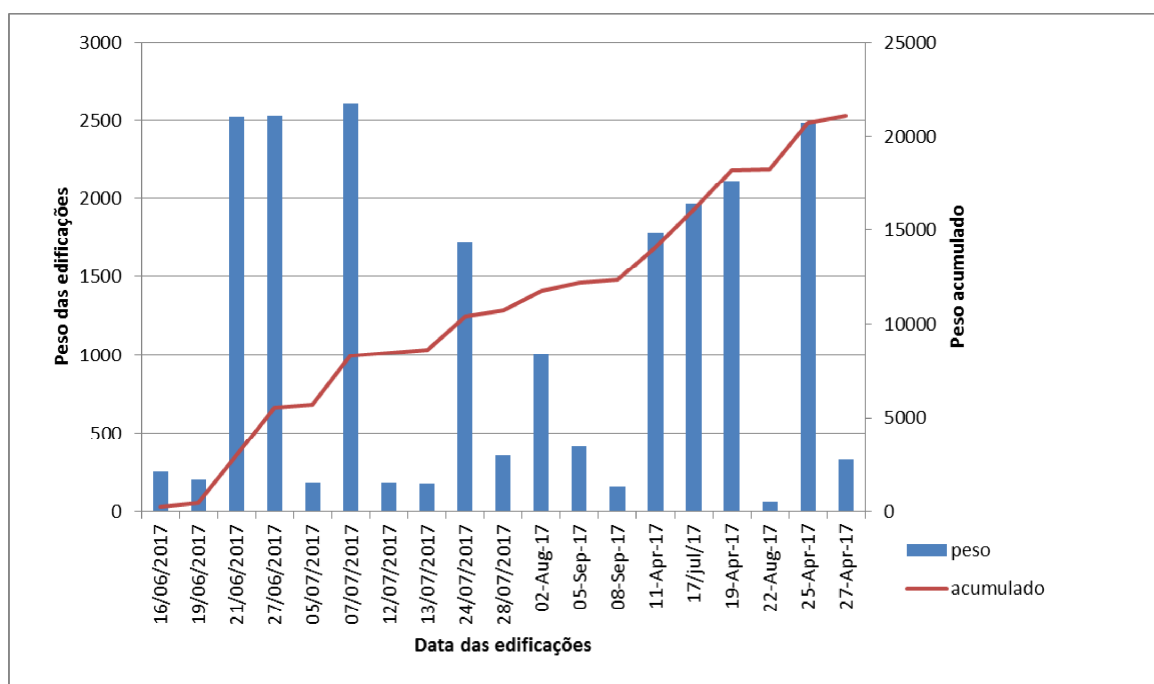
Tabela 20 Análise temporal do impacto da estratégia de edificação no fechamento dos tanques de carga e

Fechamento de tanque	Tanques	Edificação do último MB		carga		Pintura início		Lastro		Pintura fim	
	Giga blocos	Lastro	Carga	Emendas	Pintura	Lastro	Carga	emendas	pintura	Lastro	Carga
Tanque 6	GB11U + GB13U	25/04/2017	25/04/2017	25	30	16/05/2017	30/05/2017	15	40	11/07/2017	11/07/2017
Tanque 5	GB13U + GB15U	21/06/2017	21/06/2017	25	30	12/07/2017	26/07/2017	15	40	06/09/2017	06/09/2017
Tanque 4	GB15U + GB17U	27/06/2017	27/06/2017	25	30	18/07/2017	01/08/2017	15	40	12/09/2017	12/09/2017
Tanque 3	GB17U + GB19U	07/07/2017	07/07/2017	25	30	28/07/2017	11/08/2017	15	40	22/09/2017	22/09/2017
Tanque 2	GB19U + GB21U	17/07/2017	17/07/2017	25	30	07/08/2017	21/08/2017	15	40	24/09/2017	24/09/2017
Tanque 1	GB21U + GB23U	24/07/2017	24/07/2017	25	30	14/08/2017	28/08/2017	15	40	26/09/2017	26/09/2017

Fonte: Autor

A proposta em questão sugere um maior nivelamento da duração das atividades no dique no que se refere às direções de popa e proa. Isto pode ser observado em mais detalhes através do PERT no gráfico 7.

Além do nivelamento da construção no dique pode-se observar um nivelamento no uso do recurso pórticos através da curva de peso.

Gráfico 8: Curva de peso da edificação (Proposta)**Fonte: Autor**

Além disso, proposta resulta na redução do número de movimentações realizadas por transporte (carretas hidráulicas). A tabela 21 mostra o número de movimentações com carretas para cada tipo de bloco segundo a proposta.

Tabela 21: Número de movimentações com carretas por projeto segundo proposta

Tipo de blocos	Total de mov. Com carretas
A	10
B	42
D	56
E	52
F	12
H	56
L	19
M	17
S	56
T	12
Soma	332

Fonte: Autor

A soma da coluna “total de mov. Com carretas” é o número de movimentações realizadas por carretas para todo o projeto. Nota-se uma redução do total de movimentações em relação ao estudo de caso uma vez que, como não há estoques e cada bloco tem sua posição definida no *layout*, não haverá movimentações desnecessárias durante a edificação do navio.

A tabela 22 apresenta um resumo comparativo entre o estudo de caso e a proposta.

Tabela 22: Comparação entre estudo de caso e proposta

	Estudo de caso	Proposta
Estratégia	Camadas/ilhas	Seção
Tempo de construção no dique	8 meses	6 meses
Tempo de cais	3 meses	3 meses
takt time de entrega de navios	8 meses	4 meses
Tanques finalizados antes do lançamento	10 tanques	24 tanques
Fluxo contínuo entre atividades	Não	Sim
Desperdício: (Estoque, movimentação, super produção, transporte e espera)	Sim	Não
Dique	1 navio	1 navio + 3 MB de outro navio
Layout	1 navio	2 navios
Movimentação : carretas	> 646	= 332
Movimentações : Goliaths	34- pré vs 112- dique	126- pré vs 20- dique

Fonte: Autor

14 DISCUSSÕES ACERCA DA PROPOSTA

A ideia de restringir as atividades do cronograma para *as late as possible* possibilita exatamente o sistema puxado de construção, exigindo que as atividades sigam um fluxo contínuo e que elas sejam forçadas a terminar de forma que não haja sobra de tempo entre as mesmas e a edificação. Em outras palavras, o dique seco age como o cliente e a restrição *as late as possible* força todas as atividades a atenderem a sua demanda, que são as edificações.

A premissa adotada — produção puxada — manteve as atividades em fluxo contínuo e eliminou desperdícios como:

Superprodução: a fábrica só fabricará o necessário na quantidade necessária e no tempo necessário (*just in time*);

Espera: tudo que for fabricado obedece à demanda do cliente, o dique seco;

Perda por transporte: toda movimentação realizada está direcionada para entrega ao dique seco;

Eliminação do estoque: a produção puxada não utiliza estoque de blocos;

Movimentação: Como não haverá estoque de blocos, não será necessária a movimentação de mão-de-obra à procura de blocos em estoque;

Como pode ser visto no fluxograma da proposta apresentado na figura 55, e se compararmos com o fluxograma do estudo de caso apresentado na figura 23, as ações de estoque e consequentes movimentações foram eliminadas.

Além da eliminação das ações de estoque de blocos, outro fator que influenciou na redução de movimentações foi a mudança na estratégia de pré edificações dos blocos D's e B's. Conforme demonstrado na figura 55, os blocos marcados com a inicial D ao saírem da oficina irão direto para a área de pré-edificações, seu lugar reservado segundo o *layout* proposto, onde receberão emendas de soldagem de vante e de ré e em seguida, serão transportados para a cabine de pintura, logo após, estes voltam para a região de pré-edificação para fazer a virada do bloco D**PP/S (união entre D150P e D160P ou entre D150S e D160S). Neste momento se dará início à emenda de soldagem central, para então serem pré-edificados em cima do megabloco B**U. Os blocos marcados com inicial B passam por processo semelhante aos blocos D, porém estes já sairão da oficina de blocos com emenda de soldagem de um bordo com outro bordo formando a união de blocos com a nomenclatura B**SC, quando então seguem para cabine de

pintura. Em outras palavras, os blocos B e D que precisariam de duas movimentações (porque eram dois blocos), tiveram sua movimentação reduzida para uma, pois se tornaram um único bloco. Note que as oficinas de montagem, assim como as cabines de jateamento e pintura possuem capacidade instalada que torna viável a operação de emenda dos blocos B dentro das oficinas.

Considerando a aplicação da metodologia *Lean Manufacturing*, na proposta observa-se que o parâmetro de medição produção *takt time*, aponta para uma redução de oito meses, do estudo de caso, para quatro meses, obtendo-se assim uma redução de 50% no *takt time* de entrega de navios. Isto quer dizer que, se a proposta for implementada no estaleiro, espera-se que a cada quatro meses um navio seja lançado e entregue.

De forma análoga, se considerarmos o parâmetro de construção *lead time* haverá uma redução de oito meses, do estudo de caso, para seis meses estimados na proposta. Isto implica em uma estimativa de redução no uso do dique seco de 25% por projeto.

Ainda falando-se em *Lean Manufacturing*, em especial ao segundo e terceiro “M” do sistema toyota de produção, sendo eles: *muda* (desperdício), *mura* (desnívelamento do trabalho) e *muri* (sobrecarga de atividades) a proposta em questão sugere um maior nivelamento da duração das atividades no dique no que se refere à construção à vante e à ré reduzindo *mura* e consequentemente *muri*.

Além do nivelamento da construção no dique, como pode ser observado da curva de peso no gráfico 8, a proposta prevê um maior nivelamento no uso dos recursos pórticos. Para as edificações dos megabloques que formam região de carga, bem como o primeiro nível da praça de máquinas, é necessária a utilização dos dois pórticos. Já para as demais edificações que utilizam apenas um pórtico há um nivelamento com um pico apenas para o megabloco de proa.

Com relação à estratégia de edificação da proposta demonstrada no cronograma, figura 49, a mesma baseia-se na técnica de edificações por seções — os megabloques — para maximizar o uso da capacidade dos pórticos existentes no estaleiro e reduzir a sobrecarga (*muri*) de emendas no dique. Esta premissa de edificação em megabloques é bem diferente da utilizada no estudo de caso que considerou a edificação de blocos por camadas.

Com essa metodologia de edificação por seções (megabloques) estimou-se 20 movimentações de edificação (para o dique) com a utilização do pórtico e 126

movimentações na área de pré-edificações e viradas de blocos. Comparativamente, observaram-se no estudo de caso que houve 112 movimentações para o dique seco e somente 34 movimentações na região de pré-edificações. Como demonstrado nos resultados do cronograma desenvolvido na proposta, quanto menos atividades tiverem na fase de edificação no dique seco, maior será a produtividade nas fases anteriores, e menores serão o *takt time* e o *lead time* do projeto.

Além da estratégia de edificação por seções, foi proposta uma nova sequência de edificações, iniciando-se a partir da praça de máquinas, por ser esta região do navio o caminho crítico da construção. Nesta sequência proposta, após o primeiro nível da praça de máquinas seguem dois megablocos de região de carga, que fecham os tanques 6 (de carga e lastro tanto bombordo quanto boreste). Como a nova estratégia de edificação da Proposta considera a edificação de três megablocos do navio seguinte antes do lançamento do navio anterior, esses seriam então os primeiros a serem edificados antes do lançamento do navio estudado no estudo de caso. O tempo dado entre a última edificação do segundo nível da praça de máquinas até o lançamento do navio do estudo de caso permite que todas as emendas associadas à estes megablocos sejam finalizadas e como consequência, tem-se que o tanque 6 seja finalizado antes do lançamento do navio anterior.

Como pode ser observado na tabela 20, a estratégia permite que todos os tanques sejam pintados antes do lançamento. Tome-se como exemplo, o último tanque a ser finalizado, tanque de lastro 1 (BB/BE), tem sua finalização em 26/09/2017 e conforme mostrado no cronograma mestre da produção (gráfico 6), o lançamento do navio cuja metodologia de edificação está sendo proposta, ocorre em 27/09/17, data esta, posterior à finalização da pintura dos referidos tanques.

Pode-se também observar na tabela 20 a redução das durações das emendas. Isto ocorre porque a maior parte das emendas serão executadas na região de pré edificações, já que para edificar os megablocos todas as emendas de soldagem dos blocos devem estar finalizadas e aprovadas antes que o este seja edificado (no dique seco). Note que as durações das emendas que pode ser vista na tabela 20 representam as emendas de soldagem executadas entre um megabloco e outro.

Considerando a mudança de *layout* de edificação apresentado na proposta, pode-se observar dos resultados da proposta que após dois meses do início da construção de

um megabloco já será possível iniciar a construção do mesmo megabloco de outro casco.

No layout proposto as áreas reservadas agem como estacionamentos, que foram criados para otimizar o fluxo de atividades entre oficina e dique seco, minimizando assim ao máximo as distâncias entre movimentações. É importante ressaltar que no estudo de caso os blocos que faziam virada, antes de virar passavam por um período nestas áreas para montagem de tubulações, acessórios, cabos, etc. Com o novo layout os blocos já chegam nesta área prontos para fazer a virada, a fase de acabamento dos blocos é realizada na antiga área de estoque, permitindo-se assim o início imediato da atividade de estrutura e acabamento (em paralelo com a estrutura) após a virada.

O cronograma desenvolvido na proposta foi concebido de forma a deixar fixada a duração com que as áreas do layout serão ocupadas, como pode ser visto na linha da WBS observado na figura 59.

Figura 59: Tempo de construção na área de pré edificações ("estacionamentos")

MB B13U		77	28/12/16	25/04/17	
Edificação-B13U		1	25/04/17	25/04/17	B13U
B13U		46	10/02/17	24/04/17	
B13S(C)		1	10/02/17	10/02/17	
01-Pré-B13S(C)		1	10/02/17	10/02/17	B13U
Pré-B130(P)		1	10/02/17	10/02/17	B13U
Pré-B130(S)		1	10/02/17	10/02/17	B13U
B14S(C)		1	10/02/17	10/02/17	
01-Pré-B14S(C)		1	10/02/17	10/02/17	B13U
Pré-B140(P)		1	10/02/17	10/02/17	B13U
Pré-B140(S)		1	10/02/17	10/02/17	B13U
H130(P)		1	20/02/17	20/02/17	
Pré Edificação-H130(P)		1	20/02/17	20/02/17	B13U
H130(S)		1	21/02/17	21/02/17	
Pré Edificação-H130(S)		1	21/02/17	21/02/17	B13U
H140(P)		1	22/02/17	22/02/17	
Pré Edificação-H140(P)		1	22/02/17	22/02/17	B13U
H140(S)		1	23/02/17	23/02/17	
Pré Edificação-H140(S)		1	23/02/17	23/02/17	B13U
L13G(C)		1	24/02/17	24/02/17	
02-Pré Edificação-L13G(C)		1	24/02/17	24/02/17	B13U
T120(P)		1	06/03/17	06/03/17	
Pré Edificação-T120(P)		1	06/03/17	06/03/17	B13U
T120(S)		1	06/03/17	06/03/17	
Pré Edificação-T120(S)		1	06/03/17	06/03/17	B13U
S13G(P)		1	10/03/17	10/03/17	
02-Pré Edificação-S13G(P)		1	10/03/17	10/03/17	B13U
S13G(S)		1	13/03/17	13/03/17	
02-Pré Edificação-S13G(S)		1	13/03/17	13/03/17	B13U
D13G(C)		18	24/03/17	24/04/17	
03-Pré Edificação-D13G(C)		18	24/03/17	24/04/17	B13U
L13G(C)		10	06/02/17	17/02/17	
01-Pré-L13G(C)		10	06/02/17	17/02/17	B13U
Pré-L130(C)		1	06/02/17	06/02/17	B13U
Pré-L140(C)		1	06/02/17	06/02/17	B13U
S13G(P)		21	31/01/17	03/03/17	
01-Pré-S13G(P)		13	31/01/17	17/02/17	B13U
Pré-S130(P)		1	31/01/17	31/01/17	B13U
Pré-S140(P)		1	31/01/17	31/01/17	B13U
02-Pintura de Emenda - S13G(P)		1	21/02/17	03/03/17	B13U
S13G(S)		21	01/02/17	06/03/17	
01-Pré-S13G(S)		13	01/02/17	28/02/17	B13U
Pré-S130(S)		1	01/02/17	01/02/17	B13U
Pré-S140(S)		1	01/02/17	01/02/17	B13U

Fonte: Autor

Para cada região marcada por um retângulo preto há uma área exclusiva correspondente no *layout* proposto. Na mesma figura estão destacados por um círculo a duração que cada união de blocos levará desde o seu início até ser finalizada sua construção em sua área designada. A duração total não ultrapassa dois meses, portanto

o megabloco de outro navio poderá dar início a construção respeitando esse planejamento.

Finalmente, a estratégia de edificação da proposta procurou minimizar o trabalho a ser executado no dique seco, controlando a manufatura de blocos nas oficinas (eliminando estoques e consequentes movimentações de carga desnecessárias), reservando áreas prioritárias para pré-edificação, garantindo uma sequência de edificação que atenda os requisitos mínimos antes do lançamento do navio, sempre respeitando as restrições físicas e técnicas do estaleiro.

15 CONCLUSÃO

Diante do que foi apresentado podemos concluir que:

- A metodologia *Lean Manufacturing* pode ser incorporada não só ao processo de edificação bem como toda a construção de um navio, otimizando o fluxo de atividades, implementando a lógica do sistema puxado na produção, eliminando desperdícios e garantindo maior produtividade ao estaleiro.
- A implementação da metodologia *Lean Manufacturing* tornou possível demonstrar que uma redução dos gargalos da construção é possível sem empurrar atividades para fases posteriores.
- Os resultados da proposta apontam para uma potencial redução do *lead time* de construção do navio no dique e do *takt time* de entrega de navios;
- Os resultados da proposta demonstram que o uso racional de recursos como pórticos, carretas, dique seco e as áreas de pré edificação, leva à benefícios que impactam na diminuição do *takt time* e *lead time* da produção, com consequentemente aumento da produtividade do estaleiro.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Sabe-se que a união das emendas dos B's e D's reduziram movimentações de carretas hidráulicas e a pergunta que surge é: uniões de emendas dos blocos S's também podem ser realizadas dentro da oficina? A análise a ser feita é: no caso das uniões dos blocos S's a emenda atinge não só painéis como é o caso do B**P com B**S, pois no caso do bloco S' seria a união de vante com ré e essa união leva mais tempo, pois além do chapeamento é preciso fazer a soldagem entre os perfis, o que poderia talvez travar a linha de montagem de blocos. Acredita-se que esta é uma análise válida a ser feita, pois a fase de pré-edificações para estes blocos poderia ser eliminada, reduzindo atividades na área de pré-edificações, abrindo assim espaço para outros blocos.
- Verifica-se que assim como são pré-edificados uniões de blocos que se iniciam em D, L e S, porque não pré-edificar uniões de blocos que se iniciam em H, como por exemplo, a união do H150P como o H160P, isso reduziria movimentações de carretas além das movimentações com o pórtico, reduzindo no custo do seu uso, ademais diminuiria também o tempo de construção do megabloco, pois estas emendas não seriam realizadas no mesmo, tendo em vista que estas já estariam aprovadas antes mesmo da união ser pré-edificada no megabloco.
- Fazer um mapeamento do fluxo de valor do estado atual e da proposta a fim de facilitar na visualização da eliminação dos desperdícios.
- Considerando que a pintura dos tanques leva um tempo considerável dentro do dique, e para que se tenha ao menos um tanque são necessários pelo menos dois megablocos, uma proposta é estudar qual a redução no tempo de construção dentro do dique caso houvesse uma mudança no projeto, de forma que o tanque fosse fechado estruturalmente com apenas um megabloco; Desta forma, o mesmo já poderia ir pintado para dentro do dique.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPRACE, J. D. et al. **Discrete Event Production Simulation and Optimisation of Ship Block Erection Process**, **Proceedings, 10th International Conference on Computer Application nformation Technology in the Marine Industrie COMPIT ' 11**. University of Liège, University Federal of Rio de Janeiro. Liège, Rio de Janeiro, p. 271-282. 2011.
- CHUNG, K. H. et al. Reducing the level of the waiting blocks in the shipbuildings industry by using the theory of constrains, **Proceedings, POMS 20 th Annual Conference**, Orlando, 1-4 May 2009.
- DENNIS, P. **Produção lean simplificada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- JISONG, B.; XIAOFENG, H.; YE, J. A genetic algorithm for minimizing makesplan of block erection in shipbuilding,. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2009. pp. 500-512.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Takt time. Disponível em: <https://www.lean.org/lexicon/takt-time>. Acesso em 20 de fev. 2017.
- MACHADO, G. **Especialização em engenharia naval**, 2009.
- MEIJER, K.; PRUYN, J. F. J.; KLOOSTER, J. Erection scheduling support tool. In V. Bertram (Ed), **Proceedings, 8th international conference on computer and IT applications in the maritime industries COMPIT '09**, Budapest, Hungary, 2009. pp. 326-332.
- NAVIOS e Portos. Disponível em: <http://www.navioseportos.com.br/site/index.php/glossarios/glossarios/lancamento-lateral>>. Acesso em: dezembro 2016.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção. além da produção em larga escala**, Porto Alegre, 1997.
- OKUMOTO, Y. Optimization of block erection using a genetic algorithm, **Journal of Ship Production**, 2002. pp. 116-119.

- PACÍFICO, D. P. **Edificação de grandes/mega-anéis em dique seco para petroleiro tipo Suezmax**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009. p.27.
- PAIXÃO, P. Petróleo e construção naval. Disponível em: <<http://petrogasenaval.blogspot.com.br/2015/07/estaleiros-no-brasil.html>>. Acesso em: 12 dezembro 2016.
- PETKOVIC, M. **Qualidade e segurança na indústria naval e oceânica**, 2015. Notas de aula.
- PINTO, M. M. D. O. et al. **Planejamento, programação e controle da produção e estoques na construção naval**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE LONDRINA, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. SÃO PAULO, p. 44. 2007.
- SOUZA, C. M. D. **Técnicas avançadas em planejamento e controle da construção naval**, Junho 2009.
- SHINGO, SHIGEO. **O Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Medicas, 1996. 30
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- TOKOLA, H.; NIEMI, E.; REMES, H. Block erection sequencing in shipbuilding with general lifting and joining times.
- VALLE, A. B. D. et al. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 2^a. ed. [S.l.]: FGV, 2008.
- VARGHESE, R.; YOON, Y. D. Dynamic spatial block arrangement scheduling in shipbuilding industry using genetic algorithm, Proceedings, INDIN'o5, Perth, Australia, 10-12 August 2005. pp 444-449.
- WIKIPÉDIA. Lead time. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Lead_time>. Acesso em 20 de fev. 2017.

YOON, D.; VARGHESE, R.; YANG, J. Genetic algorithm based technique for erection sequence generator in shipbuilding. **Ships and offshore structures**, I, 4, 289-299, 2006. pp. 289-299.

SILVEIRA, C.B. Muda, Mura e Muri: O modelo 3M do sistema Toyota de Produção. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/muda-mura-muri/>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

ANEXO — DURAÇÕES PADRÕES

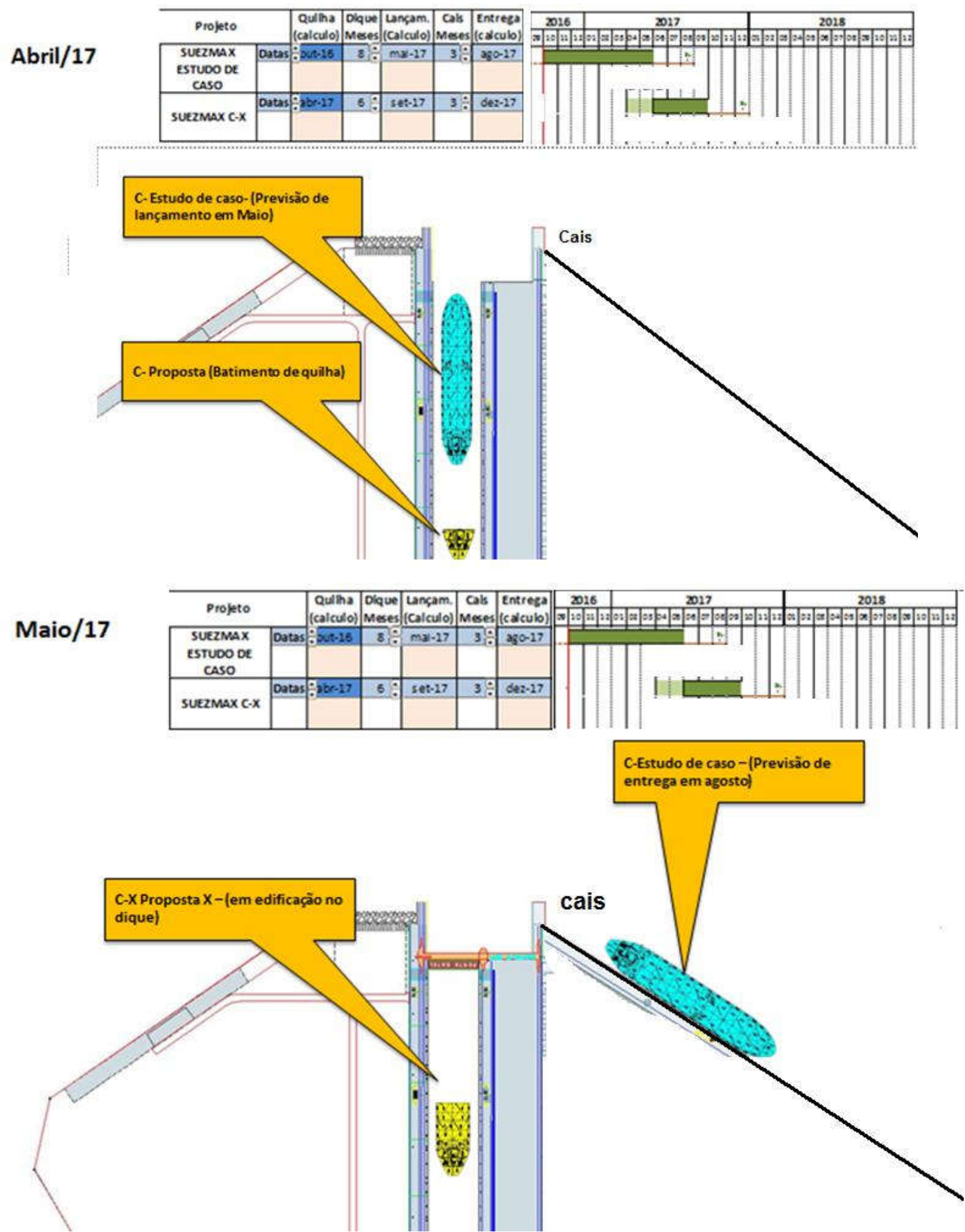
Durações						
BLOCO	Oficina	ACABAMENTO (antes da pintura)	PINTURA	ACABAMENTO (depois da pintura e antes da virada do bloco)	ACABAMENTO (depois da pintura e depois da virada do bloco)	ACABAMENTO (no megabloco)
B11U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B110(P)	37	7	11	n/a	n/a	15
B110(S)	37	7	11	n/a	n/a	15
B120(P)	37	7	11	n/a	n/a	15
B120(S)	37	7	11	n/a	n/a	15
H110(P)	41	4	14	n/a	n/a	15
H110(S)	41	4	14	n/a	n/a	15
H120(P)	51	4	14	n/a	n/a	15
H120(S)	51	4	14	n/a	n/a	15
L110(C)	33	2	9	3	n/a	n/a
L120(C)	27	2	n/a	n/a	n/a	n/a
L11G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
T110(P)	27	2	5	3	n/a	15
T110(S)	27	2	5	3	n/a	15
S110(P)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S120(P)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S11G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
S110(S)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S120(S)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S11G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
D110(P)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D120(P)	27	2	11	n/a	n/a	n/a
D11P(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	20	n/a
D110(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D120(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D11P(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	20	n/a
D11G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20
B13U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B130(P)	n/a	7	11	n/a	n/a	n/a
B130(S)	n/a	7	11	n/a	n/a	n/a
B13S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	15
B140(P)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B140(S)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B14S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	20
H130(P)	81	4	12	n/a	n/a	15
H130(S)	81	4	12	n/a	n/a	15
H140(P)	42	4	14	n/a	n/a	15
H140(S)	42	4	14	n/a	n/a	15
L130(C)	33	2	n/a	n/a	n/a	n/a
L140(C)	27	2	n/a	n/a	n/a	n/a
L13G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
T120(P)	27	2	n/a	3	n/a	15
T120(S)	27	2	n/a	3	n/a	15
S130(P)	38	4	12	n/a	n/a	n/a
S140(P)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S13G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
S130(S)	38	4	11	n/a	n/a	n/a
S140(S)	37	4	11	n/a	n/a	n/a
S13G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
D130(P)	33	2	10	n/a	n/a	n/a
D140(P)	27	2	10	n/a	n/a	n/a
D13P(P)	n/a	n/a	10	n/a	20	n/a
D130(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D140(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D13P(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	20	n/a
D13G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20

Durações						
BLOCO	Oficina	ACABAMENTO (antes da pintura)	PINTURA	ACABAMENTO (depois da pintura e antes da virada do bloco)	ACABAMENTO (depois da pintura e depois da virada do bloco)	ACABAMENTO (no megabloco)
B15U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B150(P)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B150(S)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B15S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	15
B160(P)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B160(S)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B16S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	20
H150(P)	42	4	13	n/a	n/a	15
H150(S)	42	4	13	n/a	n/a	15
H160(P)	42	4	13	n/a	n/a	15
H160(S)	42	4	13	n/a	n/a	15
L150(C)	33	2	n/a	n/a	n/a	n/a
L160(C)	27	2	n/a	n/a	n/a	n/a
L15G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
T130(P)	27	2	n/a	3	n/a	15
T130(S)	27	2	n/a	3	n/a	15
S150(P)	38	4	11	n/a	n/a	n/a
S160(P)	37	4	11	n/a	n/a	n/a
S15G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
S150(S)	38	4	12	n/a	n/a	n/a
S160(S)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S15G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
D150(P)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D160(P)	27	2	11	n/a	n/a	n/a
D15P(P)	n/a	n/a	10	n/a	20	n/a
D150(S)	33	2	10	n/a	n/a	n/a
D160(S)	33	2	10	n/a	n/a	n/a
D15P(S)	n/a	n/a	11	n/a	20	n/a
D15G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20
B17U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B170(P)	n/a	7	11	n/a	n/a	n/a
B170(S)	n/a	7	11	n/a	n/a	n/a
B17S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	15
B180(P)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B180(S)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B18S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
H170(P)	42	4	13	n/a	n/a	15
H170(S)	42	4	13	n/a	n/a	15
H180(P)	42	4	14	n/a	n/a	15
H180(S)	42	4	14	n/a	n/a	15
L170(C)	33	2	n/a	3	n/a	n/a
L180(C)	27	2	n/a	3	n/a	n/a
L17G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
T140(P)	27	2	n/a	3	n/a	15
T140(S)	27	2	n/a	3	n/a	15
S170(P)	38	4	14	n/a	n/a	n/a
S180(P)	37	4	14	n/a	n/a	n/a
S17G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
S170(S)	38	4	13	n/a	n/a	n/a
S180(S)	37	4	13	n/a	n/a	n/a
S17G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
D170(P)	33	2	10	n/a	n/a	n/a
D180(P)	27	2	10	n/a	n/a	n/a
D17P(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	20	n/a
D170(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D180(S)	33	2	10	n/a	n/a	n/a
D17P(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	20	n/a
D17G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20
G170(P)	27	2	10	2	10	n/a
G170(S)	27	2	10	2	10	n/a

Durações						
BLOCO	Oficina	ACABAMENTO (antes da pintura)	PINTURA	ACABAMENTO (depois da pintura e antes da virada do bloco)	ACABAMENTO (depois da pintura e depois da virada do bloco)	ACABAMENTO (no megabloco)
B19U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B190(P)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B190(S)	n/a	7	12	n/a	n/a	n/a
B19S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	15
B200(P)	n/a	7	13	n/a	n/a	n/a
B200(S)	n/a	7	13	n/a	n/a	n/a
B20S(C)	37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
H190(P)	42	4	12	n/a	n/a	15
H190(S)	42	4	12	n/a	n/a	15
H200(P)	81	4	13	n/a	n/a	15
H200(S)	81	4	13	n/a	n/a	15
L190(C)	33	2	n/a	3	n/a	n/a
L200(C)	27	2	n/a	3	n/a	n/a
L19G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
T150(P)	27	2	n/a	3	n/a	15
T150(S)	27	2	n/a	3	n/a	15
S190(P)	38	4	13	n/a	n/a	n/a
S200(P)	37	4	13	n/a	n/a	n/a
S19G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
S190(S)	38	4	12	n/a	n/a	n/a
S200(S)	37	4	12	n/a	n/a	n/a
S19G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
D190(P)	33	2	13	n/a	n/a	n/a
D200(P)	27	2	13	n/a	n/a	n/a
D19P(P)	n/a	n/a	12	n/a	20	n/a
D190(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D200(S)	33	2	11	n/a	n/a	n/a
D19P(S)	n/a	n/a	12	n/a	20	n/a
D19G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20
B21U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B210(P)	37	7	11	n/a	n/a	15
B210(S)	37	7	13	n/a	n/a	15
H210(P)	51	4	12	n/a	n/a	15
H210(S)	51	4	12	n/a	n/a	15
L210(C)	33	2	n/a	3	n/a	15
T160(P)	27	2	n/a	3	n/a	15
T160(S)	27	2	n/a	3	n/a	15
S210(P)	37	4	14	n/a	n/a	15
S210(S)	37	4	14	n/a	n/a	15
D210(P)	33	2	n/a	n/a	20	n/a
D210(S)	33	2	n/a	n/a	20	n/a
D21G(C)	n/a	n/a	11	n/a	n/a	15
B22U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
B220(P)	37	7	12	n/a	n/a	15
B220(S)	37	7	11	n/a	n/a	15
F110(C)	51	7	14	10	n/a	15
H220(P)	41	4	12	n/a	n/a	15
H220(S)	41	4	12	n/a	n/a	15
F210(C)	51	7	14	7	n/a	15
S220(P)	37	4	13	n/a	n/a	15
S220(S)	37	4	13	n/a	n/a	15
F310(C)	46	7	14	5	n/a	15
F300(C)	51	7	14	5	n/a	15
L220(C)	27	2	n/a	3	n/a	15
S420(P)	37	4	14	n/a	n/a	15
S420(S)	37	4	14	n/a	n/a	15
F410(C)	66	7	15	5	7	n/a
F510(C)	81	7	18	10	7	n/a
G510(S)	27	n/a	15	n/a	5	n/a
W510(P)	31	n/a	13	7	5	n/a
W510(S)	31	3	13	n/a	5	n/a
W520(P)	31	3	13	n/a	5	n/a
W520(S)	31	n/a	13	7	5	n/a
F51G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
D220(P)	27	2	13	n/a	20	n/a
D220(S)	33	2	13	n/a	20	n/a
D22G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20

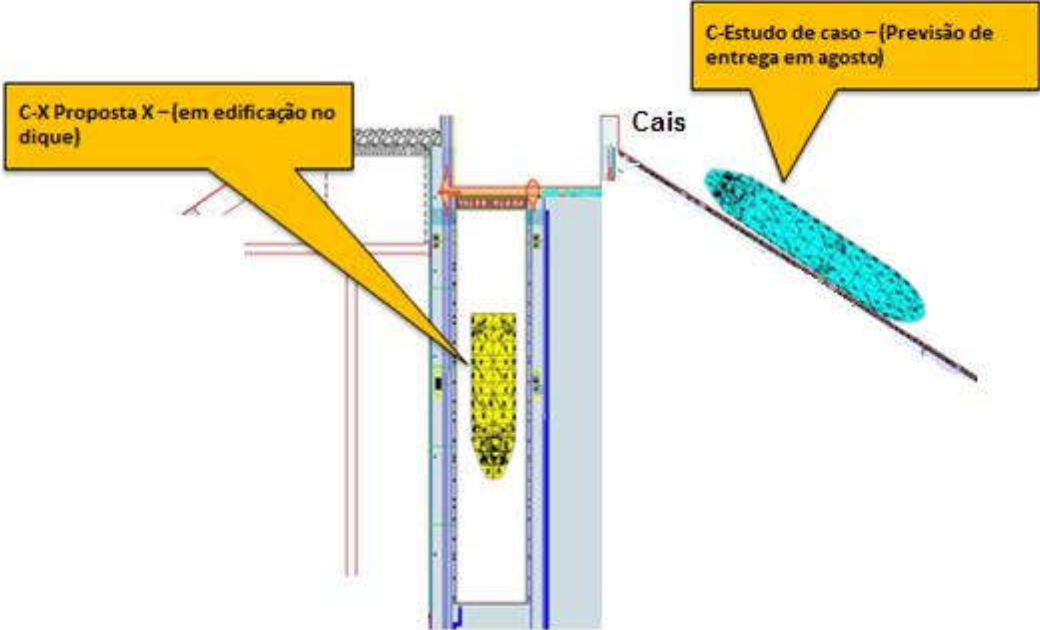
Durações						
BLOCO	Oficina	ACABAMENTO (antes da pintura)	PINTURA	ACABAMENTO (depois da pintura e antes da virada do bloco)	ACABAMENTO (depois da pintura e depois da virada do bloco)	ACABAMENTO (no megabloco)
E11G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
E110(C)	71	8	14	n/a	n/a	25
E120(C)	66	8	14	n/a	n/a	25
E130(C)	41	8	14	n/a	n/a	25
A110(C)	46	5	12	10	n/a	15
E210(P)	56	8	14	13	15	n/a
E210(S)	56	8	14	15	15	n/a
E220(P)	31	8	14	8	n/a	15
E220(S)	31	8	13	12	n/a	15
E310(P)	67	8	14	20	15	n/a
E310(S)	67	8	14	20	15	n/a
A220(C)	59	5	13	5	n/a	n/a
E320(P)	51	8	14	20	15	n/a
E320(S)	51	4	14	20	15	n/a
E31P(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15
A210(C)	71	n/a	14	7	n/a	n/a
A31G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
A310(C)	66	8	14	7	20	n/a
A410(P)	61	8	15	7	n/a	n/a
A410(S)	61	8	15	7	n/a	n/a
A41P(C)	n/a	n/a	n/a	7	20	n/a
E41G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
E410(P)	61	8	14	20	20	n/a
E420(P)	67	8	14	20	20	n/a
E41G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
E410(S)	61	8	14	20	20	n/a
E420(S)	67	8	15	20	20	n/a
E51G(P)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
E510(P)	67	8	14	20	20	n/a
E520(P)	61	8	14	20	20	n/a
E51G(S)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
E510(S)	67	8	14	20	20	n/a
E520(S)	61	8	14	20	20	n/a
E53G(C)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
E530(C)	36	8	14	16	20	n/a
E540(C)	31	8	15	16	20	n/a
M15U	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
M150(C)	35	8	n/a	21	n/a	20
M160(S)	26	8	n/a	21	n/a	20
M170(P)	31	8	n/a	21	n/a	20
M170(S)	31	8	n/a	21	n/a	20
M180(P)	31	8	n/a	21	n/a	20
M250(C)	31	8	n/a	21	n/a	20
M950(C)	31	8	15	21	n/a	20
Y900(C)	61	20	12	21	90	n/a

APÊNDICE A — ANIMAÇÃO REPRESENTANDO O *TAKT TIME* DE ENTREGA DE NAVIOS



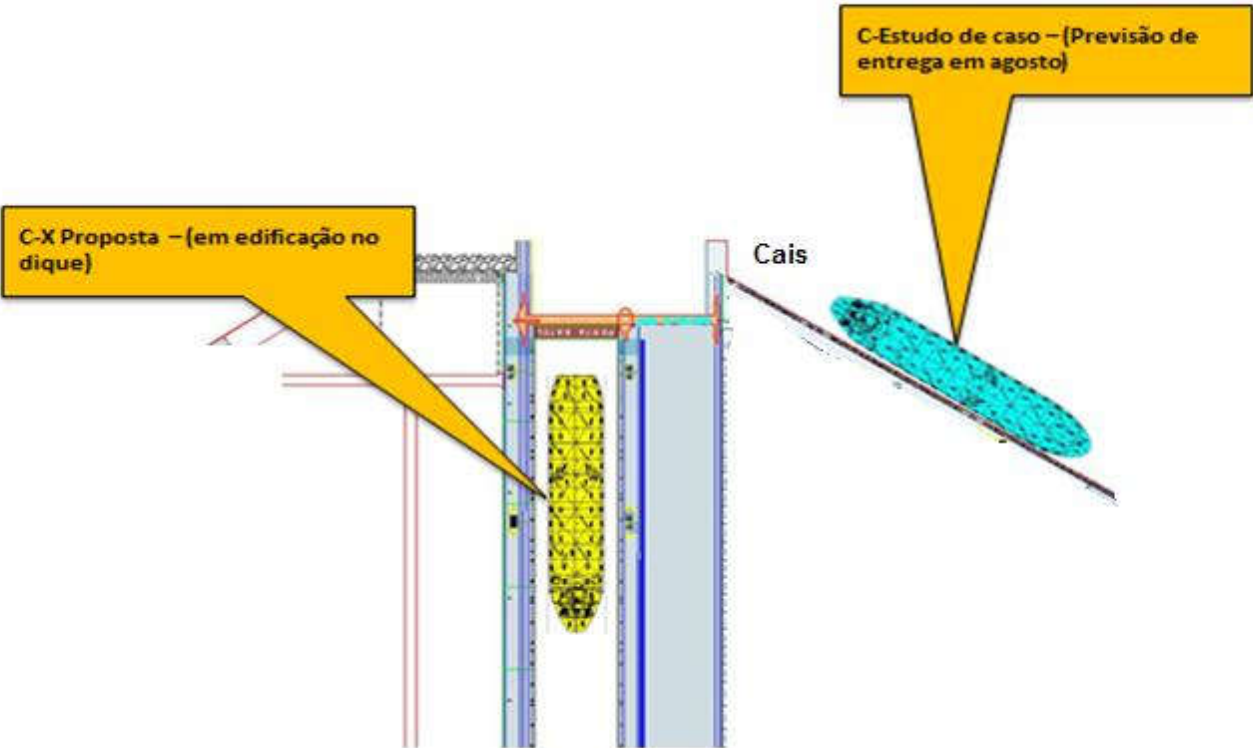
Junho/17

Projeto		Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016												2017												2018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas	out-16	8	mai-17	3	ago-17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											



Julho/17

Projeto		Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016												2017												2018																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas	out-16	8	mai-17	3	ago-17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											



Agosto/17

Projeto	Quilha	Dique	Lançam.	Cais	Entrega	2016												2017												2018															
	(cálculo)	Meses	(Cálculo)	Meses	(cálculo)	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12												
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas: out-16	8	mai-17	3	ago-17																																								
SUEZMAX C-X	Datas: abr-17	6	set-17	3	dez-17																																								
SUEZMAX C-Y	Datas: ago-17	6	jan-18	3	abr-18																																								

C-X – (previsão de lançamento em Setembro)

C- estudo de caso (entregue)

cais

C-Y Batimento de quilha

Setembro/17

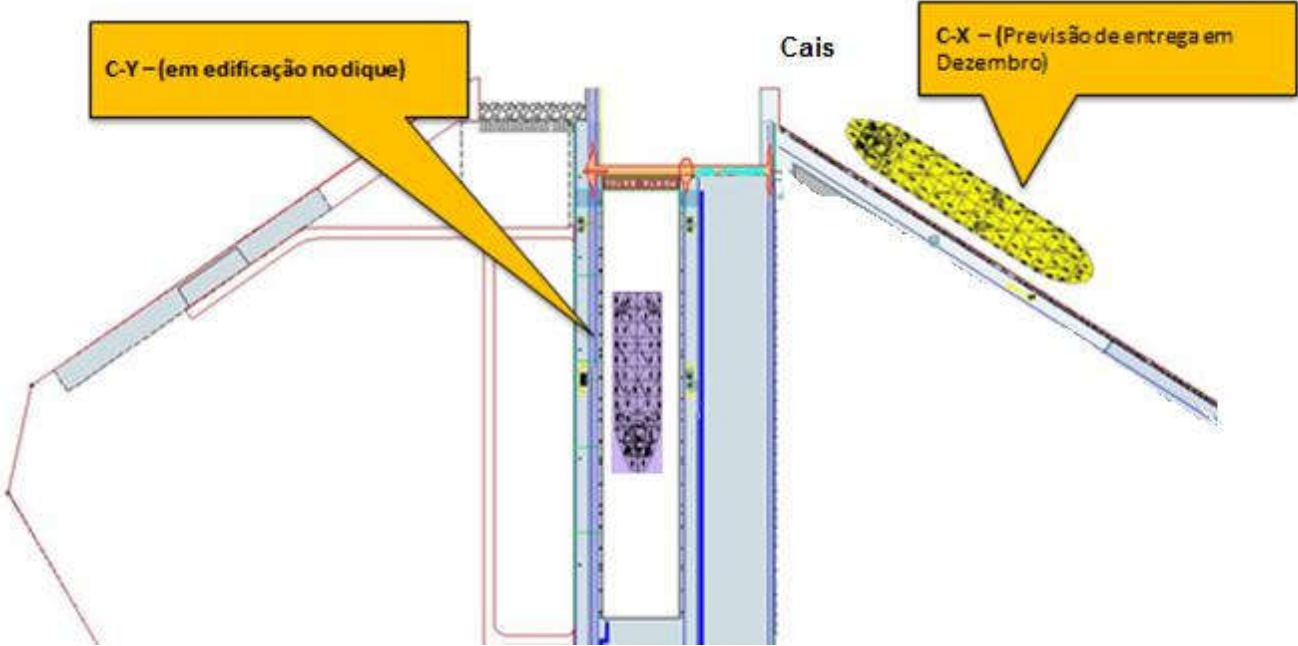
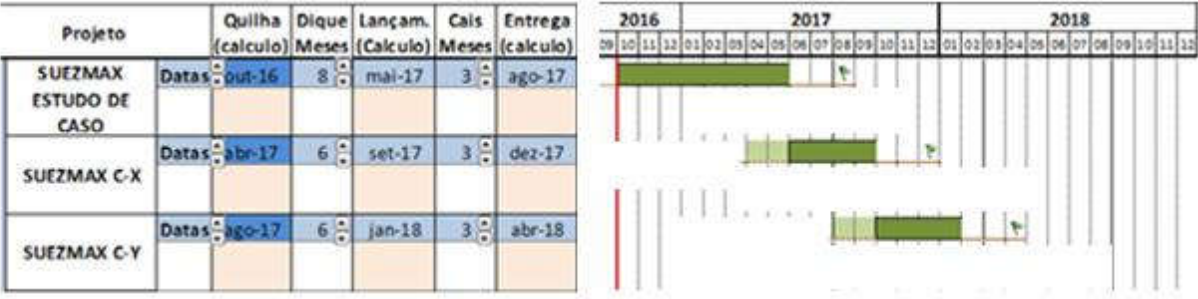
Projeto	Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016												2017												2018											
						09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12								
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas: out-16	8	mai-17	3	ago-17																																				
SUEZMAX C-X	Datas: abr-17	6	set-17	3	dez-17																																				
SUEZMAX C-Y	Datas: ago-17	6	jan-18	3	abr-18																																				

cais

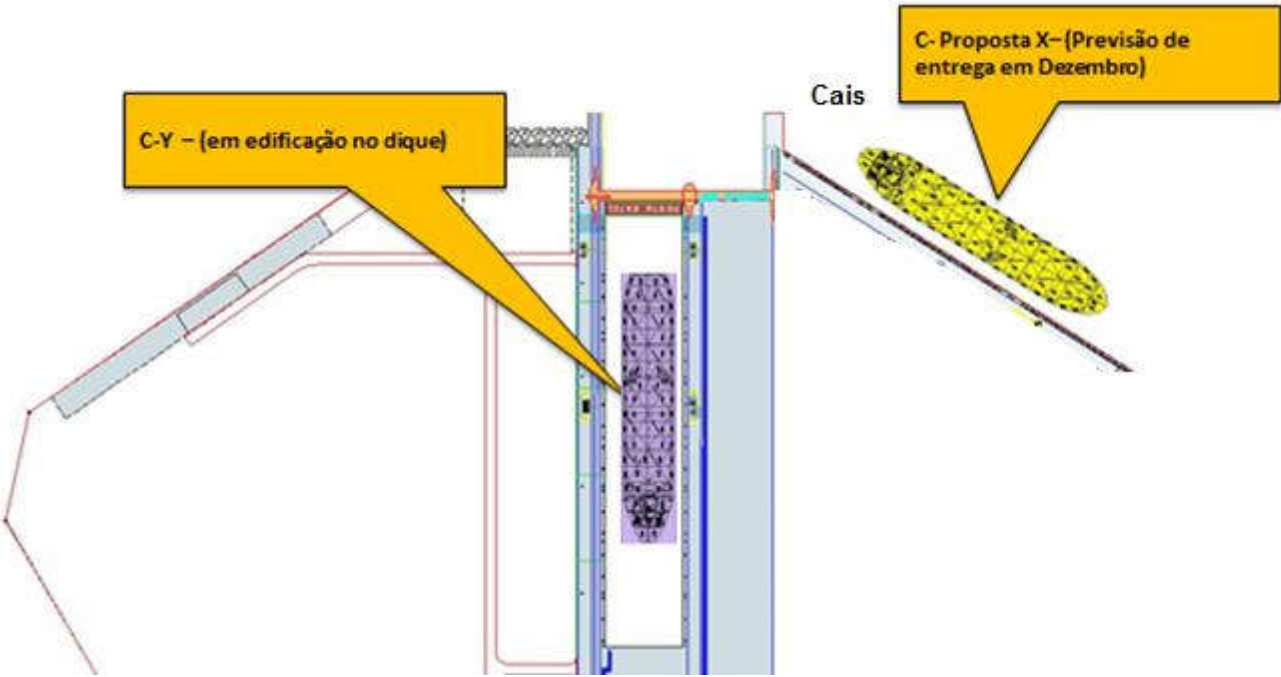
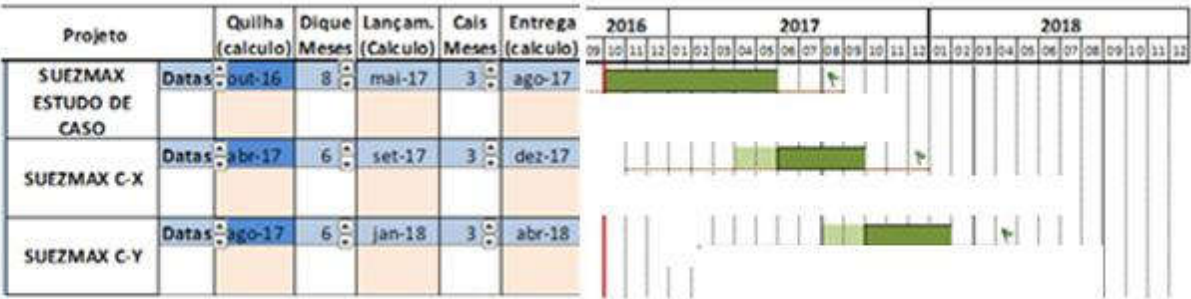
C-Estudo de caso – (Previsão de entrega em Dezembro)

C-Y (Em edificação no dique)

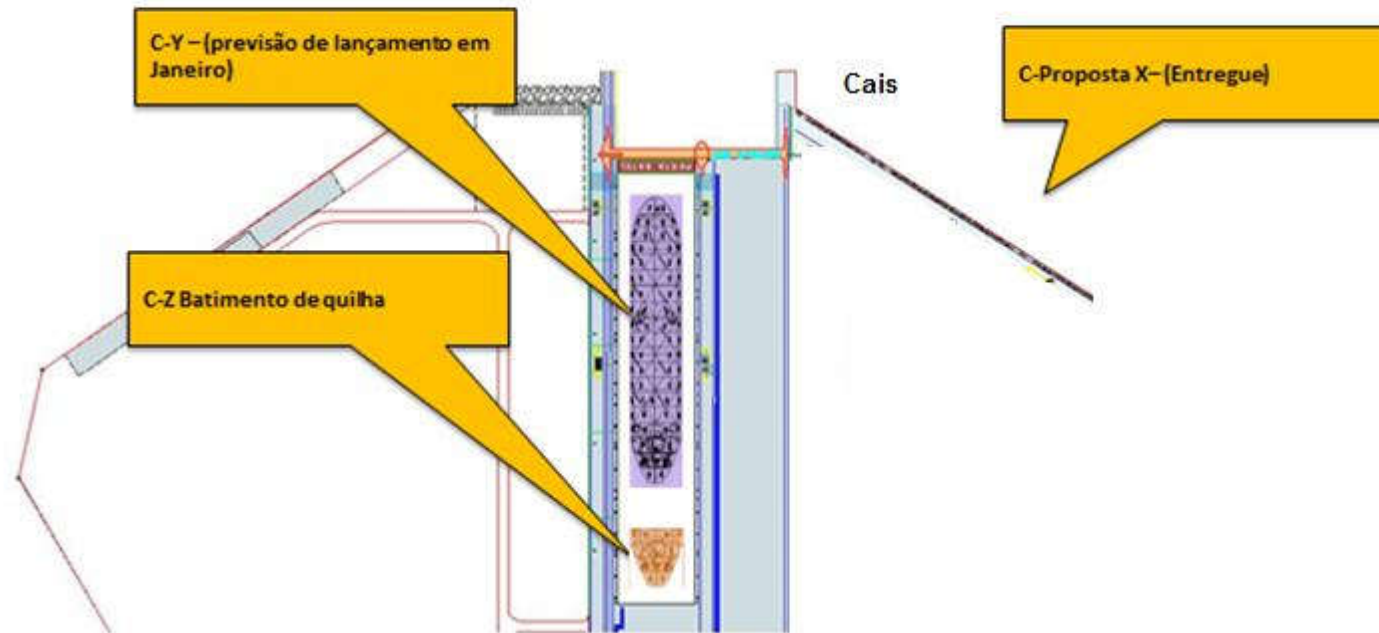
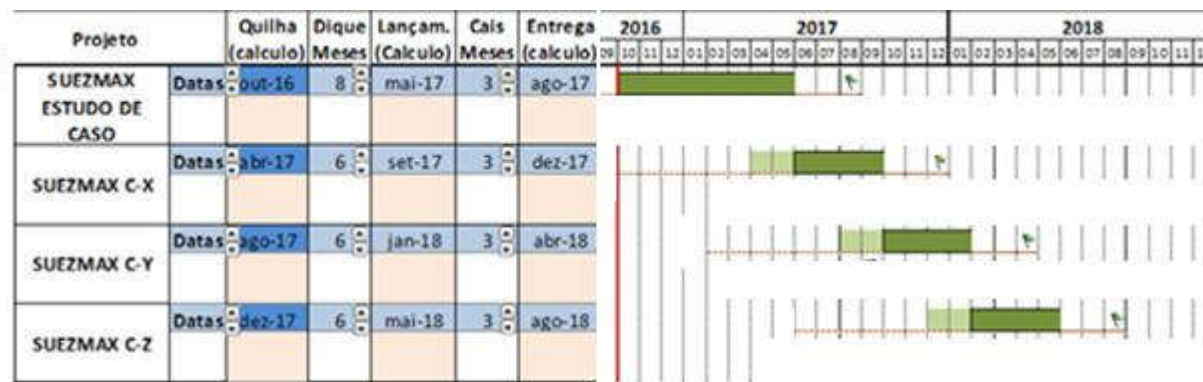
Outubro/17



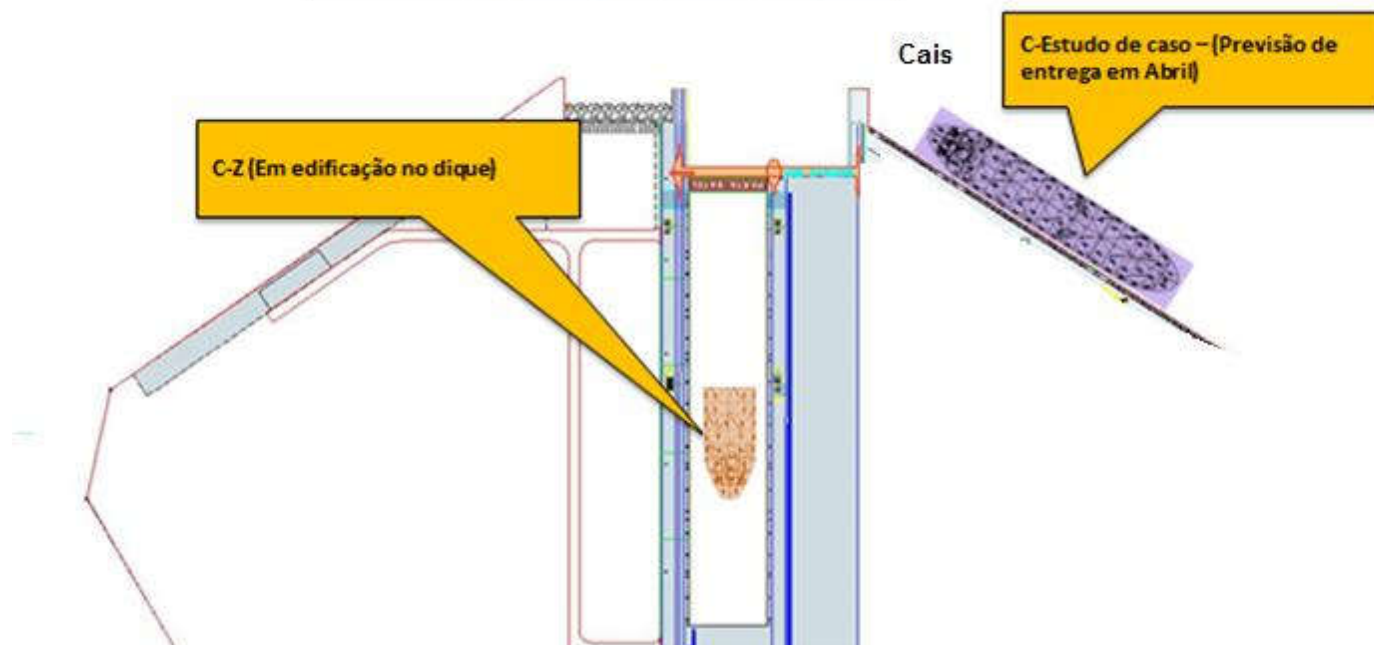
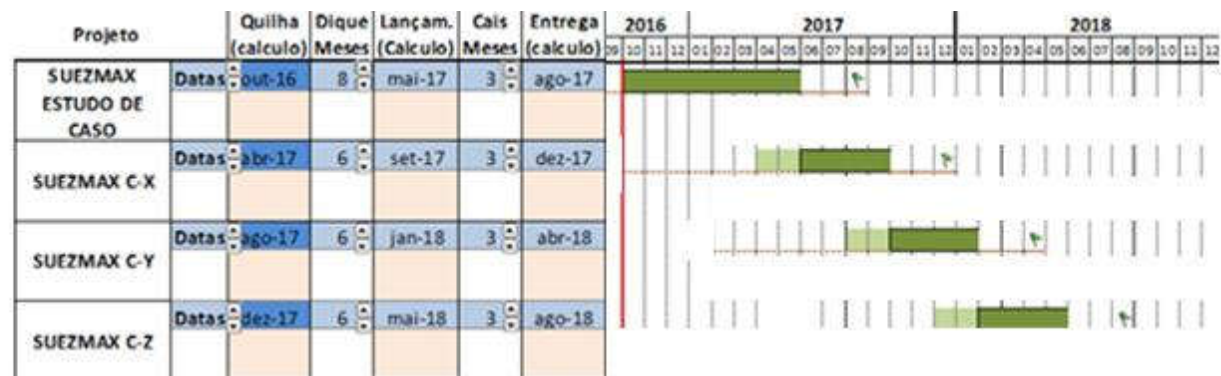
Novembro/17



Dezembro/17

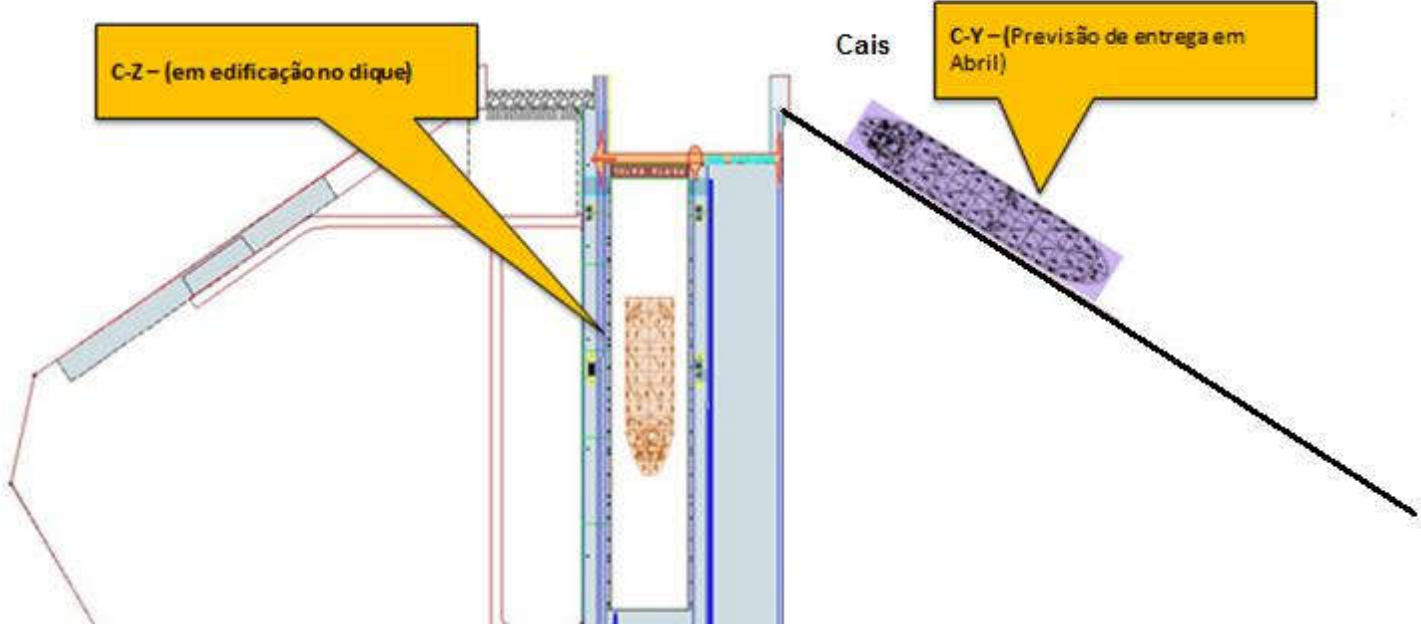


Janeiro/17



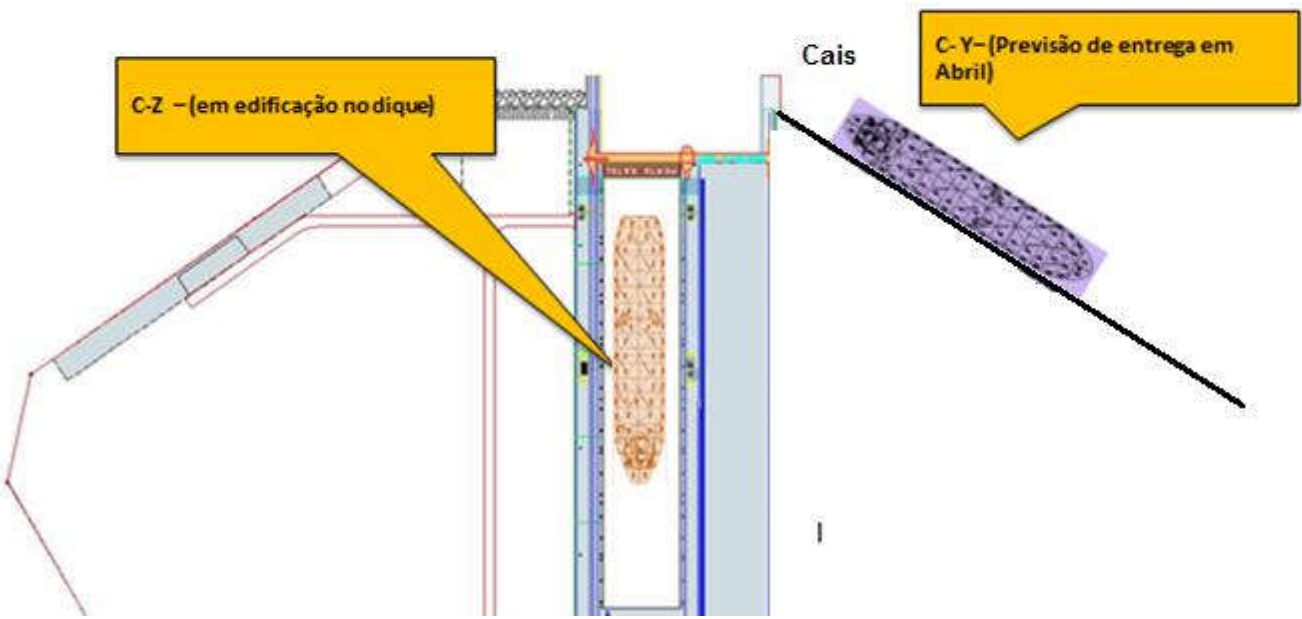
Fevereiro/17

Projeto	Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016	2017	2018
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas: out-16	8	mai-17	3	ago-17	09 10 11 12 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12
SUEZMAX C-X	Datas: abr-17	6	set-17	3	dez-17		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Y	Datas: ago-17	6	jan-18	3	abr-18		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Z	Datas: dez-17	6	mai-18	3	ago-18			01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12



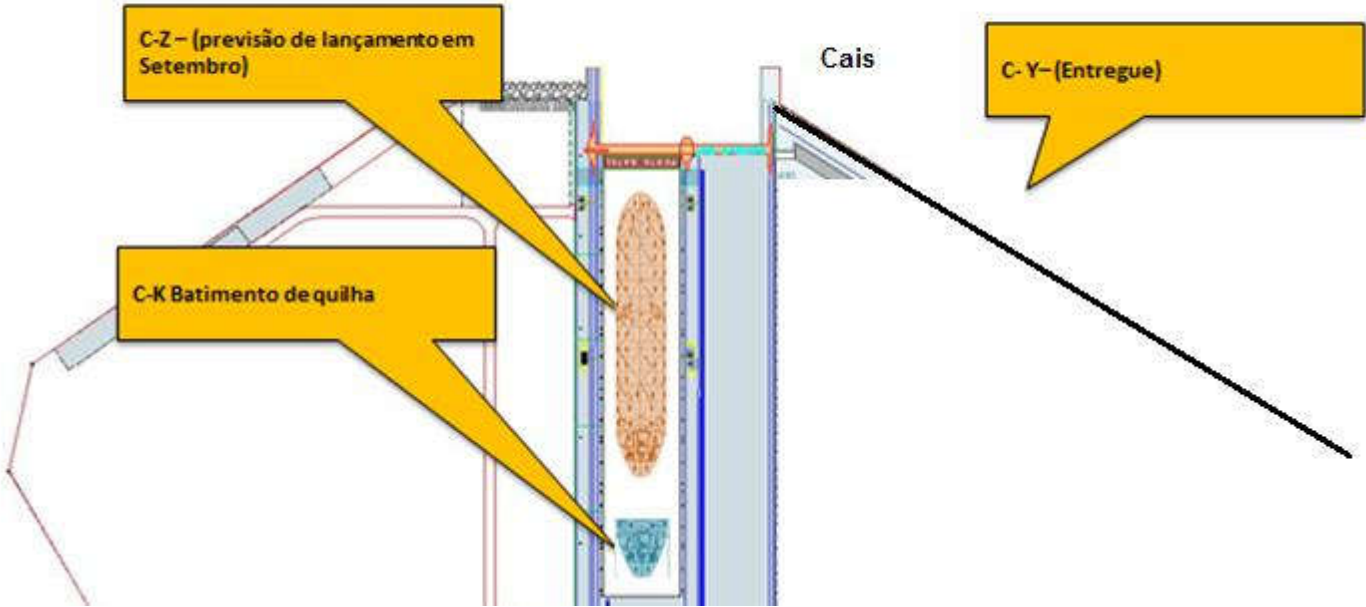
Março/17

Projeto	Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016	2017	2018
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas: out-16	8	mai-17	3	ago-17	09 10 11 12 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12
SUEZMAX C-X	Datas: abr-17	6	set-17	3	dez-17		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Y	Datas: ago-17	6	jan-18	3	abr-18		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Z	Datas: dez-17	6	mai-18	3	ago-18			01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12



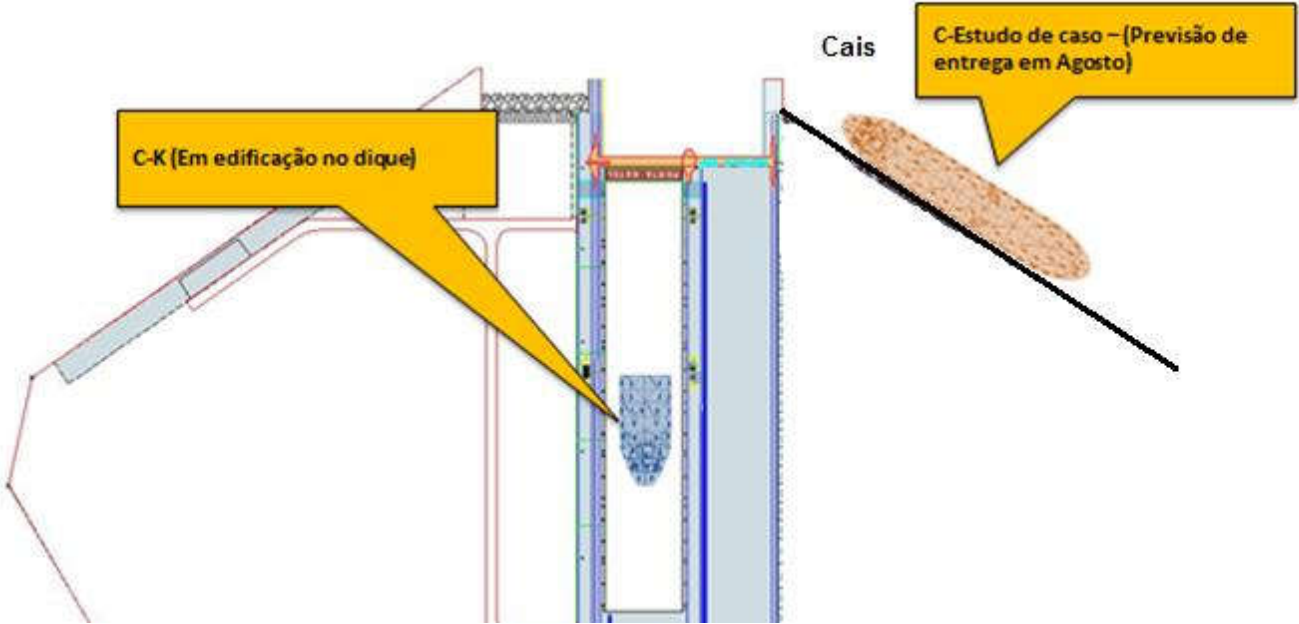
Abril/17

Projeto	Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016	2017	2018
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas: out-16	8	mai-17	3	ago-17	09 10 11 12 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12
SUEZMAX C-X	Datas: abr-17	6	set-17	3	dez-17		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Y	Datas: ago-17	6	jan-18	3	abr-18		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Z	Datas: dez-17	6	mai-18	3	ago-18		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	

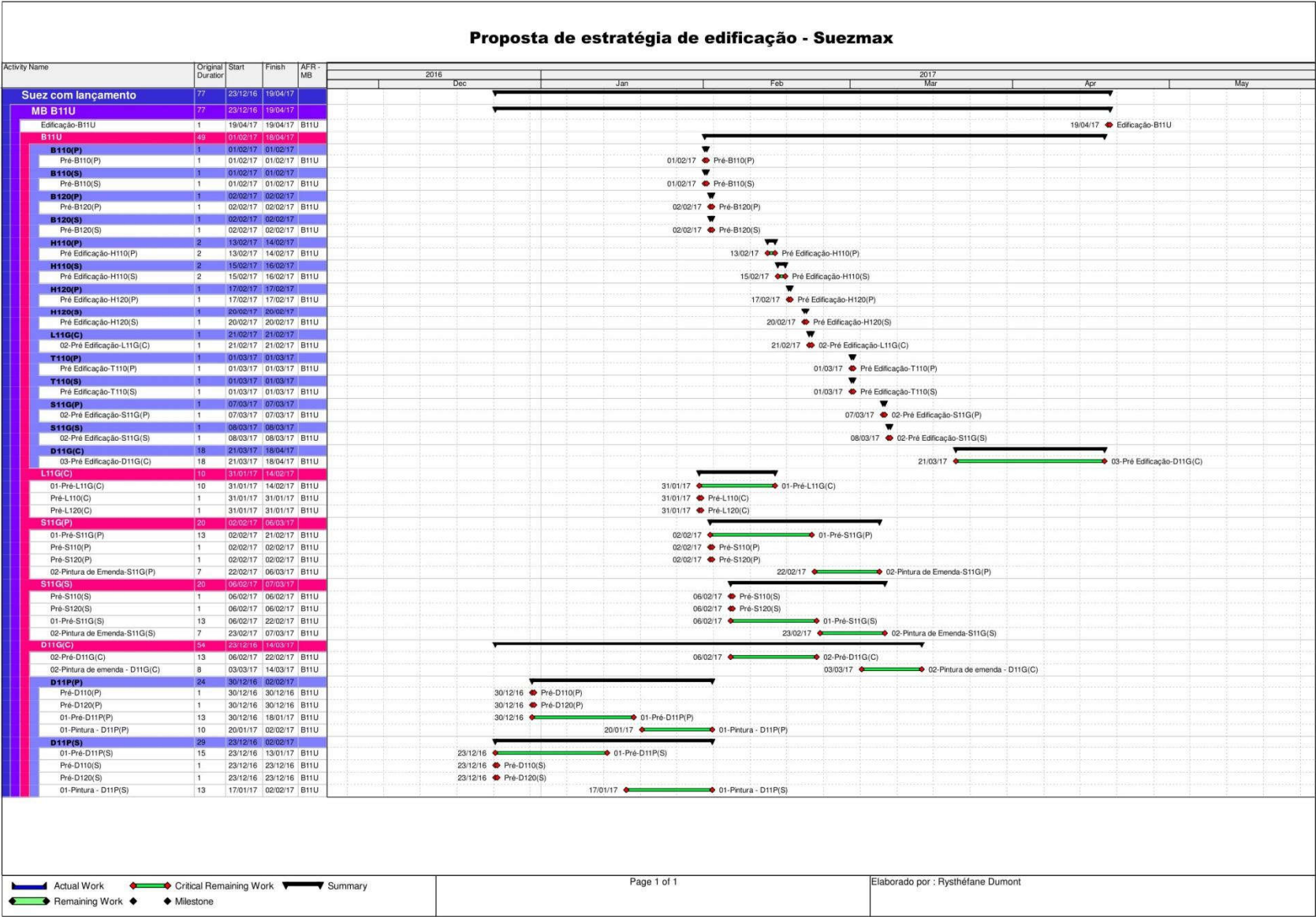
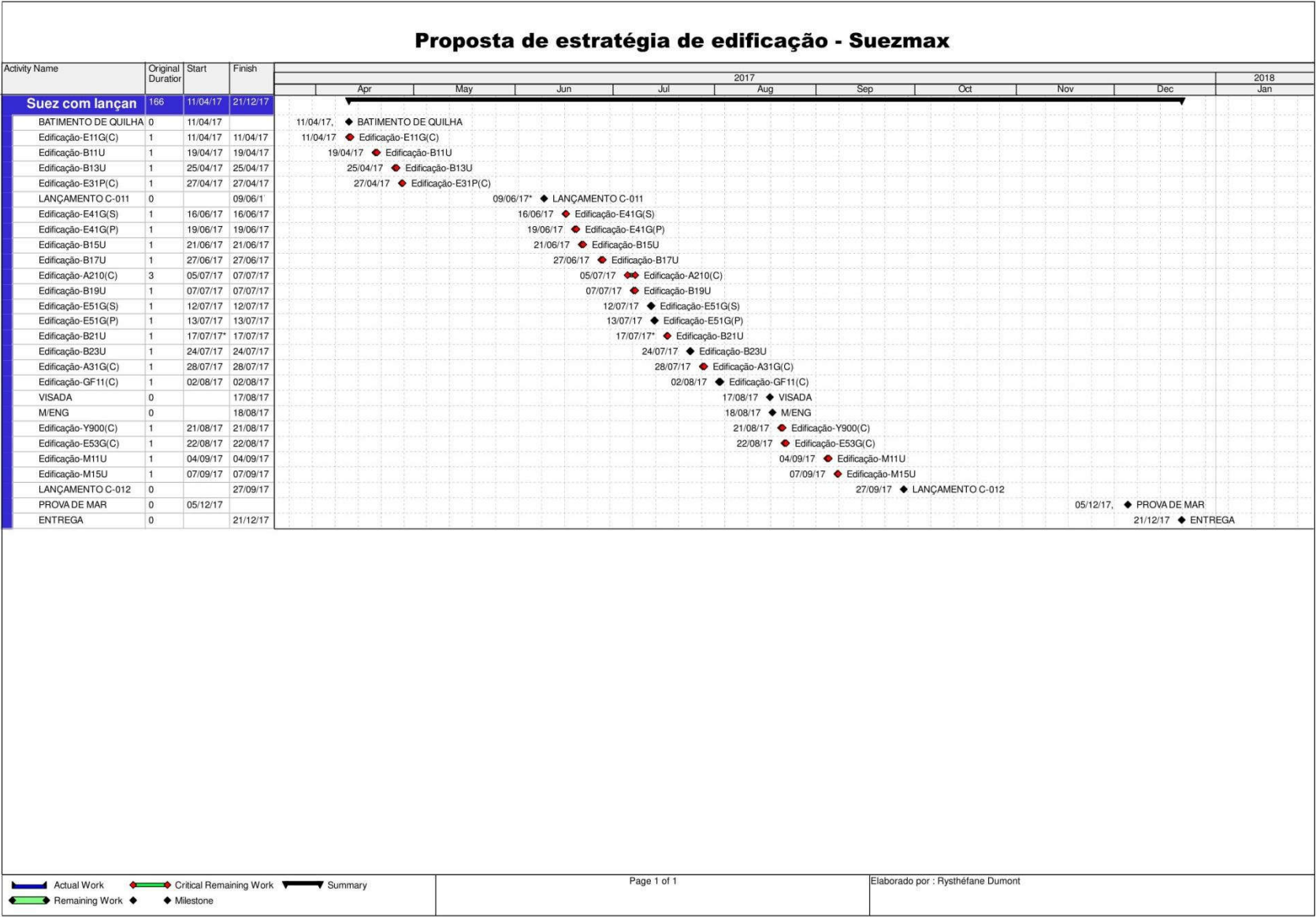


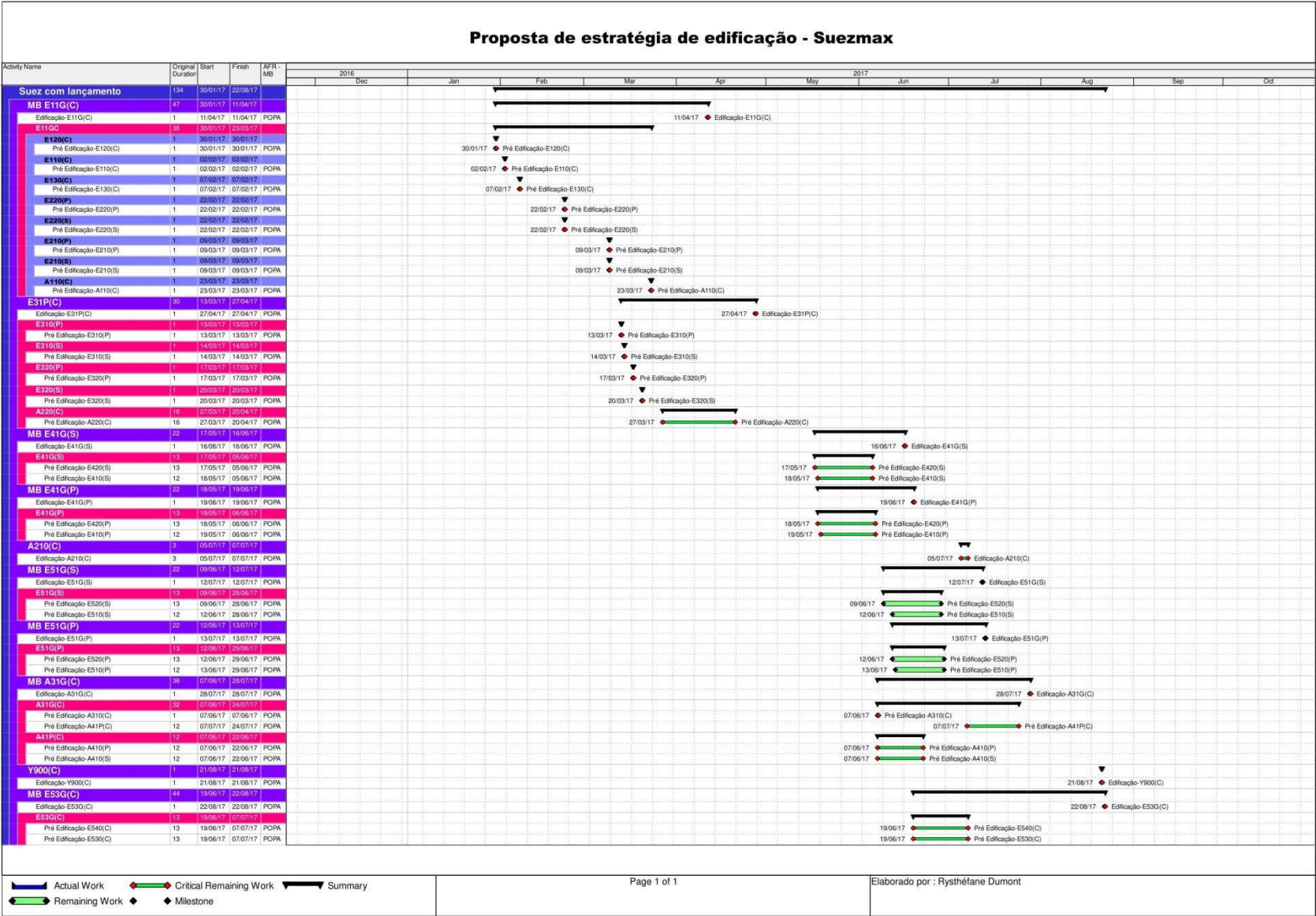
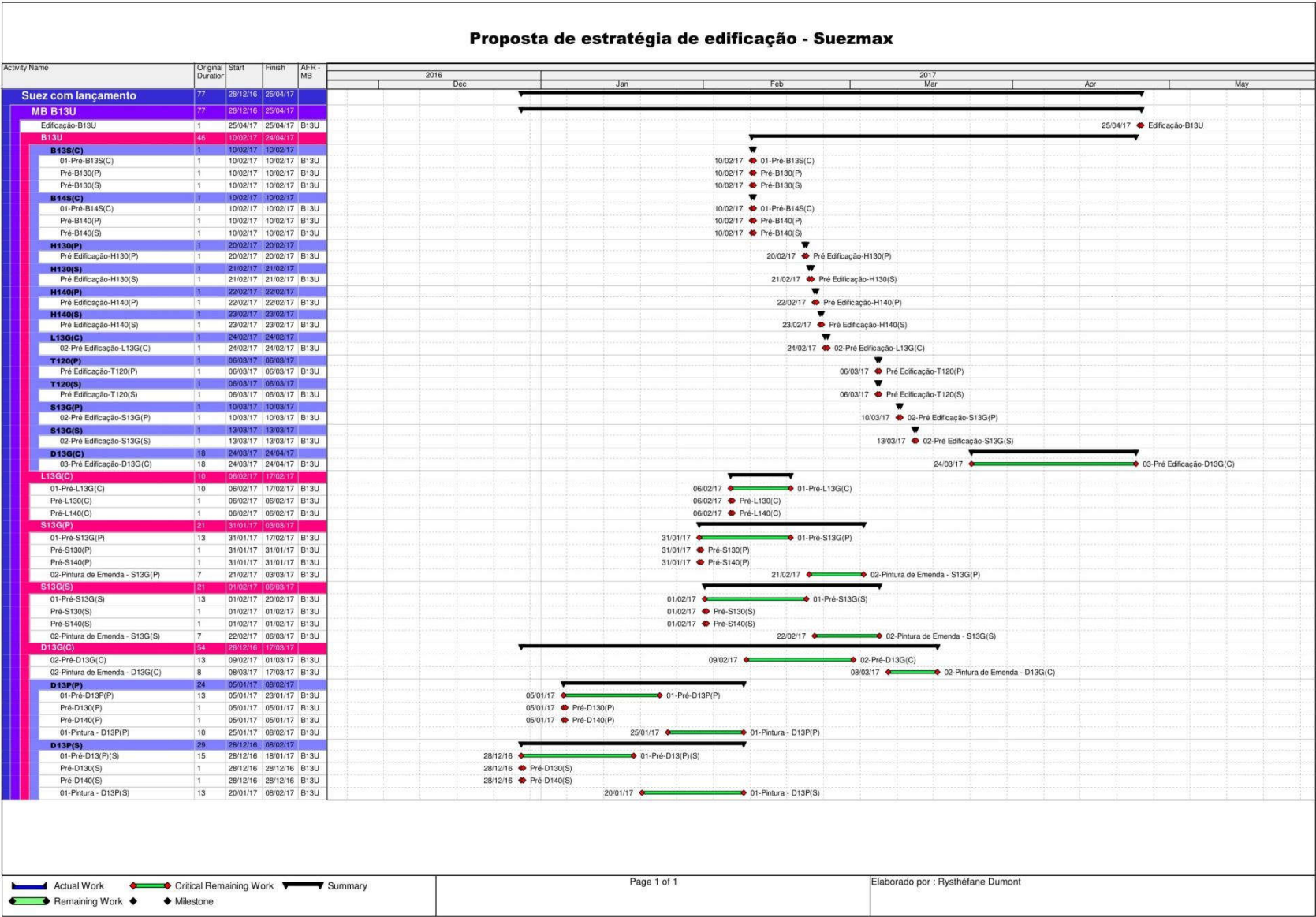
Maio/17

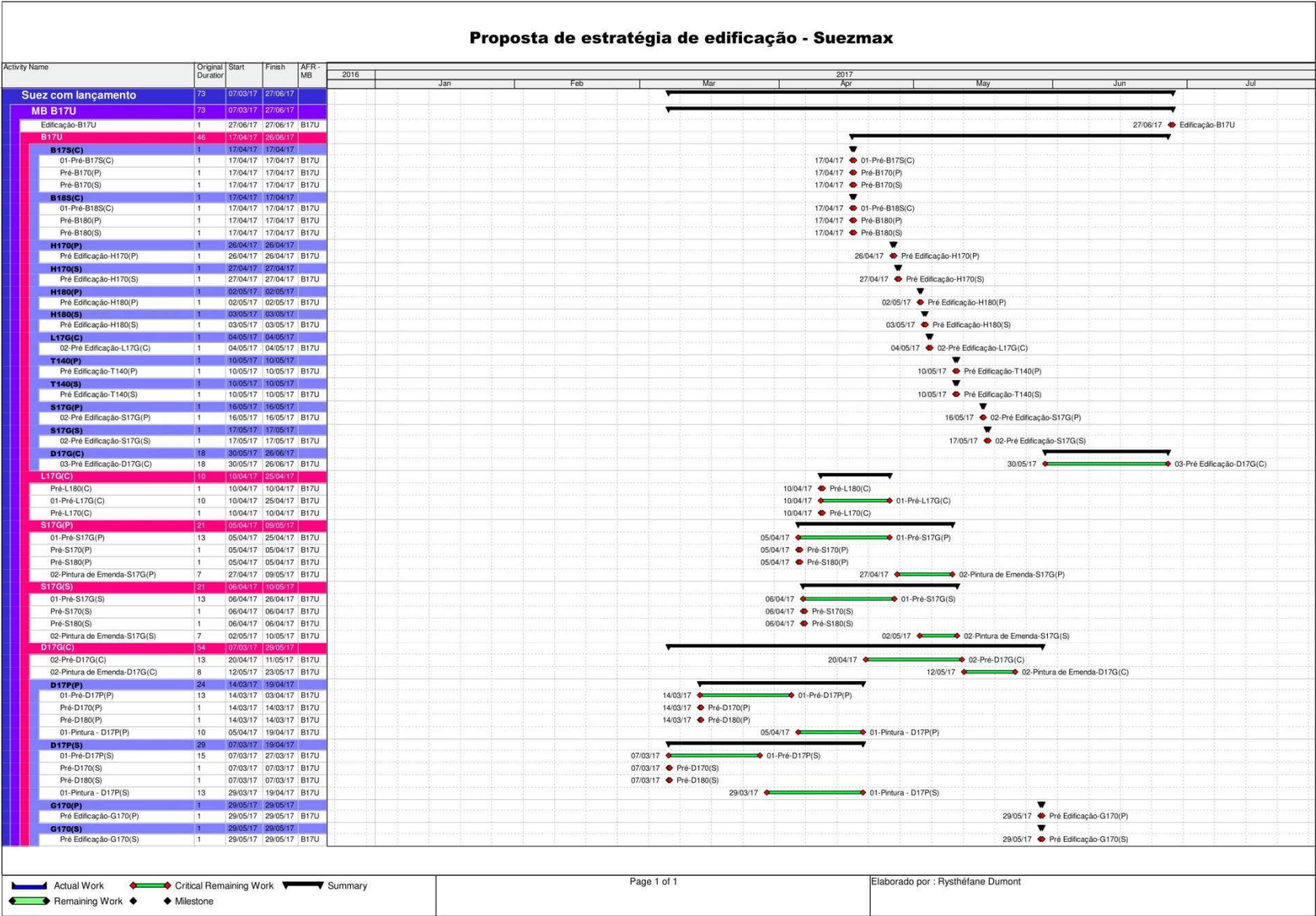
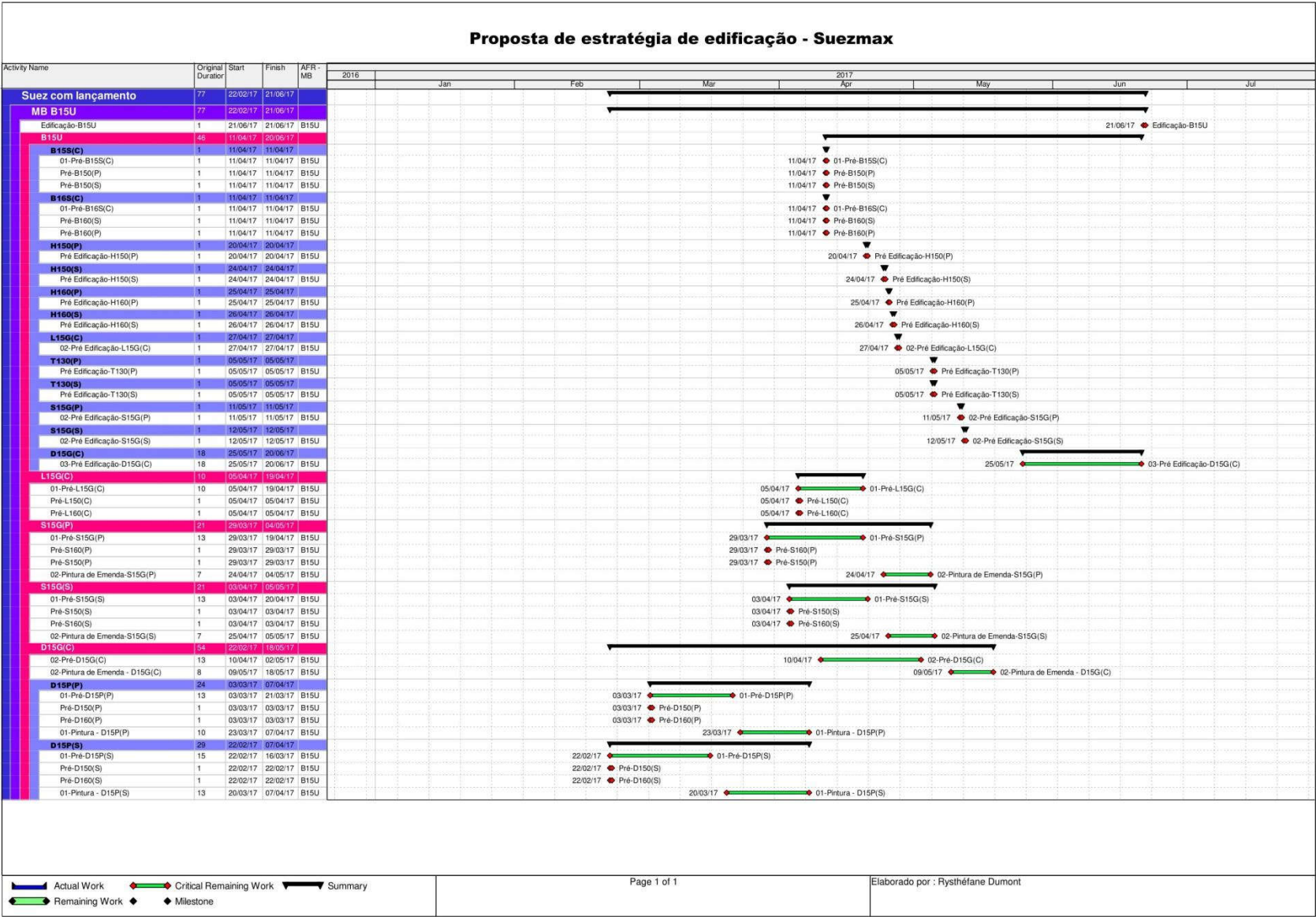
Projeto	Quilha (cálculo)	Dique Meses	Lançam. (Cálculo)	Cais Meses	Entrega (cálculo)	2016	2017	2018
SUEZMAX ESTUDO DE CASO	Datas: out-16	8	mai-17	3	ago-17	09 10 11 12 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12
SUEZMAX C-X	Datas: abr-17	6	set-17	3	dez-17		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Y	Datas: ago-17	6	jan-18	3	abr-18		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	
SUEZMAX C-Z	Datas: dez-17	6	mai-18	3	ago-18		01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	

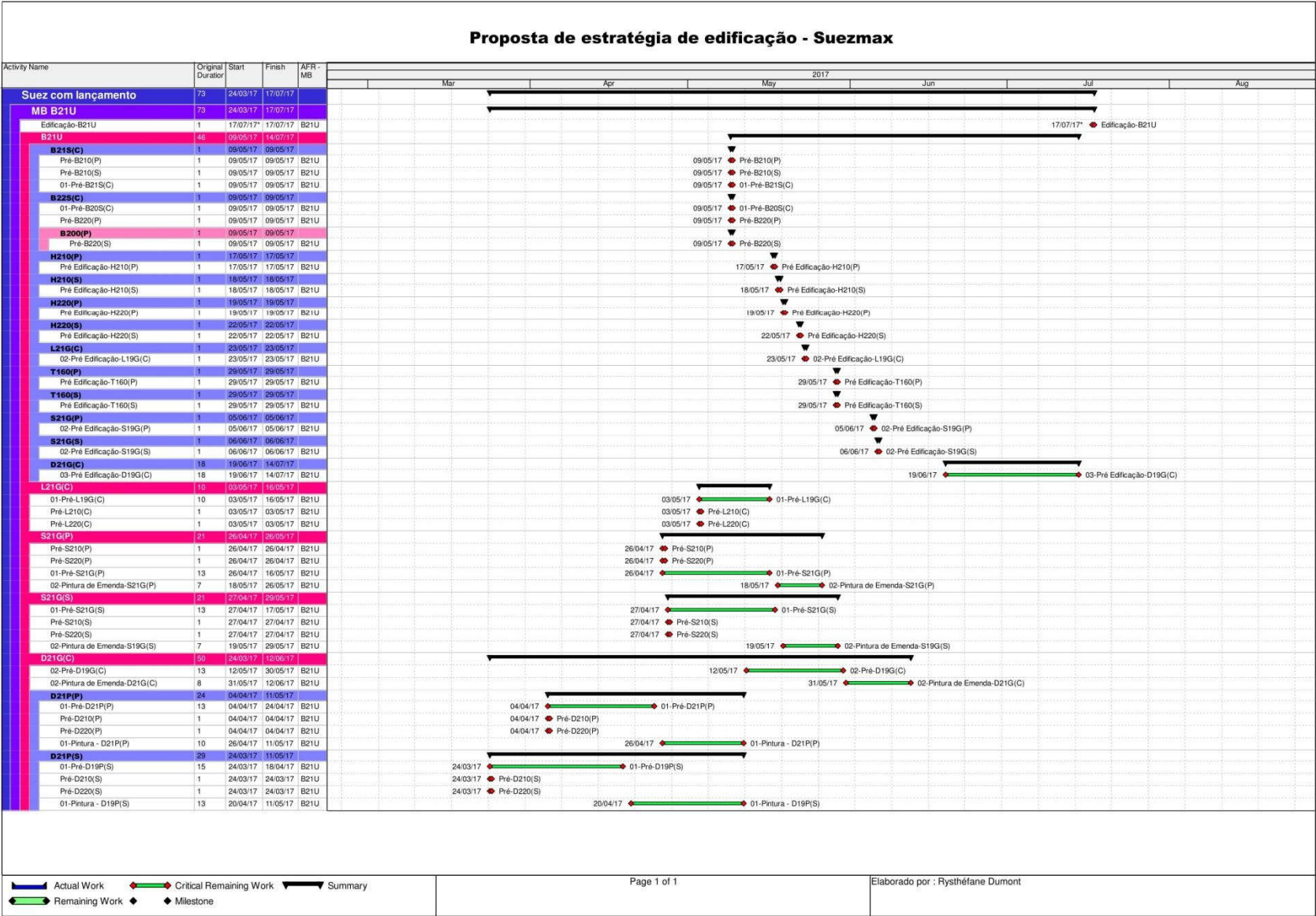
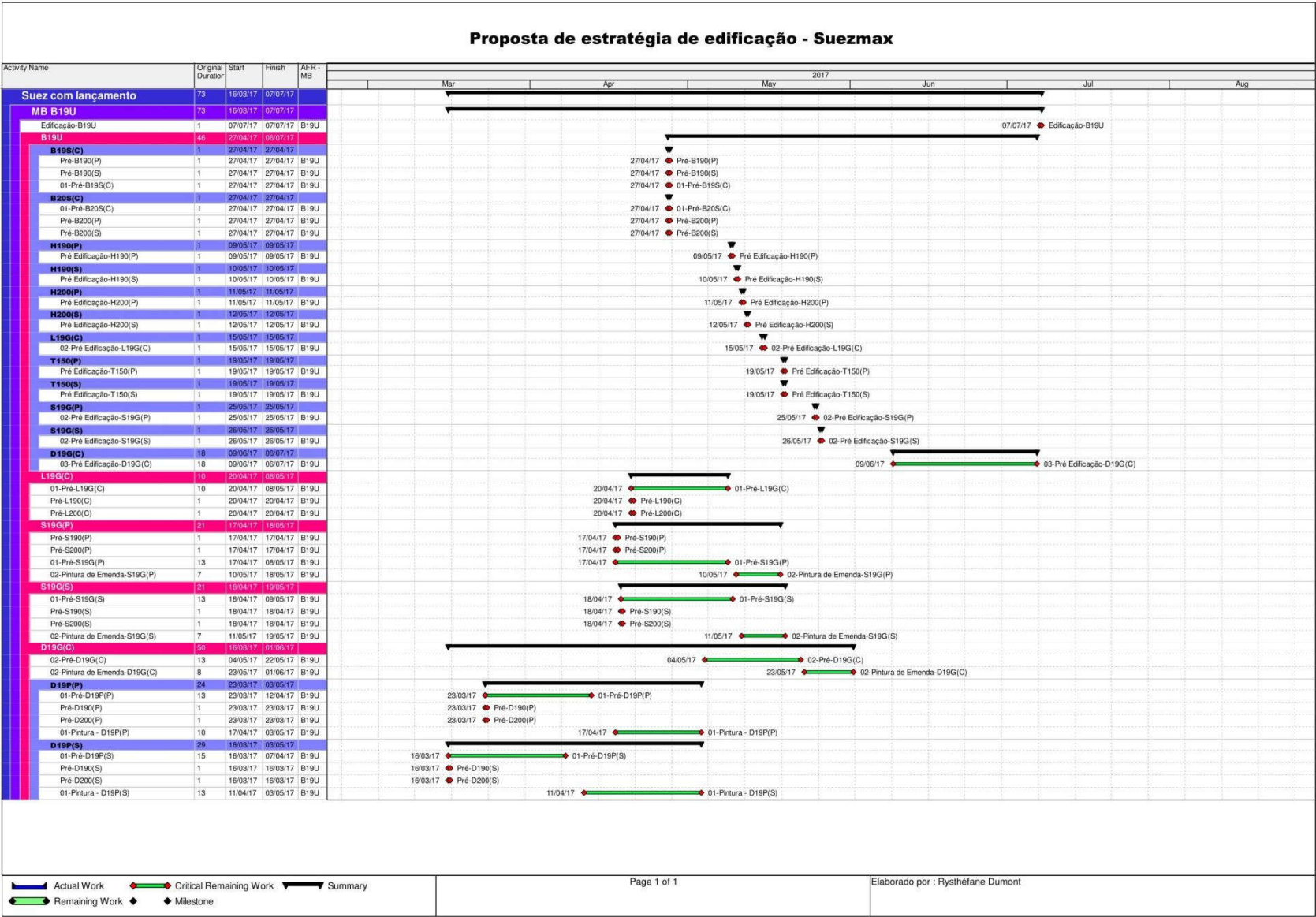


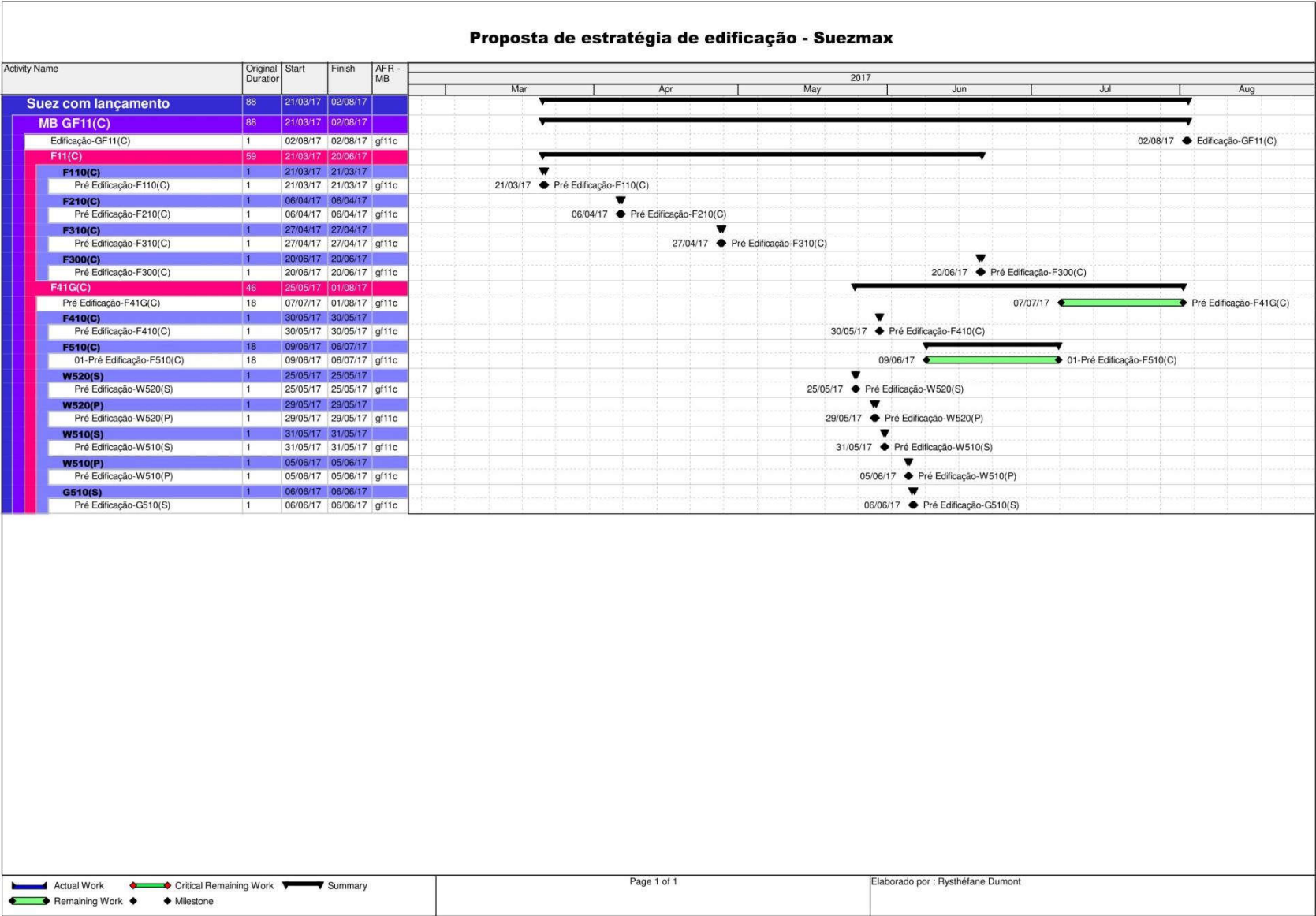
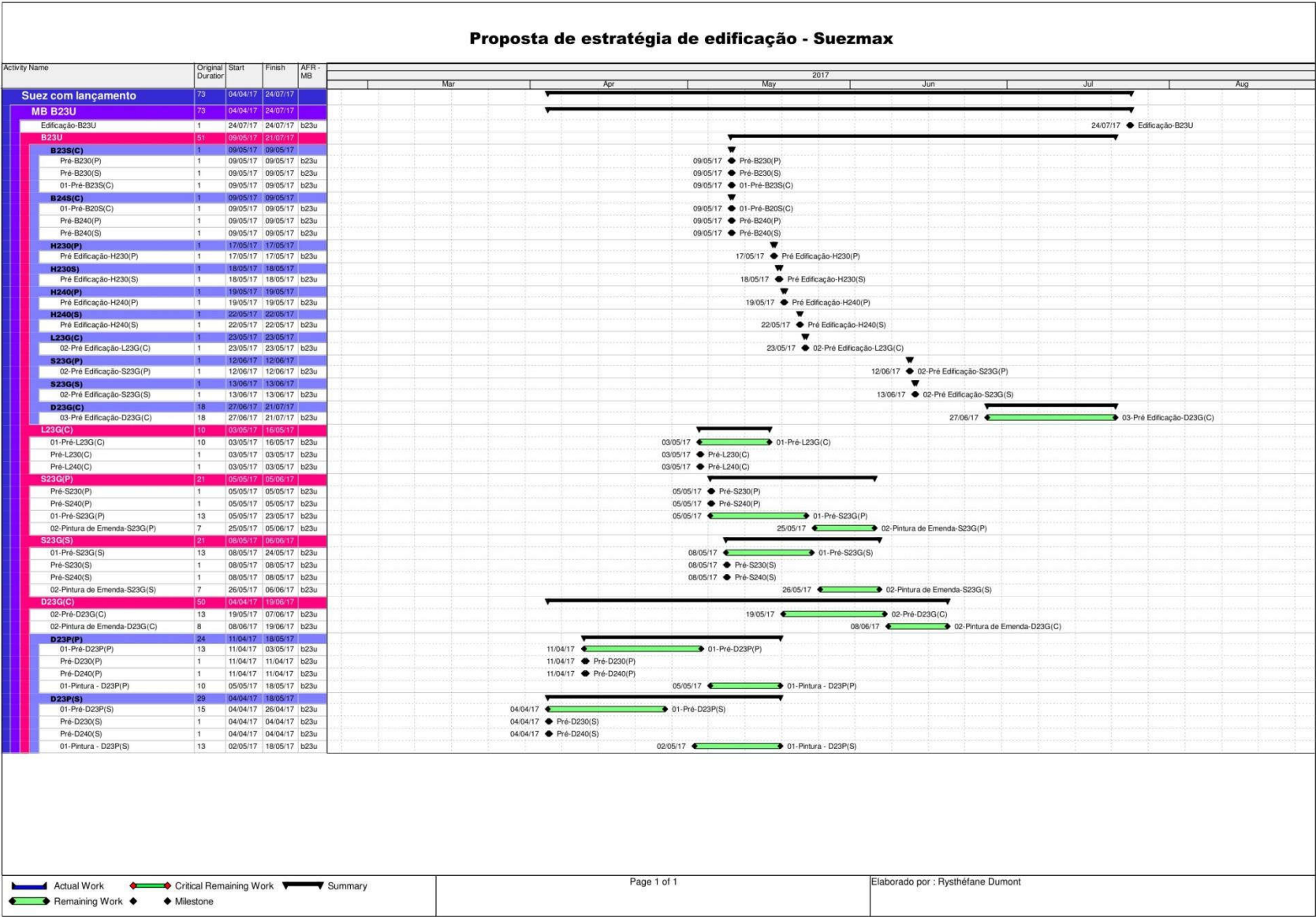
APÊNDICE B — CRONOGRAMA DE PRÉ-EDIFICAÇÕES E EDIFICAÇÕES

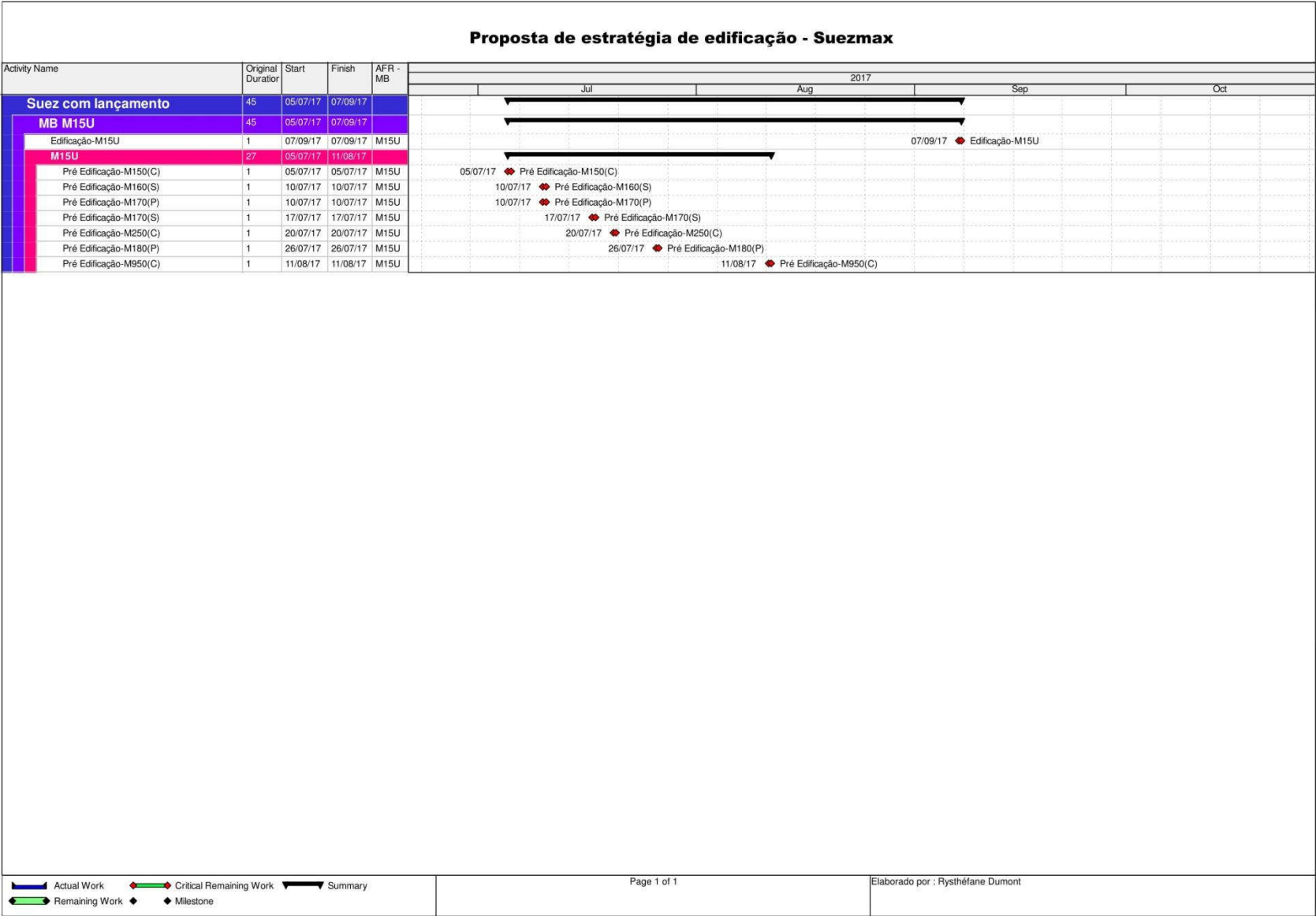
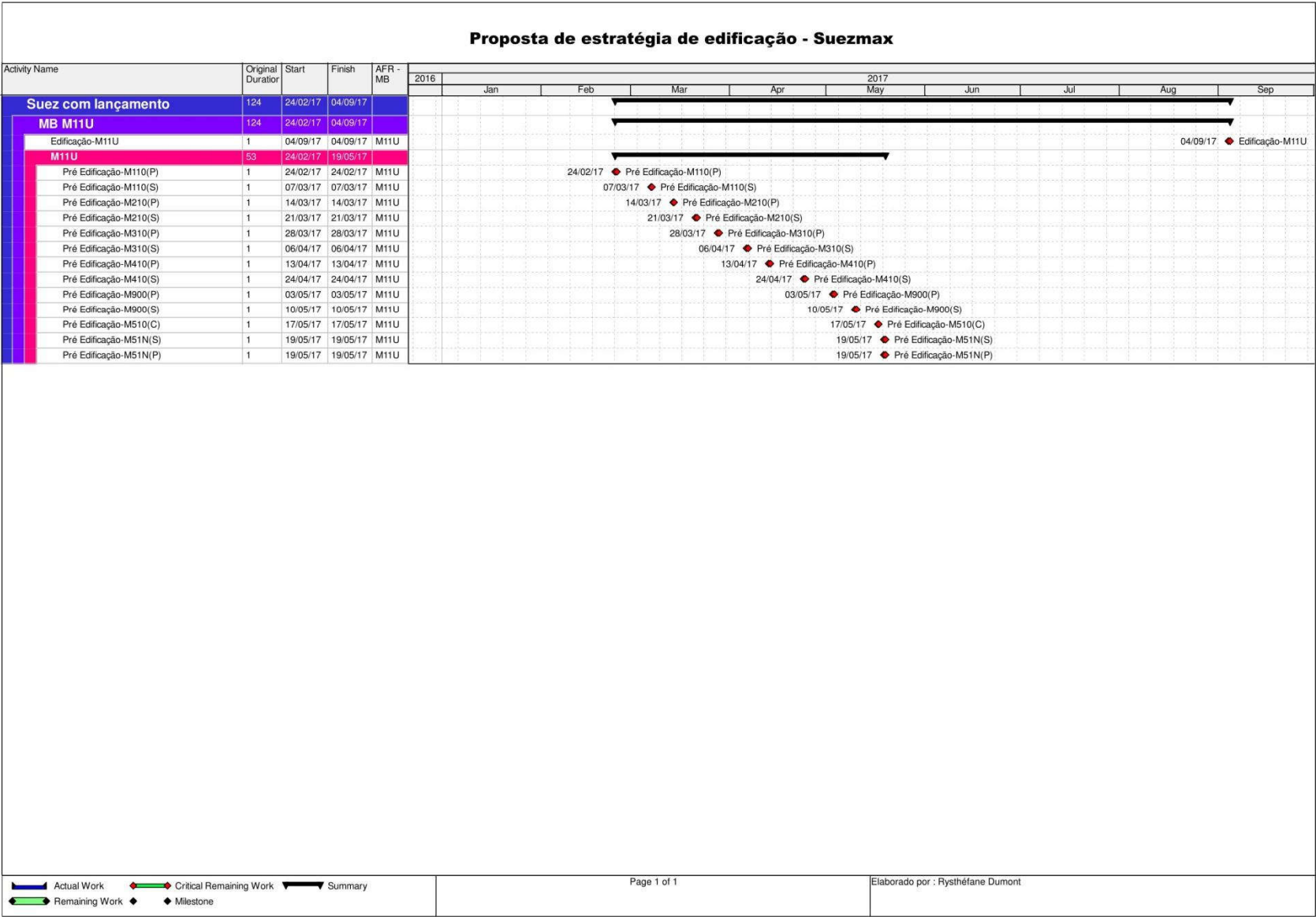












APÊNDICE C — CRONOGRAMA GERAL DE ATIVIDADES

