

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE RIBEIRO

ANÁLISE DA QUALIDADE DE CRONOGRAMAS DE OBRAS DE
INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

FELIPE RIBEIRO

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE CRONOGRAMAS DE OBRAS DE
INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Analysis of the quality of road infrastructures works schedules

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: M.Eng. Carlos Alberto da Costa

Coorientador: Dr. Cezar Augusto Romano

CURITIBA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FELIPE RIBEIRO

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE CRONOGRAMAS DE OBRAS DE
INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 27/agosto/2021

Carlos Alberto da Costa
Mestre em Engenharia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cezar Augusto Romano
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vanessa do Rocio Nahhas Scandelari
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Alfredo Iarozinski Neto
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2021

RESUMO

O setor de construção civil, em especial o subsetor de obras de infraestrutura, ganham cada vez mais importância devido à influência sobre os indicadores de competitividade de uma nação. O objetivo geral desse trabalho é analisar a qualidade de cronogramas de obras de infraestrutura rodoviária com base na estrutura de referência do DCMA (*Defense Contract Management Agency*). Neste estudo foram analisados cinco cronogramas de obra utilizados por uma empresa do setor de obra de infraestrutura rodoviária com sede no Paraná. Por meio do software Primavera P6, e sua versão web, foram analisadas as características que revelam o grau de qualidade do planejamento. Assim, os pontos de não conformidade com os parâmetros estabelecidos foram justificados e respondidos, alguns erros foram identificados e corrigidos e melhorias sugeridas para o desenvolvimento dos cronogramas e sua análise.

Palavras-chave: Indústria da Construção. Obras de Infraestrutura. Planejamento. Qualidade. Cronograma.

ABSTRACT

The civil construction sector, in particular the subsector of infrastructure, has gained more and more importance due to its influence on nations' competitiveness indicators. The overall objective of this work will be to analyze the quality of the schedules of road infrastructure construction based on the Defense Contract Management Agency reference structure. In this study we will analyze construction schedules used by a company in the road infrastructure sector with headquarters in Paraná. Through the Primavera P6 software, and its web version, characteristics that reveal the degree of the quality of planning were analyzed. Thus, the points of non-compliance with the parameters were justified and answered, some errors were identified and corrected and some improvements suggested for the development of the schedules and their analysis.

Keywords: Construction Industry. Infrastructure works. Planning. Schedule. Quality.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que me deu oportunidades, força de vontade e coragem para superar todos os desafios.

Aos meus pais Joel Ribeiro e Marianne Pflieger, meus tios, avós e familiares pelo amor, carinho, paciência, ensinamentos e por depositarem sua confiança em mim e por não medirem esforços para que eu ter a oportunidade de estudar.

À minha noiva Lucinara Santos Dias por todo o amor, e por ter sempre acreditado, incentivado e me apoiado durante essa trajetória acadêmica.

Aos meus orientadores Carlos Alberto da Costa e Cézar Augusto Romano pela constante ajuda e orientação neste trabalho, e contribuição fundamental para minha formação.

À empresa que tive oportunidade de estagiar, em especial aos profissionais Rogério Ferraz Cruz e Marcelino Rodrigues Braga por todo o ensinamento e experiências compartilhadas.

Agradeço a todos os professores pelos aprendizados durante a formação acadêmica.

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

LISTA DE SIGLAS

AACE	<i>Association for Advancement of Cost Engineering</i>
BEI	<i>Baseline Execution Index</i>
C/SCS	<i>Cost/Schedule Control System Criteria</i>
CPL	<i>Critical Path Length</i>
CPLI	<i>Critical Path Length Index</i>
DCMA	<i>Defense Contract Management Agency</i>
DOD	<i>Department of Defense</i>
EAC	Estimativa na Conclusão
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
ECMS	<i>Earned Value Management System</i>
EOP	Estrutura Organizacional do Projeto
EVM	<i>Earned Value Management</i>
EVMS	<i>Earned Value Management Systems</i>
EVMS PAP	EVMS Program Analysis Pamphlet
II	Início Início
IT	Início Término
LOE	<i>Level of Effort</i>
MS	<i>Microsoft</i>
OAE	Obra de Arte Especial
P6	Primavera P6
PAP	<i>Program Analysis Pamphlet</i>
PDCA	Planejar, Fazer, Checar e Agir
TCE-SP	Tribunal de Contas do Estado de São Paulo
TCM	<i>Total Cost Management Framework</i>
TF	<i>Total Float</i>
TI	Término Início
TT	Término Término

LISTA DE ACRÔNIMOS

CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
GAO	<i>Government Accountability Office</i>
NDIA	<i>National Defense Industrial Association</i>
PASEG	<i>Planning & Scheduling Excellence Guide</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	<i>Project Management Book of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de processos para desenvolvimento e planejamento do cronograma	18
Figura 2: Diretrizes agrupadas nas suas categorias	20
Figura 3: Aplicação das diretrizes para as fases do programa	21
Figura 4: Fluxograma escolha de software para análise do cronograma	39
Figura 5: Fluxograma do roteiro da pesquisa.....	42
Figura 6: Tela inicial P6 versão web	45
Figura 7: Tela do <i>Check Schedule</i> com os parâmetros utilizados	46
Figura 8: Exemplo da tela de resultado da análise	47
Figura 9: Lista das atividades que não atendem ao parâmetro	48
Figura 10: Tela de resultados do Cronograma 01.....	51
Figura 11: Tela de resultados do Cronograma 02.....	52
Figura 12: Tela de resultados do Cronograma 03.....	54
Figura 13: Tela de resultados do Cronograma 04.....	55
Figura 14: Tela de resultados do Cronograma 05.....	57
Figura 15: Gráfico comparativo dos índices de análise dos cronogramas.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Matriz Genérica para Classificação de Cronogramas.....	23
Quadro 2: Aplicação proposta de métricas a partir da classe do cronograma.....	25
Quadro 3: Resumo dos cronogramas do estudo de caso.....	44
Quadro 4: Itens correspondentes na referência bibliográfica.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	GESTÃO DE PROJETOS	16
2.1.1	Gerenciamento do Cronograma do Projeto	17
2.2	GERENCIAMENTO DE VALOR AGREGADO (EVM).....	18
2.3	QUALIDADE DO CRONOGRAMA.....	21
2.3.1	Classificação de Cronogramas	22
2.4	PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA DESENVOLVIMENTO DE CRONOGRAMA.....	25
2.4.1	Identificando Todas as Atividades	26
2.4.2	Sequenciando Todas as Atividades.....	27
2.4.3	Estabelecendo as Durações de Todas as Atividades.....	28
2.4.4	Confirmando que o Caminho Crítico é Válido.....	29
2.4.5	Assegurando Folga Total Razoável.....	30
2.5	MÉTODO DCMA PARA AVALIAÇÃO DE CRONOGRAMA	31
2.5.1	Lógica	31
2.5.2	Atrasos Negativos (<i>Leads</i>).....	31
2.5.3	Atrasos (<i>Lags</i>).....	32
2.5.4	Tipos de Relacionamento	32
2.5.5	Restrições Fortes	32
2.5.6	Folgas Totais Altas	33
2.5.7	Folgas Negativas	33
2.5.8	Durações Altas.....	34
2.5.9	Datas Inválidas	34
2.5.10	Atividade sem Recursos	34
2.5.11	Índice de Deslocamento de Datas	35
2.5.12	Integridade do Caminho Crítico	35
2.5.13	Índice de Cumprimento do Caminho Crítico (CPLI).....	35

2.5.14	Índice de Execução da Linha de Base (BEI)	36
2.6	SOFTWARES PARA CRONOGRAMA	37
2.6.1	Software para Desenvolvimento do Cronograma	37
2.6.2	Software para a Análise do Cronograma	37
3	METODOLOGIA	40
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	40
3.2	ROTEIRO DA PESQUISA	41
3.3	CASOS ESTUDADOS	43
3.4	PROCESSO DE ANÁLISE	45
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	49
4.1	PROCESSOS INICIAIS	49
4.2	ANÁLISE DOS CRONOGRAMAS	50
4.2.1	Cronograma 01	50
4.2.2	Cronograma 02	51
4.2.3	Cronograma 03	53
4.2.4	Cronograma 04	54
4.2.5	Cronograma 05	55
4.3	ANÁLISE COMPARATIVA	58
5	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2021), a construção civil representa 5,4% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional ao longo dos últimos anos, demonstrando grande relevância na economia nacional. Entretanto, é continuamente criticada por extrapolar o tempo de execução e o orçamento nas obras. Somente no estado de São Paulo, mais de 1200 obras estão paralisadas ou atrasadas, tendo um custo acima dos 50 bilhões de reais e dentre as principais causas estão questões técnicas que se revelaram após a licitação (TCE-SP, 2020).

Contudo, problemas relacionados a falta de planejamento não são exclusivos do Brasil, em pesquisa desenvolvida por Assaf e Al-Hejji (2006), foi concluído que 70% dos projetos na Arabia Saudita atrasam a entrega, sendo a ineficiência do planejamento e cronograma a principal causa desses atrasos.

Essa ineficiência é atribuída a alta complexidade dos projetos, incertezas, técnicas e práticas necessárias relacionadas ao cronograma e a dinâmica natural do canteiro de obras. Além do mais, a qualidade do cronograma deve ser baseada na capacidade do planejamento de trabalhar junto com os recursos associados, monitorar o progresso, reportar, narrar e determinar o caminho até a data final (EMAN e FARELL, 2014).

De forma a demonstrar a importância da fase de planejamento nos projetos, Serrador (2012), chegou à conclusão de que, o nível do planejamento é diretamente relacionado ao sucesso do projeto na indústria da construção civil. Contudo, “muitos proprietários enfrentam tal incerteza, ignorando todo o processo de planejamento e passam para a execução do projeto, ou delegam o pré-planejamento aos contratados, muitas vezes com resultados desastrosos” (GIBSON, *et al.* 2006).

O tema de planejamento e cronograma, recebeu grande atenção de pesquisadores, instituições governamentais e experts da indústria nos últimos anos. O *Project Management Institute* (PMI) descreveu através do *Project Management Book of Knowledge* (PMBOK, 2016) práticas tradicionais amplamente aplicadas, enquanto a *Association for Advancement of Cost Engineering* (AACE) publicou diversas práticas recomendadas por profissionais da área.

Em contrapartida, organizações governamentais como o *Defense Contract Management Agency* (DCMA) descreveu através do *Earned Value Management System (EVMS) Program Analysis Pamphlet* (PAP, 2012), o método de 14 pontos para avaliação da linha de base e atualização do cronograma. De forma análoga, o *Government Accountability Office* (GAO, 2012) desenvolveu o seu guia *GAO Schedule Assessment Guide*, que inclui critérios adicionais ao DCMA, como análise de risco, nivelamento e restrições de recursos, lógica pendente, além de práticas recomendadas em cada quesito.

Deste contexto surge a questão: Como aplicar estes conceitos e métodos para identificar e analisar as principais falhas na elaboração de cronogramas no setor de obras de infraestrutura rodoviária?

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é analisar a qualidade de cronogramas de obras aplicados nos casos de infraestrutura rodoviária com base em uma estrutura de referência do DCMA.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a estrutura de referência teórica para a análise dos cronogramas de obras de infraestrutura rodoviária.
- Levantar metodologias para analisar cronogramas.
- Analisar os cronogramas de obras rodoviárias com base na estrutura de referência.
- Identificar as principais falhas cometidas pelos planejadores e possíveis melhorias para estes cronogramas de obras analisados.

1.3 JUSTIFICATIVA

O tema de planejamento e cronograma vem recebendo muita contribuição pelo mundo, a partir de pesquisadores, instituições governamentais e profissionais da área. Entretanto, no Brasil é um assunto pouco explorado, e conforme observado,

possui grande impacto no resultado final dos projetos, tanto no espectro de tempo, quanto no de custo e qualidade.

Por conta dessa falta de referências nacionais, se faz necessário a pesquisa por bibliografias internacionais, como da AACE, GAO e do próprio DCMA, que auxiliam no desenvolvimento de um cronograma com qualidade, como também na sua análise.

A partir desta análise, baseada na estrutura de referência deste trabalho, é possível observar a funcionalidade de um dos métodos existentes para verificação da qualidade de um cronograma de obra, bem como entender as particularidades e falhas, e propor melhorias para este cronograma para que decisões possam ser tomadas de forma mais assertiva. Além de possibilitar a utilização deste trabalho como modelo ou exemplo prático, para profissionais da área replicarem esta análise.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, estão apresentadas as principais referências bibliográficas acerca de planejamento e controle, bem como as principais práticas recomendadas utilizadas no desenvolvimento dos cronogramas do estudo de caso, e também os parâmetros do DCMA.

2.1 GESTÃO DE PROJETOS

O Gerenciamento de Projetos não é algo recente, entretanto em meados do século XX, começou a ser buscado o reconhecimento do gerenciamento de projetos como profissão. Como resultado, começou a se obter um acordo sobre o conjunto de conhecimentos (BOK, em inglês de “*body of knowledge*”), desenvolvendo o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), que é o conhecimento em gerenciamento de projetos, sendo publicada a primeira edição do Guia PMBOK em 1996 (PMI, 2017).

De acordo com o PMBOK (2017), o gerenciamento de projetos é dividido em agrupamentos lógicos de processos que visam atingir os objetivos específicos do projeto. Esses grupos são independentes das fases do projeto e são eles:

- Grupo de processos de iniciação;
- Grupo de processos de planejamento;
- Grupo de processos de execução;
- Grupo de processos de monitoramento e controle; e
- Grupo de processos de encerramento.

Além dos grupos, também é dividido em 10 Áreas de Conhecimento, embora sejam inter-relacionadas, cada uma é definida separadamente do ponto de vista do gerenciamento de projeto. Cada uma simbolizando um conjunto de ideias, conceitos, atividades e especialização, são elas (PMI, 2017):

- Gerenciamento de Integração;
- Gerenciamento do Escopo;
- Gerenciamento do Cronograma;
- Gerenciamento de Custos;
- Gerenciamento da Qualidade;
- Gerenciamento de Recursos;
- Gerenciamento das Comunicações;
- Gerenciamento de Riscos;
- Gerenciamento de Aquisições; e
- Gerenciamento de Partes Interessadas.

2.1.1 Gerenciamento do Cronograma do Projeto

O gerenciamento do cronograma do projeto fornece um plano detalhado que representa como e quanto o projeto vai entregar os produtos, serviços e resultados definidos no escopo do projeto. (PMBOK, 2017). É dividido em seis etapas sendo elas:

- Planejar o Gerenciamento do Cronograma;
- Definir as Atividades;
- Sequenciar as Atividades;
- Estimar as Durações das Atividades;
- Desenvolver o Cronograma; e
- Controlar o Cronograma.

O cronograma tem fases de planejamento e desenvolvimento. A fase de planejamento do cronograma começa com a tradução do pacote de trabalho do escopo em atividades administráveis e também em determinar a sequência (lógica) de modo às atividades serem melhor performadas, é um processo iterativo e o resultado é o modelo de cronograma da execução do projeto usado para monitorar e controlar até a finalização do projeto. A fase de desenvolvimento do cronograma se inicia com o modelo gerado no planejamento do mesmo, e é o processo que aloca os recursos disponíveis (mão de obra, material, equipamento, etc.) para as atividades planejadas, após esse desenvolvimento do cronograma é gerado o cronograma linha de base para controle do projeto (AACE, 2015).

A Figura 1 apresenta o conjunto de processos de planejamento para elaboração de cronogramas, conforme sugerido por AACE (2015).

Indústria (NDIA) após um ano de estudo, foi submetida a nova versão dos critérios, sendo conhecido por Sistema de Gerenciamento de Valor Agregado (EVMS) como é até hoje, e diminuído os critérios para 32 (FLEMING e KOPPELMAN, 1998).

Atualmente, o EVM é exigido pelo Departamento de Defesa e Departamento de Energia dos EUA em consonância com a norma ANSI-EIA-748 e, contratos com valor igual ou superior a US\$20 milhões. Também de acordo com a Prática Recomendada 82R-13 (AACE, 2014), apesar da indústria não dispor de patamares específicos em dólares para a aplicação do EVM, se o seu uso exercer um efeito positivo sobre os resultados e lucros por meio do gerenciamento, então as companhias decidem implementar o sistema.

O Gerenciamento de Valor Agregado (EVM) frequentemente sofre a percepção de ser um fardo ao invés de um benefício, e muitas organizações acreditam que é muito complexo para implementar com sucesso fora do trabalho relacionado ao governo. Além do mais, os princípios básicos do EVM existem independentemente da norma EIA-748 e como ele é usado pode variar significativamente entre os setores, dependendo das normas e outras variáveis (BERGERUD, 2015).

O Guia de Aplicação do Sistema de Gerenciamento de Valor Agregado foi criado pela NDIA tendo sua última edição em 2014, esse guia foi desenvolvido para fornecer informações adicionais sobre a norma EIA-748 que é aplicada no governo e indústria e com objetivo de documentar as 32 diretrizes, servindo também de base para que empreiteiros e empresas a utilizem para comprovar e documentar que estão em conformidade com a norma. A EVM proporciona um projeto de planejamento estruturado para levar os dados e informações exigidas no ciclo de gerenciamento de início, planejamento, execução, controle e encerramento do projeto (NDIA, 2014).

Essas 32 diretrizes estão representadas na Figura 2, divididas em seus respectivos grupos.

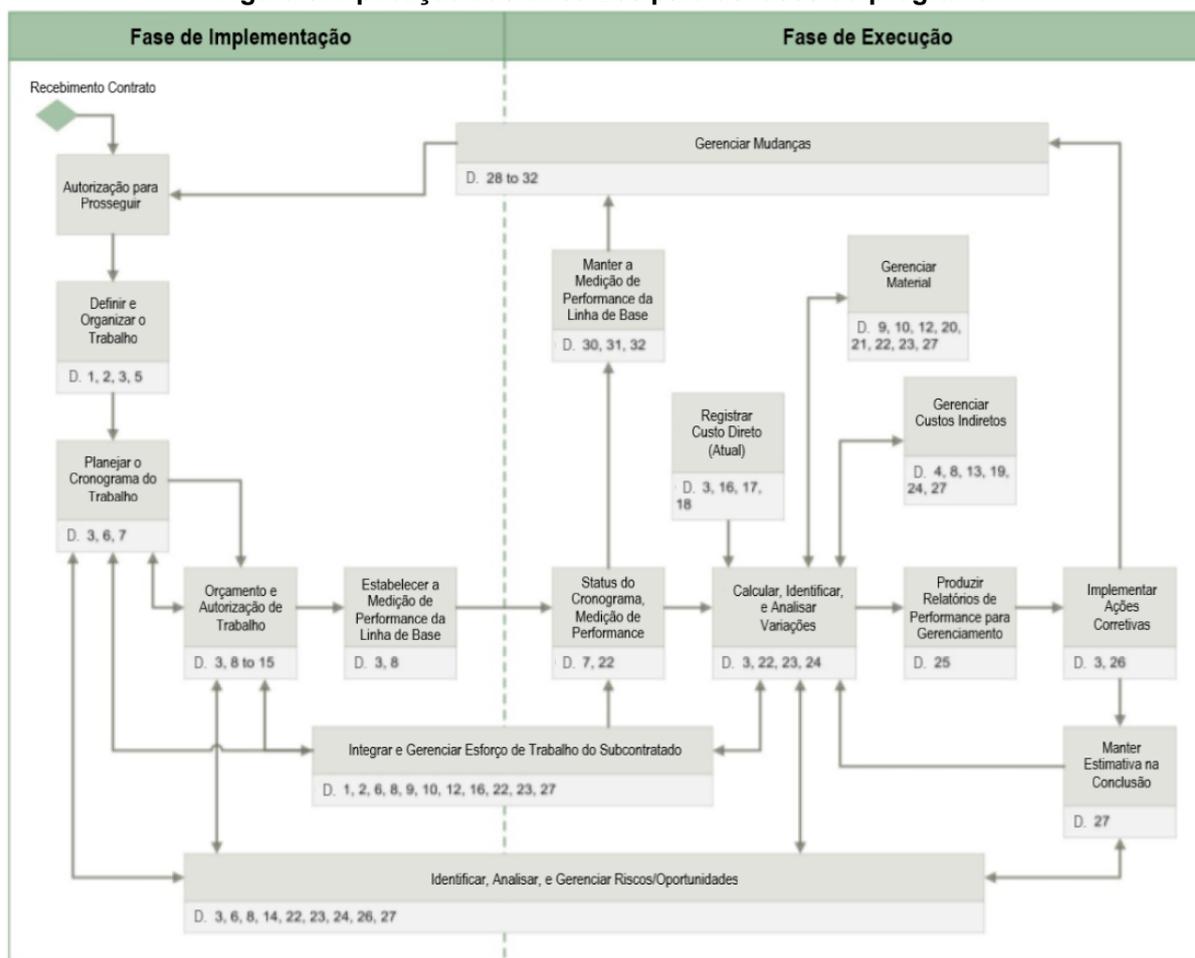
Figura 2: Diretrizes agrupadas nas suas categorias

ORGANIZAÇÃO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir Estrutura Analítica (EAP) 2. Identificar as Organizações (EOP) 3. Integrar os Processos 4. Identificar o Controle de Custos Indireto 5. Integrar EAP e EOP
PLANEJAMENTO, CRONOGRAMA E ORÇAMENTAÇÃO	<ol style="list-style-type: none"> 6. Trabalho de Cronograma 7. Identificar Produtos/Pontos de controle 8. Estabelecer orçamento dividido por fases 9. Elementos Significativos de Custo 10. Pacotes Discretos de Trabalho 11. Trabalho de Resumo/Pacote de Planejamento 12. Identificar Atividades de Nível de Esforço 13. Estabelecer Custos Indiretos para Organizações 14. Identificar MR e UB 15. Custos e Orçamentos-Alvo
CONSIDERAÇÕES CONTÁBEIS	<ol style="list-style-type: none"> 16. Registrar os Custos Diretos 17. Resumir Custo Direto na EAP 18. Resumir Custo Direto na EOP 19. Registrar os Custos Indiretos 20. Identificar Custos Unitários/por Lote 21. Contabilidade de Materiais
ANÁLISE E RELATÓRIOS GERENCIAIS	<ol style="list-style-type: none"> 22. Calcular Variação do Cronograma e do Custo 23. Identificar Variâncias Significativas 24. Analisar Variância de Custo Indireto 25. Resumir Dados e Variâncias 26. Planos Gerenciais de Ação Corretiva 27. Revisão da Estimativa na Conclusão (EAC)
REVISÕES E MANUTENÇÃO DE DADOS	<ol style="list-style-type: none"> 28. Incorporar Alterações 29. Reconciliar Orçamentos 30. Controlar Alterações Retroativas 31. Prevenir Mudanças Não Autorizadas 32. Documentar Alterações na PMB

Fonte: Adaptado de AACE (2014)

Enquanto a lista de diretrizes é útil para referência, também é importante ilustrar como essas diretrizes são aplicadas durante a implementação e execução das fases do projeto, por meio de um fluxograma no qual é possível verificar quais diretrizes são aplicadas em cada etapa tanto da fase de implementação quanto a fase de execução do planejamento. Esse fluxo do processo é ilustrado na Figura 3 com referências cruzadas à diretriz aplicável (NDIA, 2014).

Figura 3: Aplicação das diretrizes para as fases do programa



Fonte: Adaptado a partir de NDIA (2014)

2.3 QUALIDADE DO CRONOGRAMA

O cronograma do projeto é uma representação visual da lógica, duração, custo, recursos, qualidade e contingenciamento. É usado para comunicar a sequência de eventos requeridos para completar o escopo do projeto, gerenciar as atividades e monitorar o progresso no projeto. Além do mais, a qualidade do cronograma é fundamental para garantir a sua integridade de forma a providenciar informações precisas e razoáveis de tal forma que decisões possam ser tomadas, entretanto, caso a qualidade associada da representação visual desenvolvida for pobre, o cronograma não representará bem o plano o que leva a uma imprecisão no entendimento da estratégia do projeto e uma visão distorcida do seu desempenho (FRAIZINGER, 2019).

Existem muitos textos e documentos de referências que descrevem as melhores práticas para checar a qualidade, e ferramentas baseadas em software disponíveis para suportar o profissional na atividade de verificação da qualidade. No entanto, o problema com a orientação fornecida nesses recursos está na suposição de que o planejador está realizando essas verificações de qualidade em uma programação com o nível de conclusão e maturidade proporcionais ao que é normalmente definido como linha de base para controle, mas nem todos os cronogramas que não passam na verificação de qualidade foram produzidos para executar o projeto, e sim para uma fase inicial, de análise conceitual ou estudo de viabilidade (FRAIZINGER, 2019).

2.3.1 Classificação de Cronogramas

Alguns cronogramas não têm a finalidade de execução do projeto, com isso podem não passar pelas verificações de qualidade. A Prática Recomendada 27R-03 da AACE International fornece uma diretriz para a classificação de cronogramas, citando como característica principal o grau de definição do projeto, e como secundárias o uso final e os métodos utilizados para a construção do cronograma (AACE, 2010).

De acordo com Fraizinger (2019), a partir dessa matriz de classificação, faz sentido a verificação de qualidade ser baseada na classe do cronograma, sendo importante reconhecer que essas avaliações devem ser feitas tanto de uma perspectiva qualitativa quanto de uma perspectiva quantitativa.

A avaliação qualitativa da qualidade do cronograma será mais crítica e útil nos graus de definição iniciais do projeto, quando não há tantos detalhes incorporados, sendo geralmente baseados em critérios definidos e mensuráveis enraizados em práticas recomendadas. Em contrapartida, a avaliação quantitativa de um cronograma torna-se mais fácil de entender e aplicar quando o cronograma é suficientemente construído com todos os elementos básicos requeridos para a análise do Caminho Crítico (FRAIZINGER, 2019).

Conforme se pode ver no Quadro 1, um cronograma de Classe 5 é baseado no grau mais baixo de definição de projeto, enquanto um cronograma de Classe 1 está mais próximo da definição e maturidade plena do projeto (AACE, 2010).

Quadro 1: Matriz Genérica para Classificação de Cronogramas

	<i>Característica Principal</i>	<i>Característica Secundária</i>	
CLASSE DE CRONOGRAMA	GRAU DE DEFINIÇÃO DO PROJETO (Expresso como uma % da definição concluída) [1]	USO FINAL	MÉTODOS UTILIZADOS PARA CONSTRUÇÃO DO CRONOGRAMA
Classe 5	0% a 2%	Análise de adequação conceitual	Planejamento top down (de cima para baixo ou descendente) utilizando pontos de controle de alto nível e eventos-chave do projeto.
Classe 4	1% a 15%	Estudo de viabilidade	Planejamento top down utilizando pontos de controle de alto nível e eventos-chave do projeto. Semi-detalhado.
Classe 3	10% a 40%	Autorização ou controle de orçamento	“Pacote” de planejamento top down usando eventos-chave. Semi-detalhado.
Classe 2	30% a 70%	Controle ou licitação/proposta	Planejamento bottom up (de baixo para cima ou ascendente). Detalhado.
Classe 1	70% a 100%	Licitação/proposta	Planejamento bottom up. Detalhado.

Fonte: AACE (2010)

A característica principal é o grau de definição do projeto, baseada no percentual de definição do projeto que pode ser equivalente ao percentual concluído da engenharia. Essa característica estabelece a maturidade ou o alcance e tipo de informações de entradas disponíveis do processo, por essas variações serem amplas, não são abordadas detalhadamente nessa matriz da prática recomendada 27R, com isso alguns níveis podem ter sobreposição dessa porcentagem, se fazendo necessária a utilização das características secundárias dessa classificação (AACE, 2010).

As características secundárias incluem o uso final do cronograma, partindo da análise conceitual até a licitação ou proposta propriamente dita. Os métodos utilizados para a construção do cronograma também são característica secundária dessa matriz, em que parte do gráfico de barras até o diagrama lógico de rede em que as atividades possuem um inter-relacionamento entre si (AACE, 2010)

2.3.1.1 Avaliação qualitativa

Como principal exemplo de guia para essa avaliação de qualidade do cronograma, têm-se o Guia de Avaliação de Cronograma do Escritório de Contabilidade do Governo (GAO), que providencia um conjunto de melhores práticas principais para desenvolvimento e manutenção, focando em providenciar orientação com respeito à avaliação qualitativa do cronograma, trazendo uma Tabela de medidas de dados para cada uma das dez melhores práticas descritas no documento.

A avaliação qualitativa tem como enfoque a revisão de cronograma com o objetivo de melhorá-lo para desenvolvimento futuro e usos finais. Essa avaliação providencia ao planejador parâmetros concretos para revisar, de forma a se certificar de que foi produzido um cronograma de qualidade suficiente em qualquer fase da produção, tendo, de acordo com Fraizinger (2019), estes principais pontos:

- Codificação;
- Recursos;
- Estrutura Analítica do Projeto; e
- Tipos de atividades, Relacionamentos, Dependências e Lógica do CPM.

2.3.1.2 Avaliação quantitativa

Existem alguns softwares disponíveis para analisar a qualidade quantitativa de um cronograma. Essas ferramentas são usadas para medir uma faixa de métricas incluindo as reconhecidas e padronizadas como: Escritório de Contabilidade do Governo (GAO) e suas melhores práticas, o Guia de Excelência de Planejamento e Cronograma (PASEG) da Associação Nacional da Segurança da Indústria (NDIA) e os 14-pontos de avaliação da Agência de Gestão de Contratos de Defesa (DCMA). Em adição ao reporte dos resultados individuais, algumas dessas ferramentas também calculam uma pontuação de qualidade geral do cronograma.

Para Fraizinger (2019), qualquer método pode ser considerado uma ferramenta útil, se compreendido e aplicado de forma adequada. A abordagem baseada em atividades envolve mais esforço por parte do analista para configurar, conduzir e revisar, mas pode ser a seleção do método mais apropriado para garantir que o cronograma esteja livre de quaisquer problemas técnicos. A abordagem baseada em métrica é um método mais conveniente, por ser uma escolha prática, que devolve uma medida realista da qualidade técnica geral do cronograma.

Há uma série de métricas, que devem ser consideradas para uso pelo planejador para satisfazer se o cronograma tem qualidade suficiente em qualquer fase do seu desenvolvimento, de acordo com o seu nível e intenção, de maneira geral, o cronograma de determinada classe, deve possibilitar a sua análise utilizando as métricas sinalizadas, essas métricas estão sintetizadas e descritas no Quadro 2 (FRAIZINGER, 2019).

Quadro 2: Aplicação proposta de métricas a partir da classe do cronograma

Classe Cronograma	MÉTRICAS													
	Falta de Lógica	Densidade Lógica	Crítico	Final Aberto	Restrições Fortes	Folga Negativa	Detalhes Insuficientes	Leads and Lags	Ponto de Acesso	Alta Folga	CPLU	BEI	Alta Duração	Atividades Perdidas
5	✓			✓	✓									
4	✓		✓	✓	✓		✓	✓						
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Adaptado de Fraizinger (2019)

2.4 PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA DESENVOLVIMENTO DE CRONOGRAMA

Existem diversas práticas recomendadas para o desenvolvimento de cronograma, a AACE International com publicações individuais como as Práticas Recomendadas 33R-15, 23R-02, 24R-03, 32R-04 retratam sobre o desenvolvimento

da estrutura analítica do projeto, identificação das atividades, desenvolvimento da lógica das atividades e determinação da duração das atividades, respectivamente.

O Guia de Avaliação de Cronograma do GAO (2015), descreve dez práticas recomendadas para o desenvolvimento de cronogramas, sendo elas:

- identificando todas as atividades;
- sequenciando todas as atividades;
- atribuindo recursos a todas as atividades;
- estabelecendo as durações de todas as atividades;
- verificando que o cronograma pode ser traçado horizontalmente e verticalmente;
- confirmando que o caminho crítico é válido;
- assegurando folga total razoável;
- conduzindo a análise de risco do cronograma;
- atualização do cronograma usando progresso atual e a lógica; e
- manutenção da linha de base do cronograma.

2.4.1 Identificando Todas as Atividades

Segundo Mattos (2010), essa etapa requer grande atenção, visto que se algum serviço ou atividade não for identificado, o cronograma ficará inadequado, além disso o autor cita que a maneira mais prática de identificar as atividades é por meio da EAP, a qual se decompõe a totalidade da obra em pacotes de trabalho menores.

O cronograma deve refletir todas as atividades definidas na estrutura analítica do projeto de forma a detalhar todo o trabalho necessário para completar o objetivo do programa, incluindo atividades que devem ser executadas tanto pelo contratado quanto pelo contratante. Alguns itens relevantes descritos pelo Guia de Avaliação de Cronograma que refletem em boas práticas nesta etapa são (GAO, 2012):

- A EAP é o pilar do cronograma. Seus elementos possuem relacionamento lógico entre si e conduzem para o produto final. O cronograma claramente reflete a EAP e define as atividades necessárias para produzir e entregar cada pacote de trabalho;
- O cronograma reflete todo o esforço (eventos, trabalho necessário, passos) para alcançar os entregáveis descritos na EAP;
- O cronograma contém principalmente atividades detalhadas, e os marcos não são usados para representar trabalho;
- Atividades de nível de esforço (LOE) representam esforço que não é mensurável e não pode ser associado a um produto físico ou entregável definido;
- Os nomes das atividades são descritivos, e claros o suficiente para identificar sua associação com o produto sem necessitar verificar o nome da atividade predecessora ou sua localização na EAP;
- Atividades dentro do cronograma são facilmente rastreadas até documentos importantes e outras informações por meio de códigos de atividades; e

- Se as partes contratante e contratada utilizam diferentes softwares de cronograma, um processo deve ser definido para preservar a integridade entre esses diferentes formatos, além de ser convertido, verificado e validado quando o cronograma é atualizado.

Além disso, uma importante etapa durante a identificação das atividades são reuniões ou fóruns entre os profissionais do cronograma e de execução, de forma a discutirem sobre as atividades necessárias para concluir o projeto (AAACE, 2007).

2.4.2 Sequenciando Todas as Atividades

Nessa etapa, a prática recomendada 24R-03 revisada em 2004 da AAACE, descreve que para melhores resultados de planejamento, um envolvimento entre membros-chave da parte de execução do projeto que possuem conhecimento de como o trabalho é desenvolvido juntamente com o profissional responsável pelo cronograma se faz necessário, essa reunião é uma maneira excelente para desenvolver a lógica das atividades.

De acordo com Mattos (2010), para o cronograma fazer sentido, é importante a reunião da equipe de obra para chegar a um consenso sobre a lógica construtiva, o plano de ataque e o relacionamento entre as atividades, para o autor, “para cada atividade são atribuídas suas predecessoras imediatas, isto é, aquelas atividades que são condição necessária para que a atividade em questão possa ser desempenhada”.

O Guia de Avaliação de Cronograma lista itens importantes para serem verificados, que correspondem a boas práticas para esta etapa, como pode ser visto abaixo (GAO, 2012):

- O cronograma contém uma lógica completa entre as atividades, para poder ser narrado corretamente desde o início até o final do projeto com as atividades planejadas;
- A maioria dos relacionamentos são do tipo Término Início (TI);
- Com exceção do marco de início e fim, todas as atividades possuem predecessor e sucessor;
- Qualquer atividade que esteja faltando predecessor e sucessor exceto os marcos de início e fim, estão devidamente justificadas;
- O cronograma não tem lógica pendente, isto é: cada atividade tem uma predecessora que a dirige com relacionamento TI ou II e cada atividade tem uma sucessora que a dirige com relacionamento TI ou TT;
- O cronograma não contém relacionamento Início Término (IT);
- Em vez de usar restrições do tipo “Começar não mais cedo que” para fornecedores externos, preferir atividades no cronograma para tal objetivo;
- *Lags* são usados no cronograma apenas para denotar a passagem do tempo entre atividades;

- Restrições de datas são justificadas na documentação do cronograma. Restrições fortes são evitadas e seu uso é objetivamente justificado em referência a algum evento de controle externo;
- Todo esforço é feito para não usar *lags* e *leads*, mas para quebrar em atividades menores de forma a identificar predecessores e sucessores para que assim a lógica fique visível; e
- O cronograma foi avaliado quanto à convergência do caminho. Atividades com muitos predecessores foram examinadas para verificar se não poderia utilizar uma lógica alternativa vinculando esses predecessores a outras atividades.

Além disso, de acordo com o GAO (2012), o cronograma deve ser planejado para que as datas críticas do programa interajam, para isso as atividades devem ser sequenciadas e conectadas de forma lógica. Preferencialmente, a atividade predecessora deve finalizar para então a sucessora iniciar, além de que restrições de datas e *lags* devem ser minimizados e justificados. Dessa forma, é possível assegurar a independência das atividades para que as mesmas possam narrar e medir o progresso do projeto.

2.4.3 Estabelecendo as Durações de Todas as Atividades

Em um cronograma, é necessário a presença de duração em toda a atividade associado a ele. A duração é a quantidade de tempo em horas, dias, semanas ou meses que a atividade leva para ser executada, ela depende da quantidade de serviço, produtividade e quantidade de recursos alocados, sendo essas grandezas relacionadas entre si. (MATTOS, 2010, p. 47).

Para a estimativa de duração, duas áreas de performance podem ser consideradas, performance passada e performance esperada. Para a performance passada, o profissional de cronograma deve revisar as durações atuais baseado em atividades similares completadas no passado, entretanto se forem atividades novas ou não possuir histórico dessas atividades, deve-se considerar utilizar dados de outras indústrias ou outro recurso em que possa confiar. (AACE, 2012).

Essas durações devem ser de preferência curtas para possibilitar a medição de progresso de maneira discreta, entretanto para cronogramas de planejamento, proposta, os pacotes de atividades não estão detalhados o que leva a atividades de maior duração, até serem quebradas em pacotes de trabalhos menores para a execução do projeto. Abaixo estão relacionados alguns itens que devem ser

checados, referentes a essa etapa do cronograma, que são boas práticas segundo o GAO (2012):

- Duração de atividades é diretamente relacionado a recursos associados e estimativa de trabalho requerido;
- As durações são o mais curtas possíveis, até um ponto, de forma facilitar a medição objetiva do esforço;
- Longas durações devem ser quebradas em atividades mais curtas se a lógica permitir essa quebra da atividade, se não for praticável de dividir em atividades menores ou inserir marcos intermediários, deve ser feita a justificativa para essas longas durações;
- Atividades muito curtas com um ou menos dias, podem implicar em um cronograma muito detalhado, necessitando de atualizações mais frequentes para programar a duração e a lógica do que caso contrário, é necessário;
- Atividades nível de esforço são marcadas de forma clara no cronograma e suas durações derivam de outras atividades;
- Todas as durações do cronograma são definidas com a mesma unidade de tempo (horas, dias, semanas), sendo preferencialmente em dias;
- Todas as premissas relacionadas a estimativa de duração das atividades são documentadas com detalhes apropriados, com descrição da metodologia usada para criar a estimativa (dados paramétricos históricos ou opinião de especialista);
- Calendários são usados para especificar horários e dias válidos para trabalho para as atividades, e quando viável, recursos; e
- As durações são estimadas em condições regulares, não em condições ótimas ou bem favoráveis, e não deve ser irrealisticamente curta ou arbitrariamente reduzida para atender necessidades administrativas ou desafios do projeto.

2.4.4 Confirmando que o Caminho Crítico é Válido

O caminho crítico é a sequência de atividades que produzem o tempo mais longo no cronograma, em que qualquer atraso nessas atividades críticas atrasa o final do projeto, e para o projeto ser antecipado, é preciso reduzir a duração de alguma atividade pertencente ao caminho crítico (MATTOS, 2010).

O cronograma deve identificar o caminho crítico do projeto, estabelecendo um caminho crítico válido se necessário para examinar os efeitos de qualquer atividade com variação de duração nesse caminho. Além disso, o caminho crítico determina a data mais cedo para completar o projeto possibilitando o foco e a atenção da equipe de gerenciamento e execução nessas atividades. Como boas práticas relacionadas a esse assunto, o Guia de Avaliação de Cronograma lista alguns itens a serem verificados, e estão descritos a seguir (GAO, 2012):

- O caminho crítico do cronograma é válido. Isso é, o caminho crítico ou caminho mais longo:
 - Não inclui atividades de nível de esforço, sumarizadas ou outras atividades longas, exceto para pacotes futuros de planejamento;
 - É um caminho contínuo da data de status até o marco final;

- Não contém restrições que faça que atividades sem importância dirijam uma data marco;
- Não tem *lags* ou *leads*;
- O caminho crítico ou mais longo (na presença de restrições), é usado como ferramenta para gerenciar o projeto. Ou seja, a gestão:
 - Verificou e justificou o caminho crítico atual conforme calculado pelo software;
 - Usa o caminho crítico para focar em atividades que serão prejudiciais para marcos e entregáveis caso elas “escorreguem”;
 - Examina e mitiga o risco em atividades do caminho crítico que tem potencial para atrasar entregáveis ou marcos do projeto;
 - Revisou e analisou caminhos quase críticos, porque as atividades que fazer parte desses caminhos são prováveis de ultrapassar o caminho crítico principal e guiar o cronograma;
 - Reconhece não somente atividades com baixa folga, mas também atividades que realmente determinam a data final do marco; e
 - Avalia o caminho crítico antes da linha de base do cronograma e a cada atualização do mesmo para assegurar que o caminho é válido.

2.4.5 Assegurando Folga Total Razoável

O período de tempo que uma atividade pode “flutuar” dentro do prazo total disponível para sua realização sem atrasar a data final dá-se o nome de folga, enquanto um mero atraso em uma atividade do caminho crítico acarreta num prolongamento da data final do projeto, atividades não críticas possuem essa flexibilidade de poder atrasar sem gerar prolongamento do cronograma (MATTOS, 2010).

Segundo a prática recomendada do Guia de Avaliação de Cronograma, o cronograma deve identificar folga total razoável e cita como boas práticas os seguintes itens abaixo (GAO, 2012):

- A folga total calculada pelo software de cronograma é razoável e reflete com precisam a flexibilidade de um cronograma;
- O cronograma realmente tem a flexibilidade indicada pelos níveis de folga total;
- As atividades restantes no cronograma são classificadas por folga total e avaliadas quanto à razoabilidade. Todas atividades que parecem ter uma grande folga são examinadas para verificar se não possuem ausência de lógica ou estão incompletas;
- Grandes folgas totais que aparentam ser excessivos são documentados para mostrar ao time de gerenciamento que foi realizada uma avaliação e foi concordado que a lógica e a folga são consistentes com o plano;
- Folga total é calculada para entregas principais e marcos, assim como ao final do projeto;
- Folgas totais informam ao responsável em que atividades pode ser realocados recursos de forma a mitigar “escorregões” em outras atividades; e
- As restrições de datas causando folga negativa foram justificados. Se o atraso for significativo, planos para recuperar o deslizamento do cronograma foram avaliados e implementados.

2.5 MÉTODO DCMA PARA AVALIAÇÃO DE CRONOGRAMA

O método foi desenvolvido pela Agência de Gestão de Contratos de Defesa (DCMA) em 2012, com o objetivo de identificar áreas com potenciais problemas no cronograma, essas métricas providenciam ao analista uma estrutura de perguntas e realizar pesquisas de acompanhamento. A identificação de uma métrica negativa não é em si sinônimo de falha, porém um indicador ou catalisador para aprofundar a análise e compreender o motivo dessa situação. Conseqüentemente, a correção dessa falha não é totalmente necessária, mas deve ser entendida. Esta análise é dividida em 14 pontos ou métricas, e não são analisadas as atividades: Completas, Marcos, Nível de Esforço e Sumarizadas (DCMA, 2012).

2.5.1 Lógica

Essa métrica identifica atividades incompletas que estão sem *links* de lógica (predecessoras e sucessoras), ajudando a identificar o quão bem ou mal o cronograma está interligado. Mesmo havendo *links*, a lógica precisa ser verificada para garantir que os mesmos façam sentido. Qualquer atividade que esteja faltando um predecessor e/ou sucessor está incluído nesta métrica, e este número não deve exceder 5% (DCMA, 2012). Calculado a partir da Equação (1).

$$\text{Falta de Lógica \%} = \frac{\# \text{ de atividades sem lógica}}{\# \text{ de atividades incompletas}} \times 100$$

(Eq.1)

2.5.2 Atrasos Negativos (*Leads*)

Essa métrica identifica o número de *links* de lógica com *leads* no relacionamento com o predecessor. O Caminho Crítico e qualquer análise subsequente pode ser afetado utilizando esse recurso, por distorcer a Folga Total no cronograma além de poder causar conflito de recursos. *Lags* negativos não devem ser usados, portanto o objetivo dessa métrica é ser 0 (DCMA, 2012). Calculado a partir da Equação (2).

$$\text{Leads \%} = \frac{\# \text{ de links l\u00f3gicos com leads}}{\# \text{ de links l\u00f3gicos}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

2.5.3 Atrasos (*Lags*)

Essa m\u00e9trica representa o n\u00famero total de *lags* na l\u00f3gica com atividades predecessoras. Apesar do DCMA ser mais toler\u00e1vel com *lags* positivos, esse recurso deve ser evitado, pois pode manipular as folgas ou restringir o cronograma. *Lags* n\u00e3o estar presente em mais de 5% das atividades (DCMA, 2012). Calculado a partir da Equa\u00e7\u00e3o (3).

$$\text{Lags \%} = \frac{\# \text{ de links l\u00f3gicos com lags}}{\# \text{ de links l\u00f3gicos}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

2.5.4 Tipos de Relacionamento

Essa m\u00e9trica providencia a quantidade de atividades contendo cada tipo de l\u00f3gica. O relacionamento T\u00e9rmino In\u00edcio (TI) em que a predecessora termina para assim a sucessora iniciar, providencia um caminho l\u00f3gico pelo cronograma e deve estar presente em pelo menos 90% dos tipos de relacionamentos usados. O relacionamento In\u00edcio T\u00e9rmino (IT) \u00e9 contra intuitivo uma vez que a sucessora n\u00e3o pode come\u00e7ar at\u00e9 que a predecessora comece, devendo ser usado em raros momentos e com uma justificativa detalhada. Outros dois tipos de relacionamento s\u00e3o In\u00edcio In\u00edcio (II) e T\u00e9rmino T\u00e9rmino (TT) (DCMA, 2012). A porcentagem de relacionamentos TI pode ser calculada a partir da Equa\u00e7\u00e3o (4).

$$\% \text{ de Relacionamento TI} = \frac{\# \text{ de links l\u00f3gicos com Relacionamento TI}}{\# \text{ de links l\u00f3gicos}} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

2.5.5 Restri\u00e7\u00f5es Fortes

Essa m\u00e9trica identifica a quantidade de restri\u00e7\u00f5es fortes no cronograma, s\u00e3o restri\u00e7\u00f5es que impedem as atividades de se moverem, exemplos desse tipo de restri\u00e7\u00e3o s\u00e3o:

- Devem terminar em;
- Devem começar em;
- Começar não mais tarde que; e
- Terminar não mais tarde que.

Essas restrições dificultam o cronograma de ser guiado pela lógica, entretanto restrições fracas permitem que o cronograma seja guiado pela lógica, são exemplos dessas restrições:

- Tão logo quanto possível;
- Começar não antes que; e
- Terminar não antes que.

De acordo com o Guia do DCMA (2012), a quantidade de restrições fortes não deve ser superior a 5% de forma a evitar que o cronograma fique muito restrito, “travado”. Calculado a partir da Equação (5).

$$\text{Restrições Fortes \%} = \frac{\text{Total \# de atividades incompletas com Restrições Fortes}}{\text{Total \# de atividades incompletas}} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

2.5.6 Folgas Totais Altas

As atividades do cronograma não devem possuir folgas totais maior que 44 dias trabalháveis ou 2 meses corridos. A atividade com folga maior que 44 dias trabalháveis pode ser resultado da falta de predecessores ou sucessores ou o cronograma pode ser instável e não dirigido pela lógica, com isso o DCMA (2012) recomenda que a porcentagem de atividades com folga total maior que 44 dias trabalháveis não deva exceder 5%. Essa verificação é feita a partir da Equação (6).

$$\text{Folgas Altas \%} = \frac{\text{Total \# de atividades incompletas com Folgas Altas}}{\text{Total \# de atividades incompletas}} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

2.5.7 Folgas Negativas

Essa métrica inclui as atividades que possuem folgas menores que 0 dias trabalháveis. Ela ajuda a identificar atividades que estão atrasando a finalização de um ou mais Marcos, essas atividades devem ser explicadas além da necessidade de um plano de ação para mitigar essas folgas negativas, portanto, idealmente, não

deve haver nenhuma atividade com folga negativa (DCMA, 2012). Calculado a partir da Equação (7).

$$\text{Folgas Negativas \%} = \frac{\text{Total \# de atividades incompletas com Folgas Negativas}}{\text{Total \# de atividades incompletas}} \times 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

2.5.8 Durações Altas

Analogamente ao item 2.5.6, essa métrica inclui as atividades que em sua linha de base possuem uma duração maior que 44 dias trabalháveis ou 2 meses corridos. Ela ajuda a determinar quando uma atividade pode ser quebrada em outras atividades, o que facilita no gerenciamento e providencia uma melhor visão no custo e na performance do cronograma, portanto as atividades com grande duração não devem exceder os 5% (DCMA, 2012). Essa porcentagem pode ser calculada a partir da Equação (8).

$$\text{Durações Altas \%} = \frac{\text{Total \# de atividades incompletas com Durações Altas}}{\text{Total \# de atividades incompletas}} \times 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

2.5.9 Datas Inválidas

Uma atividade deve ter datas previstas para início e término no futuro em relação à “data date”, porém atividades completadas não devem ter sua data de início e término no futuro em relação à “data date” do cronograma. Datas inválidas mostram falta de atenção ou baixa qualidade na atualização do cronograma, portanto não devem haver datas inválidas (DCMA, 2012).

2.5.10 Atividade sem Recursos

Essa métrica providencia uma verificação de que todas as atividades com duração maior que zero tem um custo ou recurso associado. Entretanto, alguns cronogramas não são carregados de recursos diretamente. Um cronograma de qualidade é necessário ter recursos carregados nas atividades, pois assim será

possível monitorar o progresso, reportar, narrar e determinar o caminho até a data final (EMAN; FARELL, 2014).

2.5.11 Índice de Deslocamento de Datas

Uma atividade é incluída nessa métrica se a mesma devesse estar finalizada, em outras palavras, se a data de término de sua linha de base estava antes da “data date” e a data atual de término está depois, havendo uma variância de término maior que zero. Essa métrica ajuda a identificar o quão bem ou mal o cronograma está conversando com a linha de base planejada. A quantidade de atividades com datas deslocadas não deve exceder os 5% (DCMA, 2012). Para verificar essas datas deslocadas, é utilizado a Equação (9).

$$\text{Perdidas \%} = \frac{\# \text{ de atividades com data atual ou prevista passado da linha de base}}{\# \text{ de atividades com data final da linha de base na ou antes da data date}} \times 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

2.5.12 Integridade do Caminho Crítico

O propósito dessa verificação é testar a integridade da lógica geral do cronograma e em particular do caminho crítico. Para isso, assumindo folga zero, se a data de conclusão do projeto ou outro marco não atrasar na proporção direta para a quantidade do deslizamento intencional que é introduzido na programação como parte do teste, então há uma quebra de lógica em algum lugar do cronograma, o que é resultado da falta de predecessor ou sucessor (DCMA, 2012).

2.5.13 Índice de Cumprimento do Caminho Crítico (CPLI)

Este índice mede a eficiência em completar os marcos no caminho crítico, servindo como um *buffer* para o final do projeto, à medida que o índice melhora, maior é a folga disponível, o CPLI pode ter três definições (DCMA, 2012):

- CPLI = 1,00: A cada dia de trabalho, representa um dia que passa no cronograma.
- CPLI < 1,00: O cronograma é ineficiente com relação ao cumprimento da data de referência do marco, ou seja, vai terminar atrasado.

- CPLI > 1,00: O cronograma está sendo executado de forma eficiente em relação a linha de base a ser cumprida, e conseqüentemente vai terminar mais cedo.

De acordo com o DCMA (2012), para o cálculo desse índice, é necessário determinar o comprimento do caminho crítico do projeto (CPL) e a Folga Total (TF), o primeiro é medido em dias trabalháveis até o próximo marco a ser medido, e o segundo é a quantidade de dias do projeto que podem ser atrasados antes de atrasar a data de finalização, com isso, um CPLI menor que 0,95 deve ser considerado um alerta para o cronograma. Para calcular o índice CPLI, é utilizada a equação (10).

$$\text{Índice do Caminho Crítico (CPLI)} = \frac{\text{CPL} + \text{TF}}{\text{CPL}} \quad (\text{Eq. 10})$$

2.5.14 Índice de Execução da Linha de Base (BEI)

Esse índice é uma métrica que calcula a eficiência em que as atividades foram completadas em relação às atividades da linha de base. O BEI fornece uma visão no realismo do programa de custos, recursos e cronograma, comparando a quantidade cumulativa de atividades completadas com a quantidade cumulativa de atividades na linha de base com data de término antes ou na atual data do período. Esse índice não leva em conta atividades completadas antes ou depois do prazo da linha de base, contanto que estejam completadas no período atual. Se mais atividades estão finalizadas do que o planejado, então o BEI será maior que 1,00. Entretanto, caso o BEI esteja abaixo de 0,95, deve ser considerado como um alerta para o cronograma (DCMA, 2012). Para calcular o índice BEI, é utilizada a Equação (11).

$$\text{BEI} = \frac{\text{Total \# de Atividades Completadas}}{\text{Total \# de Atividades Completadas antes de agora} + \text{Total \# de Atividades faltando data final da linha de base}}$$

(Eq. 11)

2.6 SOFTWARES PARA CRONOGRAMA

Nesta seção serão abordados os principais softwares para desenvolvimento de cronogramas e suas particularidades, bem como a melhor escolha para analisar cada cronograma.

2.6.1 Software para Desenvolvimento do Cronograma

Dentre os principais softwares de cronograma no mercado, o amplamente conhecido e utilizado devido a facilidade e disponibilidade é o Microsoft Project, além deste, o Primavera P6 da Oracle é voltado para o uso corporativo, ambos possuem muitas similaridades, entretanto são plataformas diferentes que não se interagem de forma confiável, necessitando de um processo de exportação/importação entre eles para garantir certa qualidade das informações.

Entre as diferenças, segundo a Consultoria TenSix, especializada na implantação de Gestão de Valor Agregado, entre outros, a principal entre esses dois softwares é de que o Primavera P6 foi genuinamente construído desde o início para o uso corporativo.

Alguns pontos citados por essa consultoria como diferenças são:

- EAP no P6 só é alterada em uma aba própria, evitando possíveis erros indesejados;
- P6 possibilita acesso de múltiplos usuários em um projeto único;
- P6 pode criar número ilimitado de linhas de base, enquanto MS apenas onze;
- Possibilidade de múltiplos relacionamentos para a mesma atividade no P6, como por exemplo FF e SS entre duas atividades iguais; e
- P6 funciona como banco de dados.

Por conta dessas diferenças, empresas tem preferência na utilização do Primavera P6, devido a possibilidade de acesso múltiplo ao mesmo projeto, banco de dados como segurança e facilidade de comunicação dos projetos, entre outros.

2.6.2 Software para a Análise do Cronograma

Para analisar cronogramas tendo como base os itens da seção 2.5 deste trabalho, não é necessário a utilização de um software específico, podendo ser feita de forma manual, utilizando filtros em uma planilha. Porém, para uma maior precisão

e rapidez na obtenção da análise do cronograma, alguns softwares foram desenvolvidos com a finalidade de analisar os 14 pontos do DCMA.

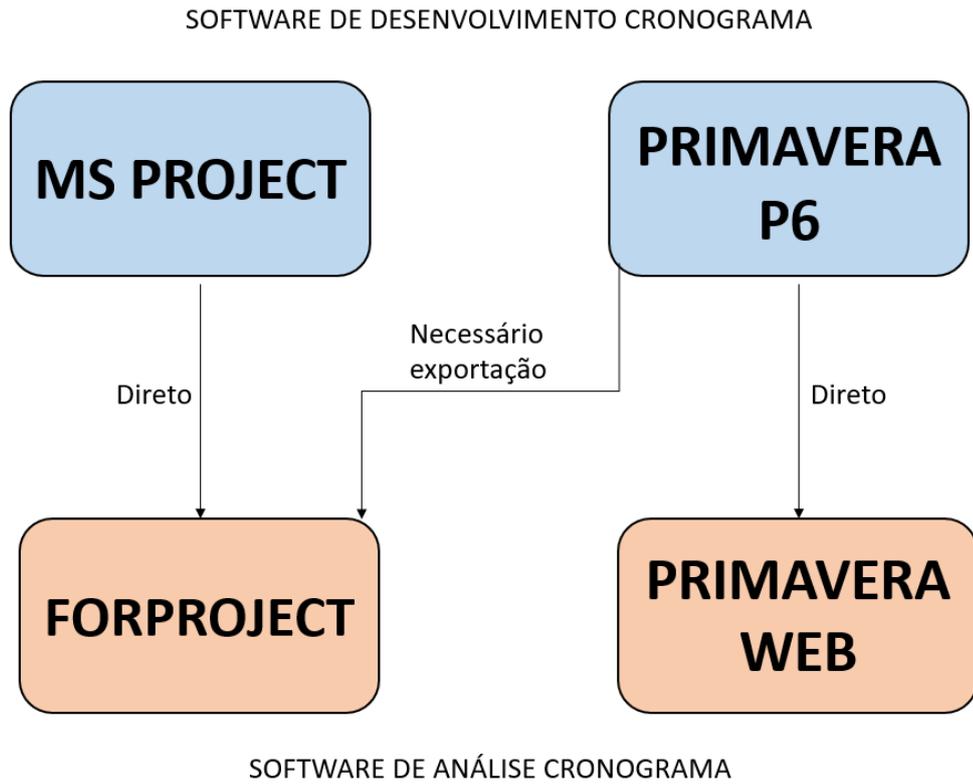
Entre os softwares existentes no mercado, o mais tradicional é o forProject que funciona como uma extensão para o Microsoft Project, e é uma alternativa para analisar as métricas do DCMA em um cronograma, por sua facilidade de utilizar, quantidade de métricas disponíveis e interface simples e direta, sendo a melhor alternativa para quem utiliza o MS Project.

Para os profissionais que utilizam o Primavera P6, é possível utilizar uma ferramenta de análise, com base nas métricas do DCMA, disponível no item *Check Schedule* na versão web do Primavera, sendo os valores dos parâmetros possíveis de alterar como é também no forProject.

A escolha de cada software de análise, deve levar em consideração o software utilizado para o desenvolvimento do cronograma, principalmente pelo motivo de integração entre as diferentes plataformas, em que a simples exportação entre um e outro, pode levar a perda de dados, informações e distorções no cronograma. Esse problema pode ser resolvido utilizando por exemplo o XerTransfer, um dos vários softwares existentes no mercado que fazem essa interação entre as diferentes plataformas, entretanto é um processo demorado, que inviabiliza o objetivo principal, de analisar a qualidade de cada cronograma, visto que existem alternativas mais rápidas e com o mesmo resultado final.

Na Figura 4, a seguir, estão apresentados as possíveis escolhas de software para realizar a análise do cronograma segundo os parâmetros do DCMA.

Figura 4: Fluxograma escolha de software para análise do cronograma



Fonte: o Autor (2021)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo está descrita a metodologia utilizada para a reprodução da estrutura de referência, bem como os softwares utilizados na construção do cronograma e conseqüentemente na sua análise.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa (revisão) bibliográfica, documental e tipológica se desenvolveu tendo em vista o principal tema deste trabalho, cronograma e qualidade, de modo a compor a base teórica para a aplicação da estrutura de referência na análise dos cronogramas. Conforme ensinou Koche (2011), “conhecer e analisar as principais contribuições teóricas existentes tornam-se instrumentos indispensáveis para compreender e explicar o problema, objeto da investigação”.

A partir dessa pesquisa bibliográfica, que serviu como base de referência, se desenvolveu um estudo de caso, que de acordo com Yin (2009), o estudo de caso é uma das diversas maneiras de se fazer pesquisa, em geral representam uma estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, já para Triviños (1987) “Estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente”, também para o autor, com essa metodologia é possível estabelecer comparações entre dois ou mais enfoques específicos, o que enriquece a pesquisa qualitativa especialmente se realizada numa perspectiva histórico-estrutural.

Por fim, o método comparativo foi utilizado para buscar semelhanças e diferenças entre os casos estudados, bem como para observar e identificar erros de planejamento comuns aos casos, para que fosse possível propor soluções e melhorias aos cronogramas.

3.2 ROTEIRO DA PESQUISA

Esta pesquisa se deu fazendo a leitura e o estudo dos documentos mencionados na revisão bibliográfica, sendo facilitado em virtude dos mesmos já serem utilizados como referência no ambiente profissional do qual faço parte. Essa literatura é a referência para grandes instituições direcionadas ao planejamento e controle de obras como AACE, GAO, The Guild of Project Controls (GPC), além de artigos científicos, dissertações, monografias, livros, regulamentos, guias, manuais, dentre outros tipos de documentos que foram consultados para a estruturação da base teórica.

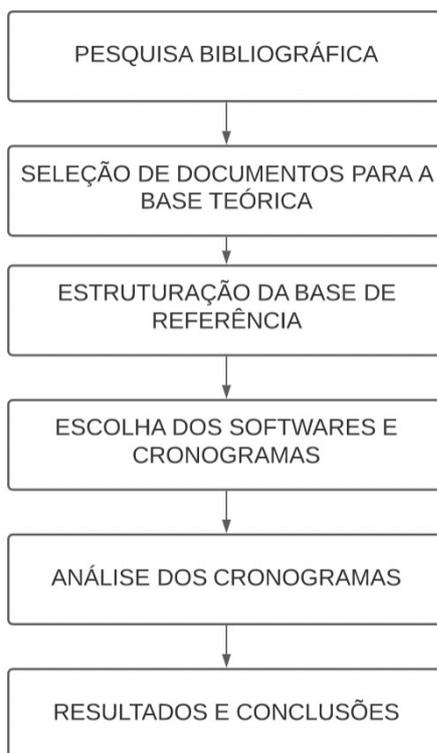
Contudo, a pesquisa central desse trabalho foi acerca dos 14 pontos do DCMA, que é um dos métodos de análise de cronograma, utilizado em grande escala para contratos governamentais dos Estados Unidos como forma de auxiliar o Departamento de Defesa a verificar o grande volume de contratos e cronogramas dos quais eles têm de lidar. Não servindo como regras rígidas, mas sim como indicadores de potenciais áreas com problemas em que uma profunda análise do cronograma seja necessária. (DCMA, 2012).

O software para desenvolvimento dos cronogramas foi o Primavera P6, utilizado no meu âmbito profissional, e por consequência a análise dos mesmos se deu na versão web do Primavera, os cronogramas foram escolhidos em virtude do seu tipo de obra, para que fosse semelhante de tal forma que possibilitasse uma análise comparativa entre os casos selecionados.

As análises se deram a partir dos resultados obtidos da versão web do primavera utilizando os parâmetros do DCMA, sendo comparados entre si, e de maneira geral, buscando soluções e explicações de eventuais divergências com os parâmetros estabelecidos, a partir dessas análises foi traçada a conclusão da análise, das soluções e da relevância deste trabalho e metodologia para os profissionais de planejamento e cronograma.

Por meio da Figura 5, está descrito o roteiro seguido para a elaboração deste trabalho.

Figura 5: Fluxograma do roteiro da pesquisa



Fonte: o Autor (2021)

3.3 CASOS ESTUDADOS

Para este estudo de caso, serão utilizados cinco cronogramas desenvolvidos por uma empresa de construção situada na cidade de Curitiba, utilizando as práticas recomendadas e guias mencionados na referência bibliográfica. Sendo todos estes, destinados a fase de proposta para obras de infraestrutura rodoviárias e que serviram como ferramenta ou suporte para a tomada de decisão.

O primeiro cronograma se refere a uma obra situada na região sudeste, possuindo em seu escopo o alargamento de uma ponta com vigas pré-moldadas, implantação de um viaduto com estrutura em pré-moldado, balanços sucessivos e encontro leve estruturado em concreto cimbrado, além de readequação e ampliação da pista com aproximadamente 1,5km, adequações de acessos e implantação de via local.

O segundo, se refere a uma obra situada na região centro-oeste, possuindo em seu escopo a duplicação e implantação de vias marginais em um trecho de aproximadamente 6 km com partes em perímetro urbano, além de uma interseção em desnível com obra de arte especial (OAE) com estrutura pré-moldada.

O terceiro cronograma se refere a uma obra situada na região centro-oeste, possuindo em seu escopo a duplicação de aproximadamente 5 km, implantação de uma interseção em desnível com uma OAE de estrutura pré-moldada, e outras duas OAEs de mesma metodologia no escopo de duplicação, este projeto tem um volume alto de terraplenagem em pontos específicos da interseção em desnível.

O quarto se refere a uma obra situada na região sudeste, possuindo em seu escopo a duplicação de aproximadamente 130 km, 70 km de faixas adicionais, além de reabilitação de mais de 300 km, com melhorias em acessos, interseções em nível e desnível, e cerca de 25 OAEs com metodologia construtiva em vigas pré-moldadas, variando os vãos entre 10 e 40 metros.

O quinto cronograma é referente a uma obra situada na região Centro-Oeste, possuindo em seu escopo duplicação de aproximadamente 400 km, além de faixas adicionais, recuperações, e um pacote de trabalhos iniciais que engloba a construção de 19 bases operacionais e 9 pedágios. Além de interseções em nível e desnível, melhorias de acessos, retornos e OAEs.

O Quadro 3, ilustra o resumo das obras dos cronogramas deste estudo de caso, considerando que as obras de duplicação, faixa adicional, retornos estão

inseridos dentro do escopo de Ampliação e que trabalhos de recuperação inicial como fresagem, recapeamento, entre outros estão no escopo de Recuperação. O escopo de Interseção considera as mesmas em desnível como viadutos, trincheiras, trevo, diamante ou trombeta, cujo escopo da obra apresente ao menos uma interseção deste tipo.

Quadro 3: Resumo dos cronogramas do estudo de caso

Cronograma	Localização (Região)	Status da Obra	Escopo				
			Ampliação	Recuperação	Obra de Arte Especial	Interseção	Base Operacional ou Pedágio
1	Sudeste	Concluída	Sim	Não	Sim	Sim	Não
2	Centro-Oeste	Em Execução	Sim	Não	Sim	Sim	Não
3	Centro-Oeste	Início em 2021	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
4	Sudeste	Em Execução	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
5	Centro-Oeste e Norte	Início em 2021	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: o Autor (2021)

3.4 PROCESSO DE ANÁLISE

Com o cronograma elaborado no Primavera P6, é necessário fazer uma cópia do mesmo para excluir atividades do tipo nível de esforço, sumarizadas e os recursos atrelados as atividades, visto que o processo de integração do cronograma e custo dessas obras, já garantem que todas as atividades terão os recursos distribuídos entre todas as atividades.

Dentro da versão web do Primavera, na aba *Projects*, *EPS* (Seleciona o projeto para abrir), *Activities* para verificar os projetos abertos e suas respectivas atividades, após abrir o projeto desejado, o *Check Schedule* é uma opção encontrada em *Actions*, conforme é possível observar na Figura 6.

Figura 6: Tela inicial P6 versão web

The screenshot displays the Primavera P6 EPPM web interface. At the top, the Oracle logo and 'PRIMAVERA P6 EPPM' are visible. Below the navigation bar, the 'Projects' tab is active, and the 'Activities' sub-tab is selected. The main content area shows a table titled 'Activities of Execução das Obras do Projeto 05'. The table has columns for 'ID/Code', 'Start', 'Finish', 'Remaining Duration', 'Activity % Complete', and 'Primary Resource'. A context menu is open over the table, listing various actions such as 'Define Baselines', 'Apply Actuals', 'Check Schedule', 'Dissolve', 'Import', 'Leveler', 'Link Selected Activities', 'Open Dependent Projects', 'Publish Projects', 'Recalculate Assignment Costs', 'Store Period Performance', and 'Summarize Projects'. The 'Check Schedule' option is highlighted. At the bottom of the interface, there is a 'Download' button and a navigation bar with tabs for 'General', 'Budget Log', 'Documents', 'Earned Value', 'Issues', 'Notebooks', and 'WBS Milestones'.

Fonte: o Autor (2021)

Por fim, no item *Check Schedule* é possível selecionar e alterar os parâmetros que serão usados na análise, seguindo os padrões do DCMA, os valores serão conforme a Figura 7.

Figura 7: Tela do *Check Schedule* com os parâmetros utilizados

Check Item	Threshold	Operator	Unit
<input checked="" type="checkbox"/> Logic - Activities missing predecessors or successors	5	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Lags - Relationships with a lag duration of less than 0	0	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Lags - Relationships with a positive lag duration	5	<	%
<input type="checkbox"/> Long Lags - Relationships with a lag duration greater than 416	416	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Relationship Types - The majority of relationships should be Finish to Start	90	>	%
<input checked="" type="checkbox"/> Hard Constraints - Constraints that prevent activities being moved	5	<	%
<input type="checkbox"/> Soft Constraints - Constraints that do not prevent activities being moved	5	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Large Float - Activities with total float greater than 416	416	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Float - Activities with a total float less than 0	0	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Large Durations - Activities that have a remaining duration greater than 416	416	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Invalid Progress Dates - Activities with invalid progress dates	0	<	%
<input type="checkbox"/> Resource / Cost - Activities that do not have an expense or a resource assigned	5	<	%
<input checked="" type="checkbox"/> Late Activities - Activities scheduled to finish later than the project baseline	0	<	%

Buttons: Save, Check Schedule, Cancel

Fonte: o Autor (2021)

A versão web considera as durações em Horas, diferentemente do calculado no próprio software P6 que é em Dias, por conta disso, cada projeto teve suas durações de 60 dias corridos transformadas em 416 horas, correspondendo a 6 dias por semana com jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Os Índices *Soft Constraints* e *Resource/Cost* não serão analisados, o primeiro por não constar nos parâmetros do DCMA e o segundo que, por conta do processo de integração entre custo e cronograma, todas as atividades conterão recursos atreladas a elas, não sendo necessário a verificação desta etapa.

Como resultado da análise dos cronogramas, é gerado uma tela, em que se estiver dentro do limite ou índice, a coluna *Actual* estará verde, e caso este índice seja ultrapassado, essa coluna ficará na cor vermelha. A coluna *Found* representa a quantidade de atividades encontradas de acordo com a descrição deste item.

A título de ilustração do descrito acima, a Figura 8 mostra uma tela de resultado da análise.

Figura 8: Exemplo da tela de resultado da análise

Projects checked					
Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Total Links
PROJETO 01-A	Execução das Obras do Projeto 01	02-02-20	427	0	783

Projects checked have links to the following Closed Projects					
None found					

Check Summary					
Check	Description	Target	Actual	Found	Total
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 5%	0%	1	427
Invalid Progress Dates (after the data date)	Activities with actual dates after the data date	0%	0%	0	427
Invalid Progress Dates (before the data date)	Incomplete activities before the data date	0%	0%	0	427
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 416 hours	< 5%	4%	15	387
Large Float	Activities with total float greater than 416 hours	< 5%	55%	234	427
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	0%	0%	0	387
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5%	11%	47	427
Negative Float	Activities with a total float less than 0	0%	0%	0	427
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	0%	0%	0	783
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5%	12%	95	783
Relationship Types	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90%	82%	639	783

Fonte: o Autor (2021)

A tela de resultado gerada pela análise no Primavera Web conforme a Figura 8, pode ser associada aos parâmetros do DCMA descritos na referência bibliográfica, o Quadro 4, indica cada item e sua respectiva seção.

Quadro 4: Itens correspondentes na referência bibliográfica

Check	Item	Seção
Hard Constraints	Restrições Fortes	2.5.5
Invalid Progress Dates (after the data date)	Datas Invalidas	2.5.9
Invalid Progress Dates (before the data date)	Datas Invalidas	2.5.9
Large Durations	Durações Altas	2.5.8
Large Float	Folgas Totais Altas	2.5.6
Late Activities	Índice de Deslocamento de Datas	2.5.11
Logic	Lógica	2.5.1
Negative Float	Folgas Negativas	2.5.7
Negative Lags	Atrasos Negativos	2.5.2
Positive Lags	Atrasos	2.5.3
Relationship Types	Tipos de Relacionamento	2.5.4

Fonte: o Autor (2021)

Por fim, a Figura 9, apresenta uma lista com as atividades que não atendem ao parâmetro em cada cronograma, essa lista está presente abaixo da tela de resultados (Figura 8), e nela é possível rastrear e verificar essas atividades. Conforme é possível visualizar a atividade “M- Assinatura do Contrato” sendo a única atividade com uma Restrição Forte, como exemplo extraído do Cronograma 01.

Figura 9: Lista das atividades que não atendem ao parâmetro

▶ Logic - Activities missing predecessors or successors					
▶ Negative Lags - Relationships with a lag duration of less than 0					
▶ Lags - Relationships with a positive lag duration					
▶ Relationship Types - The majority of relationships should be Finish to Start					
▼ Hard Constraints - Constraints that prevent activities being moved					
Project ID	Activity ID	Activity Description	Constraint Type	Constraint Date	Position
PROJETO 01-A	FP-M-MC-GE-GER-1001	M- Assinatura do Contrato	Mandatory Start	03-02-20	Primary
▶ Large Float - Activities with total float greater than 416 hours					
▶ Negative Float - Activities with a total float less than 0					
▶ Large Durations - Activities that have a remaining duration greater than 416 hours					
▶ Invalid Progress Dates - Incomplete activities before the data date					
▶ Invalid Progress Dates - Activities with actual dates after the data date					
▶ Late Activities - Activities scheduled to finish later than the project baseline					
▶ Links to Closed Projects - Activities with links to closed projects					

Fonte: o Autor (2021)

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo foram feitas as análises individuais de cada cronograma, bem como a apresentação de seus resultados, além da discussão dos valores obtidos e dos problemas encontrados, com suas possíveis soluções.

Os resultados foram apresentados em duas colunas, a primeira será incluindo atividades do tipo nível de esforço, principalmente atividades de drenagem, e a segunda coluna de resultados, será com essas atividades excluídas, de tal forma que seja possível identificar o impacto que a não exclusão desse tipo de atividade gera na análise de um cronograma, reforçando a necessidade de seguir os processos iniciais citados na seção 4.1.

4.1 PROCESSOS INICIAIS

A análise seguiu o processo descrito conforme a seção 3.4, a partir dos cronogramas prontos, foi feita a sua cópia e alterações necessárias para a análise, e são elas.

1º) O Cronograma é copiado sem os recursos e custos, o processo de integração do custo e cronograma utilizado, já garante a total associação das atividades com seus respectivos recursos, atrelando custo, quantidade, e mão de obra necessária a cada atividade, o que possibilita a geração de histogramas de custo, mão de obra, equipamentos e quantidades, além de curva abc, curva s e curva de progresso econômico, por conta desse processo, a análise é feita com o cronograma sem os recursos.

2º) Exclusão das atividades sumarizadas, esse conceito é utilizado em alguns cronogramas, em que visa facilitar a integração de recursos e custo ao cronograma diminuindo a quantidade de atividades a serem carregadas, alguns projetos com muitas atividades se faz necessário a criação de atividades do tipo nível de esforço com esse conceito de sumarizadas, que serão dirigidas pelas atividades de níveis inferiores, por exemplo, numa divisão entre Lote – Trecho – Segmento, as atividades são sumarizadas no nível dos Trechos, e cada atividade desse nível irá ser dirigida com as atividades dos Segmentos desse Trecho.

3º) Exclusão das atividades do tipo nível de esforço (*Level of effort*), essas atividades são utilizadas para a drenagem principalmente, e seu conceito é de

atividades que são dirigidas por outras, no caso citado, a drenagem é dirigida pela terraplanagem e pavimentação, iniciando concomitantemente ao corte e aterro e finalizando junto com a camada de rolamento, sendo sua duração calculada a partir das durações das atividades que a dirigem.

Essas alterações são necessárias antes de analisar os cronogramas, pois os recursos e atividades do tipo nível de esforço distorcem a análise, a título de comparação, os resultados irão apresentar os cronogramas com as atividades de Drenagem, e sem as atividades de Drenagem respectivamente, possibilitando visualizar essa distorção.

Após essas alterações, foi realizado a análise de cada um dos cronogramas, e os resultados serão apresentados e discutidos individualmente a seguir.

4.2 ANÁLISE DOS CRONOGRAMAS

4.2.1 Cronograma 01

Na Figura 10 estão apresentados os resultados da análise do Cronograma 01. Esta obra apresenta uma particularidade das demais que são aterros de sobrecarga em alguns trechos, com período de monitoramento de seis meses, essas atividades além de serem de longa duração, acarretam num atraso de todas as demais atividades subsequentes, o que explica em grande parte as 234 atividades com folgas totais altas.

Com a verificação do cronograma, foi possível identificar algumas atividades com erro de lógica, 9 das 47 apontadas pela análise eram atividades de execução sem um sucessor, as outras atividades apontadas com falta de lógica eram marcos, de início, fim do contrato, liberação de áreas e remoção de interferências.

As atividades com atrasos positivos, em sua maioria eram referentes a obra de arte especial, em que foi planejado atrasos para se dar o tempo de cura do concreto e possibilitar o lançamento das vigas-pré-moldadas, além de executar a laje e a camada de rolamento. Outras atividades indicadas pela análise foram as de aterro de sobrecarga, em que foi considerado que teriam seu início e término com um dia de atraso da atividade de limpeza do terreno.

Dentre os tipos de relacionamento, 18% não são do tipo término-início, ultrapassando o parâmetro estabelecido pelo DCMA que é de 10%, porém melhor

que o primeiro resultado, este que incluía as atividades do tipo nível de esforço. A maioria dessas atividades são devido ao modo de planejamento do cronograma, é considerado que as atividades “Executar Pintura de Ligação e Camada de Rolamento” tem o relacionamento do tipo término-término com as atividades complementares e de paisagismo, além destas, as atividades de aterro de sobrecarga iniciam e terminam junto com a sua respectiva limpeza conforme comentado acima, e outras atividades de terraplanagem ocorrem em paralelo com a limpeza do terreno.

Figura 10: Tela de resultados do Cronograma 01

▼ Projects checked									
Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Total Links				
PROJETO 01	Execução das Obras do Projeto 01	02-02-20	455	0	839				
▶ Projects checked have links to the following Closed Projects									
▼ Check Summary									
Check	Description	Target	Actual	Found	Total	Actual	Found	Total	
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 5%	0%	1	427	0%	1	427	
Invalid Progress Dates (after the data date)	Activities with actual dates after the data date	0%	0%	0	427	0%	0	427	
Invalid Progress Dates (before the data date)	Incomplete activities before the data date	0%	0%	0	427	0%	0	427	
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 416 hours	< 5%	4%	15	387	4%	15	387	
Large Float	Activities with total float greater than 416 hours	< 5%	55%	234	427	55%	234	427	
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	0%	0%	0	387	0%	0	387	
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5%	15%	70	455	11%	47	427	
Negative Float	Activities with a total float less than 0	0%	0%	0	427	0%	0	427	
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	0%	0%	0	839	0%	0	783	
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5%	11%	95	839	12%	95	783	
Relationship Types	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90%	76%	639	839	82%	639	783	

Fonte: o Autor (2021)

4.2.2 Cronograma 02

Na Figura 11 estão apresentados os resultados da análise do Cronograma 02. A maior discrepância deste cronograma com os parâmetros estabelecidos pela estrutura de referência do DCMA foi nos tipos de relacionamento, principalmente, como mencionado na análise do Cronograma 01, pelo tipo de desenvolvimento destes cronogramas, em que as atividades de sinalização, complementares e paisagismo tem o conceito de término-término com a atividade “Executar Pintura de Ligação e Camada de Rolamento”. Além destas, neste cronograma em específico,

por se tratar de um trecho pequeno de rodovia (em torno de 5km), foi separado em atividades de corte e de aterro, sendo que estas atividades de terraplanagem também tem o conceito de terminarem juntas, entretanto uma ou outra terá maior esforço e maior duração, ou seja, irá começar antes para que assim possa terminar no mesmo dia.

Os atrasos apontados em 52 atividades, são em decorrência do tempo de cura do concreto para algumas atividades na obra de arte especial e também, pela lógica usada no cronograma, em que as atividades de aterro, começariam e terminariam junto com as atividades de limpeza, possuindo um atraso de dois dias.

A falta de lógica apareceu em duas atividades marcos, de assinatura e término do contrato, o que está correto pois estas atividades são a primeira e a última do cronograma, e em outras duas atividades de reaterro manual, inerentes de uma obra de arte complementar de uma galeria de drenagem, que estavam sem sucessoras, o que foi possível identificar para corrigir.

Figura 11: Tela de resultados do Cronograma 02

▼ Projects checked									
Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Total Links				
PROJETO 02	Execução das Obras do Projeto 02	31-01-21	357	0	689				
▼ Projects checked have links to the following Closed Projects									
▼ Check Summary									
Check	Description	Target	Actual	Found	Total	Actual	Found	Total	
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 5%	1%	4	308	1%	4	308	
Invalid Progress Dates (after the data date)	Activities with actual dates after the data date	0%	0%	0	308	0%	0	308	
Invalid Progress Dates (before the data date)	Incomplete activities before the data date	0%	0%	0	308	0%	0	308	
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 416 hours	< 5%	0%	0	304	0%	0	304	
Large Float	Activities with total float greater than 416 hours	< 5%	81%	249	308	81%	249	308	
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	0%	0%	0	304	0%	0	304	
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5%	14%	51	357	1%	4	308	
Negative Float	Activities with a total float less than 0	0%	0%	0	308	0%	0	308	
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	0%	0%	0	689	0%	0	543	
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5%	8%	52	689	10%	52	543	
Relationship Types	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90%	51%	354	689	65%	352	543	

Fonte: o Autor (2021)

4.2.3 Cronograma 03

Na Figura 12 estão apresentados os resultados da análise do Cronograma 03. Diferentes das demais, esta obra possui um prazo curto de execução, apenas seis meses, além de ser um pequeno trecho rodoviário em perímetro urbano de aproximadamente 4 km, por conta disso é o menor cronograma dos analisados.

As atividades com restrição forte são atividades marcos, de início e fim do contrato, emissão de ordem de serviço e finalização dos serviços, sendo essas as atividades apontadas no item de lógica também.

As atividades identificadas com folgas totais altas, são decorrentes do desenvolvimento deste cronograma, que sequenciou as atividades de terraplenagem, e também as atividades de pavimentação separadas uma das outras, de tal modo a criar uma sequência executiva sem interrupções para ambos os serviços. Por conta dessa sequência separada das atividades de pavimentação, algumas atividades de serviços complementares, paisagismo e sinalização que dependem da execução da camada de rolamento, ficaram com a restrição de começar o mais tarde possível, respeitando a premissa da sequência executiva sem interrupções, com isso o atraso nessas atividades extrapolou o limite estabelecido pelo DCMA.

Figura 12: Tela de resultados do Cronograma 03

▼ Projects checked					
Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Total Links
PROJETO 03	Execução das Obras do Projeto 03	31-01-21	286	0	519

▼ Projects checked have links to the following Closed Projects					

▼ Check Summary									
Check	Description	Target	Actual	Found	Total	Actual	Found	Total	
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 5%	2%	4	258	2%	4	258	
Invalid Progress Dates (after the data date)	Activities with actual dates after the data date	0%	0%	0	258	0%	0	258	
Invalid Progress Dates (before the data date)	Incomplete activities before the data date	0%	0%	0	258	0%	0	258	
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 416 hours	< 5%	1%	3	245	1%	3	245	
Large Float	Activities with total float greater than 416 hours	< 5%	14%	36	258	14%	36	258	
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	0%	0%	0	245	0%	0	245	
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5%	11%	32	286	2%	4	258	
Negative Float	Activities with a total float less than 0	0%	0%	0	258	0%	0	258	
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	0%	0%	0	519	0%	0	463	
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5%	6%	33	519	7%	33	463	
Relationship Types	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90%	66%	343	519	74%	343	463	

Fonte: o Autor (2021)

4.2.4 Cronograma 04

Na Figura 13 estão apresentados os resultados da análise do Cronograma 04. Esta obra dentre as cinco apresenta a maior quantidade de atividades, é uma obra extensa em 3 rodovias, com diversos trechos, interseções cada, cujas atividades foram detalhadas até um nível de segmento, o que totalizou 3011 atividades.

O caminho crítico dessa obra ficou com atividades de terraplenagem e com folga total em torno de 30 dias, esse valor é um *buffer* de forma implícita, visto que o prazo estipulado para finalização das obras estava um mês a mais que o calculado a partir do cronograma, entretanto, reduzir esse prazo final de entrega da obra, pode ser arriscado com as incertezas existentes em obras de grande porte, principalmente no período atual, em que materiais, equipamentos tiverem um grande aumento de valor.

Com isso, todas as atividades já possuem uma folga total de pelo menos 30 dias, além disso, o sequenciamento das atividades se deu pela terraplenagem e em várias frentes de trabalho, o que gerou a grande quantidade de atividades com folgas totais altas neste cronograma, sendo superior a 90%, muito acima do limite recomendado pelo DCMA de 5%, levando em conta também que este cronograma

tem prazo de execução de 2 anos, e possui períodos não trabalháveis devido a chuva para as atividades de terraplanagem.

As atividades com atrasos foram por consequências análogas aos cronogramas 02 e 03, atividades de terraplanagem possuem o início e término com atraso de 2 dias para as atividades de limpeza do terreno, ocorrendo em certo paralelismo. Além das atividades de obras de arte especiais que necessitam de atraso para a tempo de cura do concreto, necessário também após a fabricação das vigas pré-moldadas, para garantir a resistência mínima para içamento dessas peças.

Para representar as atividades de recuperação do pavimento, que engloba a fresagem, recapeamento, e outros serviços similares, se adotou uma atividade única denominada “Executar Recuperação”, que incluiu todo esse escopo de cada trecho, indicando-as com longa duração no cronograma.

Figura 13: Tela de resultados do Cronograma 04

Projects checked									
Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Total Links				
PROJETO 04	Execução das Obras do Projeto 04	31-01-21	3011	0	5557				
Projects checked have links to the following Closed Projects									
Check Summary									
Check	Description	Target	Actual	Found	Total	Actual	Found	Total	
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 5%	0%	2	2730	0%	2	2730	
Invalid Progress Dates (after the data date)	Activities with actual dates after the data date	0%	0%	0	2730	0%	0	2730	
Invalid Progress Dates (before the data date)	Incomplete activities before the data date	0%	0%	0	2730	0%	0	2730	
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 416 hours	< 5%	1%	32	2718	1%	32	2718	
Large Float	Activities with total float greater than 416 hours	< 5%	91%	2473	2730	91%	2473	2730	
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	0%	0%	0	2718	0%	0	2718	
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5%	10%	290	3011	0%	9	2730	
Negative Float	Activities with a total float less than 0	0%	0%	0	2730	0%	0	2730	
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	0%	0%	0	5557	0%	0	4995	
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5%	13%	743	5557	15%	743	4995	
Relationship Types	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90%	69%	3809	5557	76%	3809	4995	

Fonte: o Autor (2021)

4.2.5 Cronograma 05

Na Figura 14 estão apresentados os resultados da análise do Cronograma 05. A principal característica dessa obra, diferente das demais, é de que possui em seu escopo atividades detalhadas para os dois anos iniciais, e atividades resumidas

para o escopo dos próximos anos, visto a necessidade de apresentar uma proposta englobando esses “pacotes” distintos de atividade num mesmo cronograma.

O escopo detalhado inclui atividades divididas em terraplanagem, drenagem, pavimentação, sinalização, complementares, por tipo de intervenção e sua localização. Já o escopo resumido é uma atividade única com todos esses serviços e quantidades, a fim de estimar a sua duração de forma simplificada, e por consequência pouco objetiva, mas de tal forma a dirigir os esforços ao pacote inicial, visto que as obras dos anos subsequentes poderão sofrer diversas alterações, tanto de escopo, como prazos, e datas.

Neste cronograma foi inserido datas marco com restrições fortes para a liberação e homologação de jazidas, sendo seis no total, além de datas mandatórias para terminar e entregar parte do escopo dos pacotes iniciais que são as bases operacionais, pedágios e paradas de descanso, o que junto com os marcos contratuais, resultou em 12 atividades com a característica de restrições fortes.

De forma similar a outros cronogramas, as atividades de fresagem, recuperação, recapeamento, destinadas a reparação do pavimento existente, foram planejadas como sendo uma atividade única, por isso, nos trechos com maiores quantidades de trabalho a ser executado resultou em atividades de longa duração.

No item de lógica, 9 atividades finais, referentes ao escopo dos pedágios estavam sem sucessoras, o que pode ser corrigido. As outras 162 atividades são referentes a datas marco, em virtude da complexidade desta obra, dada a sua extensão e quantidade de trechos, o cronograma foi planejado com atividades marco de início e término parcial de cada trecho, além das atividades marco mencionadas no quesito restrição forte, essas datas de início e término de cada trecho foram usadas pra narrar este planejamento, e principalmente informar de forma acertiva a data para liberação de cada trecho, visto que os serviços de liberação, remoção de interferências, e as demais obrigações junto aos órgãos responsáveis, é de responsabilidade da contratante.

As atividades apresentadas com atraso negativo foram digitadas de maneira errada e corrigidas, esse atraso é de 30 dias corridos, para que as atividades de pavimentação iniciem assim que liberada e homologada a jazida pétreo e usina de asfalto. As outras atividades indicadas com atrasos, são referentes ao mesmo propósito, de iniciarem 30 dias após a liberação da usina de asfalto.

Como resultado do método adotado para sequenciar o cronograma, as atividades de paisagismo e complementares possuem a conexão do tipo término-término com a execução da camada de rolamento, além do mais, neste projeto houve o acréscimo das atividades marco de liberação e término do trecho, atreladas as atividades executivas com relacionamento do tipo início-início e término-término, bem como as atividades de pavimentação tiverem relacionamento início-início com as jazidas, com o atraso já mencionado. Por conta disso esse cronograma apresentou apenas 61% de atividades do tipo término-início, sendo o recomendado pelo DCMA pelo menos 90%.

Figura 14: Tela de resultados do Cronograma 05

Projects checked					
Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Total Links
PROJETO 05	Execução das Obras do Projeto 05	01-08-21	511	0	887

Projects checked have links to the following Closed Projects					

Check Summary									
Check	Description	Target	Actual	Found	Total	Actual	Found	Total	
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 5%	3%	12	472	3%	12	472	
Invalid Progress Dates (after the data date)	Activities with actual dates after the data date	0%	0%	0	472	0%	0	472	
Invalid Progress Dates (before the data date)	Incomplete activities before the data date	0%	0%	0	472	0%	0	472	
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 416 hours	< 5%	7%	23	308	7%	23	308	
Large Float	Activities with total float greater than 416 hours	< 5%	46%	216	472	46%	216	472	
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	< 5%	0%	0	308	0%	0	308	
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5%	39%	201	511	36%	171	472	
Negative Float	Activities with a total float less than 0	0%	0%	0	472	0%	0	472	
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	0%	1%	10	887	1%	10	809	
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5%	10%	88	887	11%	88	809	
Relationship Types	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90%	56%	494	887	61%	494	809	

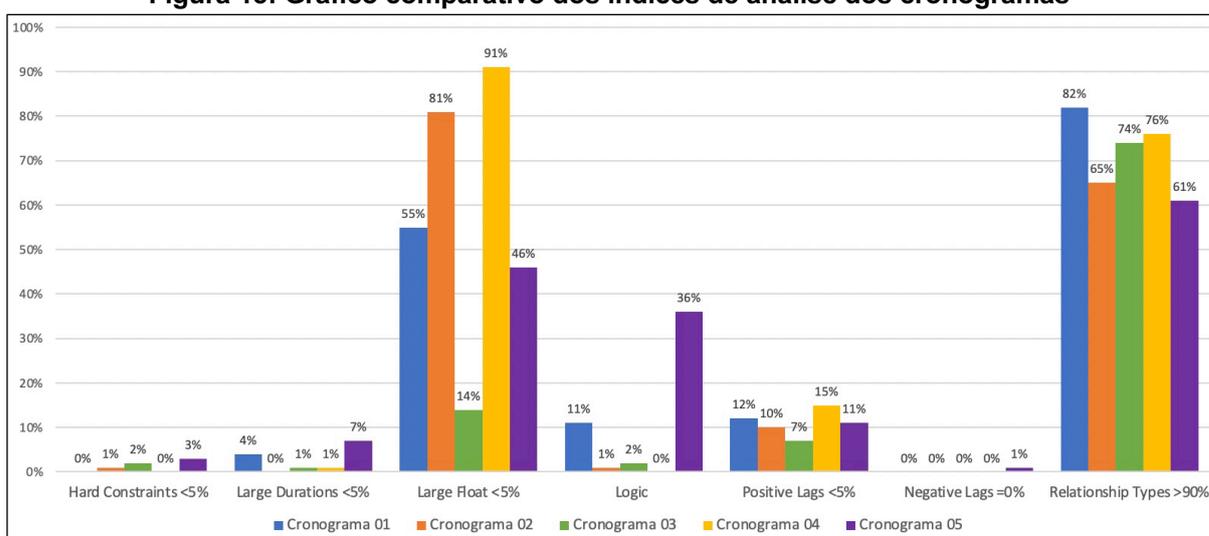
Fonte: o Autor (2021)

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Na Figura 15 estão apresentados em forma de histograma, todos os dados divergentes dos parâmetros do DCMA, que foram encontrados nos cinco cronogramas deste estudo de caso.

A partir dele foi possível identificar alguns pontos a serem justificados e respondidos, bem como foi possível identificar pequenos erros que puderam ser corrigidos.

Figura 15: Gráfico comparativo dos índices de análise dos cronogramas



Fonte: o Autor (2021)

A maior discrepância dos parâmetros adotados foi no item de *Large Float*, segundo o DCMA, atividades que apresentam folga superior a 2 meses corridos não devem ser superiores a 5%, entretanto, esse parâmetro é o considerado para todo tipo de cronograma.

Outro ponto notável são os *Positive Lags*, resultado da forma de desenvolvimento desses cronogramas que coloca algumas atividades, como as de terraplanagem, de forma a guiar outras atividades como a limpeza do terreno, possuindo um atraso de início e fim entre elas, ocorrendo com certo paralelismo em interseções de grande área, de forma a aproveitar os meses trabalháveis (período seco) com as principais atividades de terraplanagem como o corte e aterro.

Problemas com *Logic* foram sinalizados nos Cronogramas 01 e 05, sendo explicados pelas particularidades das atividades destes projetos, em que ambos

utilizaram atividades marco para narrar datas relevantes de liberação de jazidas por exemplo, além de início e términos de trechos.

Nos casos sinalizados de *Relationship Types*, esses são decorrentes principalmente dos problemas citados de lógica, tendo maior incidência no Cronograma 05, em que grande parte das atividades são marcos, que utilizam relacionamentos do tipo início-início e término-término com as atividades de execução, também da consequência de sequenciar as atividades de corte e aterro com atraso em relação a limpeza do terreno.

Negative Lags que pelos parâmetros estabelecidos não pode haver nenhuma atividade com essa característica, foi sinalizada no Cronograma 05, sendo constado um erro no desenvolvimento do sequenciamento das atividades do cronograma, que pode ser corrigido.

No índice de *Large Durations* o Cronograma 05 foi o único que apresentou valores acima do limite estabelecidos, em virtude de possuir em seu escopo trechos de trabalhos iniciais que foram dimensionados como uma atividade única acarretando em grande duração.

Por fim, *Hard Constraints* não apresentou valores acima do limite, porém houve variação entre os cronogramas, para que fossem atendidos aos prazos e premissas estabelecidas, utilizando este recurso de restrição.

Pequenos erros como a falta de lógica em atividades de execução e com durações erradas foram apontados pela análise, sendo essas atividades corrigidas evitando possíveis retrabalhos em fases subsequentes do planejamento da obra.

Visto que não existe o melhor modelo de cronograma, que possa garantir o sucesso de um projeto, são várias as possibilidades e metodologias para o seu desenvolvimento, entretanto, algumas melhorias e mudanças poderiam ser incorporadas nos cronogramas desse estudo de caso, bem como a alteração de alguns parâmetros para análise desses cronogramas, levando em consideração o tipo de obra e o histórico das obras similares, essas sugestões podem ser vistas a seguir:

- Utilizar 3 ou mais meses corridos, dependendo a duração e tamanho da obra para os parâmetros de *Large Duration* e *Large Float*.
- Adotar acima de 80% de atividades do tipo término-início, no índice *Relationship Types*.
- Detalhar em mais trechos e segmentos, de forma a diminuir durações, áreas, esforço, possibilitando sequenciamento lógico do tipo término-início das atividades.

- Criar atividades de espera para a cura do concreto, liberação de usinas de concreto e jazidas, de forma a evitar o uso de atrasos.

De maneira geral, todos os cronogramas do estudo de caso possuem uma boa qualidade, apesar de possuírem algumas não conformidades apontadas pela análise, esses pontos foram justificados e respondidos e são resultados das especificidades de cada projeto, bem como da forma que esses cronogramas foram desenvolvidos para narrar a obra na fase de planejamento.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou algumas referências bibliográficas para planejamento e gestão de valor agregado, boas práticas para desenvolvimento de cronogramas e a estrutura de referência do DCMA para avaliação de cronogramas.

Tendo atingido o principal objetivo de apresentar uma metodologia para analisar a qualidade de cronogramas, por meio do estudo de caso desenvolvido foi possível verificar a contribuição que este processo traz ao planejamento de um projeto, apontando erros a serem corrigidos, e principalmente gerar perguntas e respostas sobre cada caso, assegurando o correto entendimento do escopo e do projeto em si.

O método não tem por finalidade qualificar um cronograma em bom ou ruim, e sim buscar respostas do profissional que o desenvolveu para os casos divergentes do parâmetro estabelecido, parâmetros esses que podem e devem ser alterados, com base no tipo do projeto, no histórico da empresa e experiência do planejador, de tal modo que a análise aponte de forma precisa as atividades críticos ou erradas.

De modo geral, as não conformidades com os parâmetros utilizados se deram nos índices de *Large Float*, *Logic*, *Positive Lags* e *Relationship Type*, resultado principalmente do modo de desenvolvimento de cada cronograma, bem como as suas particularidades, outras falhas pontuais também foram apontadas e corrigidas, como atividades de execução sem lógica e com duração errada.

Como resultado, os cronogramas estudados apresentaram uma boa qualidade, visto que suas não conformidades foram justificadas e entendidas. Esse resultado foi possível, pois o desenvolvimento desses cronogramas se deu com uma metodologia padronizada com base em boas práticas aliadas a profissionais experientes na área de planejamento, como consequência, tem-se a reprodutibilidade de cronogramas com qualidade, que suportam com maior precisão a tomada de decisões.

REFERÊNCIAS

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). **Total Cost Management Framework®** An Integrated Approach to Portfolio, Program, and Project Management. AACE International. 2015.

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). AACE International Recommended Practices and Standards: **Prática Recomendada nº 82R-13 da AACE® International**. Novembro, 2014.

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). AACE International Recommended Practices and Standards: **Prática Recomendada nº 27R-03 da AACE® International**. Novembro, 2010.

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). AACE International Recommended Practices and Standards: **Prática Recomendada nº 33R-15 da AACE® International**. 2015.

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). AACE International Recommended Practices and Standards: **Prática Recomendada nº 23R-02 da AACE® International**. Rev. 03 de Maio de 2007.

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). AACE International Recommended Practices and Standards: **Prática Recomendada nº 24R-03 da AACE® International**. Rev. 26 de Março de 2004.

AACE (Association for The Advancement of Cost Engineering International). AACE International Recommended Practices and Standards: **Prática Recomendada nº 32R-04 da AACE® International**. Rev. 14 de Janeiro de 2012.

ASSAF, S.A., AND AL-HEJJI, S., 2006. **Causes of Delay in Large Construction Projects**. International Journal of Project Management, 24(4), 349-357.

BERGERUD, C. (2015). **Gerenciamento de valor agregado**: não apenas para contratos com o governo. Artigo apresentado no PMI® Global Congress 2015 — North America, Orlando, FL. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

DCMA (Defense Contract Management Agency). **Earned Value Management System (EVMS) Program Analysis Pamphlet (PAP)**, U.S. Department of Defense, Washington, DC, 2012.

EMAM, H. AND FARRELL, P., 2014. **Infrastructure projects planning and scheduling: challenges and opportunities**. Construction Sites, 85, 10.

FLEMING, Q.W. AND KOPPELMAN, J.M. (1998). **Earned Value Project Management** A Powerful Tool for Software Projects. The Journal of Defense Software Engineering (p.19-23).

FRAIZINGER, S. **Which Schedule Quality Assessment Metrics to Use? ... and When?** AACE International Technical Paper, 2019.

GAO (GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE). **GAO schedule assessment guide, best practices for project schedules.** GAO-12-120G, GAO, Washington, DC, 2012.

GIBSON, G., WANG, Y., CHO, C., & PAPPAS, M. (2006). **What is pre-project planning, anyway?** Journal of Management in Engineering, 2006.

KOCHE, J.C. (2011). **Fundamentos de Metodologia Científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa.** Petrópolis – RJ. Editora Vozes (2011).

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo. Editora Pini (2010).

NDIA (National Defense Industrial Association). **Earned Value Management Systems EIA-748-C Intent Guide.** National Defense Industrial Association, Integrated Program Management Division (IPMD), 2014.

PIB Brasil e Construção Civil. **Banco de dados CBIC.** Disponível em: <<https://www.tce.sp.gov.br/6524-sao-paulo-tem-mais-r-50-bilhoes-obras-com-atraso-cronograma>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

PMI. Practice Standard for Earned Value Management. EUA: Project Management Institute, 2005.

PMI. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK® 6a. ed. – EUA: Project Management Institute, 2017.

São Paulo tem mais de R\$ 50 Bilhões em Obras com Atraso de Cronograma. **TCE-SP, 2020.** Disponível em: <<https://www.tce.sp.gov.br/6524-sao-paulo-tem-mais-r-50-bilhoes-obras-com-atraso-cronograma>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SERRADOR, P. (2012). **Tsahe importance of the planning phase to project success.** Paper presented at PMI® Global Congress 2012—North America, Vancouver, British Columbia, Canada. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

TENSIX (Consultoria). **Primavera P6 vs Microsoft Project**. 2013. Disponível em: <<https://tensix.com/2013/04/primavera-p6-vs-microsoft-project/>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

YIN, R.K. (2009) **Case study research, design and methods (applied social research methods)**. Thousand Oaks. California: Sage Publications.