



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ÍTALO PONTE DER HOVANNESSIAN MOTA

**SISTEMATIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS
RODOVIÁRIAS PLANEJADAS QUE UTILIZARAM DIFERENTES TÉCNICAS DE
PROGRAMAÇÃO DE EXECUÇÃO**

FORTALEZA

2017

ÍTALO PONTE DER HOVANNESSIAN MOTA

SISTEMATIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS
RODOVIÁRIAS PLANEJADAS QUE UTILIZARAM DIFERENTES TÉCNICAS DE
PROGRAMAÇÃO DE EXECUÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transporte.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M871s Mota, Ítalo Ponte Der Hovannessian.
Sistematização da aplicação da linha de balanço em obras rodoviárias planejadas que utilizaram diferentes técnicas de programação de execução / Ítalo Ponte Der Hovannessian Mota. – 2017.
128 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior.

1. Linha de balanço. 2. Planejamento de obras. 3. Obra rodoviária. I. Título.

CDD 388

ÍTALO PONTE DER HOVANNESSIAN MOTA

SISTEMATIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO EM OBRAS
RODOVIÁRIAS PLANEJADAS QUE UTILIZARAM DIFERENTES TÉCNICAS
DE PROGRAMAÇÃO DE EXECUÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes

Aprovada em: 30 / 08 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Bruno de Athayde Prata
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Viviane Adriano Falcão
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

A Deus.

Aos meus pais, Henrique Mota Neto e Lúcia
Ponte e Silva.

AGRADECIMENTOS

À minha família, onde eu sempre pude buscar acolhimento e inspiração e que sempre incentivaram meus estudos.

Aos meus pais, irmãos e cunhadas e minha querida irmã, pela amizade, companheirismo dedicados a mim e pela compreensão das minhas ausências.

Ao meu amigo, Francisco Heber Lacerda de Oliveira, que foi um exemplo de pessoa, que sempre deixou as portas de casa abertas para me receber e onde eu encontrei apoio para seguir em frente com este trabalho.

Ao meu professor orientador e amigo, Ernesto Ferreira Nobre Júnior, pelo seu companheirismo, sua paciência, entendimento e sabedoria.

As amizades que fiz durante meu mestrado, onde sempre recebi apoio de todos, em especial dos meus amigos Saulo Passos e Lucas Cavalcante pela amizade e companheirismo.

RESUMO

Nas construções de rodovias, assim como em outras obras, o planejamento adequado é a base prioritária para uma execução com baixo custo, menor impacto ambiental e redução no tempo de execução. As obras rodoviárias sejam elas concessões ou rodovias estaduais ou federais, são licitadas e o baixo custo estabelecido pelos órgãos para a execução, obrigam as empreiteiras a elaborarem um planejamento estratégico minucioso para cada trecho da obra. O planejamento visa reduzir os prazos e os custos diretos e indiretos da obra, utilizando todos os recursos disponíveis para executar serviços em diversas frentes, reduzindo o tempo de execução e a ociosidade dos equipamentos. Nesse cenário de alta competitividade, as empresas que melhor se planejarem, conseqüentemente terão condições melhores de reduzir preços, obtendo assim uma maior vantagem em concorrências públicas. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo sistematizar a aplicação da técnica Linha de Balanço ao planejamento de longo prazo de obras rodoviárias. A sistemática de programação foi aplicada a dois estudos de casos utilizando dados de planejamento elaborados para a participação em concorrências, estes fornecidos por duas grandes empresas que atuam fortemente no setor de infraestrutura do país. Ao comparar o tempo total de duração do planejamento original com a sua reprogramação utilizando a sistemática, foi obtido para o estudo de caso da empresa “A” uma redução de 12,83% de dias de execução, equivalente a 69 dias e para o estudo de caso da empresa “B” um acréscimo de 0,26% de dias de execução, o que equivale a dois dias. Aplicando essa sistemática a programação de obras rodoviárias, os planejadores têm a oportunidade identificar pequenas discrepâncias no planejamento, onde outras técnicas não permitem, assim elaborando programações mais eficientes.

Palavras-chave: Linha de balanço; planejamento de obras; obra rodoviária.

ABSTRACT

In the highway constructions, as well as in other works, the appropriate planning is the priority basis for a low-cost execution, lower environmental impact and reduction at run time. Road works are either state or federal highway concessions, are bided and the low cost established by the organs for execution, oblige the contractor to elaborate a thorough strategic planning for each piece of work. Planning aims to reduce the deadlines and direct and indirect costs of the work, using all available resources to perform services on several fronts, reducing the runtime and idleness of the equipment. In this high-competitiveness scenario, companies that better plan themselves will therefore have better conditions to reduce prices, thereby obtaining a greater advantage in public competition. Thus, the present work aims to systematize the application of the technique balance line to long-term planning of road works. The systematic programming has been applied to two case studies using planning data elaborated for participation in competition, these provided by two large companies that operate heavily in the country's infrastructure sector. When comparing the total lifetime of the original planning with its reprogramming using the systematic, it was obtained for the company case study to a reduction of 12.83% of days of execution, equivalent to 69 days and for the case study of the company B an increase of 0.26% of days of execution, which equals two days. By applying this systematic the scheduling of road works, planners have the opportunity to identify small discrepancies in planning, where other techniques do not allow, thus elaborating more efficient schedules.

Keywords: Line of balance, construction planning, highway construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PERT/CPM e Linha de Balanço (AVILA, 2008; JUNQUEIRA, 2006).	17
Figura 2 - Diagrama MPL. (CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986).....	24
Figura 3 - Sequenciamento de Atividades pelo Método das Flechas (MATTOS, 2010).....	25
Figura 4 - Sequenciamento de Atividades pelo Método dos Blocos (MATTOS, 2010).....	25
Figura 5 - Alternativa de programação de uma obra repetitiva. (INSFRÁN, 2001)	26
Figura 6 - Curvas de produção típicas de processos repetitivos. (MENDES JR., 1999)	27
Figura 7 - Linha de Balanço de uma rodovia. (MATTOS, 2010)	28
Figura 8 - Gráfico de quantidade x tempo da Linha de Balanço (MAZIERO, 1990).....	30
Figura 9 - Rede lógica. (Fonte: Próprio Autor)	32
Figura 10 - Linha de liberação das unidades concluídas. (Fonte: Próprio Autor).....	32
Figura 11 - Linha de liberação dos recursos iniciais. (Fonte: Próprio Autor).....	33
Figura 12 - Linha de balanço pela programação paralela. (Fonte: Próprio Autor)	33
Figura 13 - Linha de balanço pela programação de recursos. (Fonte: Próprio Autor)	34
Figura 14 - Linha de Balanço pela programação de recursos. (Fonte: Próprio Autor)	35
Figura 15 - Tempo de espera. (Fonte: Próprio Autor).....	36
Figura 16 - Fluxograma de aplicação da técnica da linha de balanço a obras já planejadas. (Fonte: Próprio Autor)	40
Figura 17 - Identificação de folgas em um trecho fictício de 2 quilômetros de extensão. (Fonte: Próprio Autor).....	41
Figura 18 - Exemplo de atividades e operações de uma programação de obra rodoviária. (Fonte: Próprio Autor).....	42
Figura 19 - Linha de balanço de uma obra rodoviária fictícia. (Fonte: Próprio Autor)	44
Figura 20 - Agrupamento das atividades relacionadas à operação de terraplenagem. (Fonte: Próprio Autor).....	47
Figura 21 - Pacotização das atividades de terraplenagem. (Fonte: Próprio Autor).....	47
Figura 22 - Balanceamento dos pacotes de trabalho. (Fonte: Próprio Autor)	48
Figura 23 - Plano de ataque e Linha de Balanço fictícios de uma obra rodoviária. (Fonte: Próprio Autor).....	50
Figura 24 - Programação de uma obra rodoviária fictícia. (Fonte: Próprio Autor).....	51
Figura 25 - Programação de uma obra rodoviária fictícia com atividade de terraplenagem acelerada. (Fonte: Próprio Autor).....	51
Figura 26 - Mapa de situação do trecho a ser duplicado. (Fonte: Empresa “A”).....	54

Figura 27 - Programação em Tempo-caminho. (Fonte: Empresa “A”).....	56
Figura 28 - Folha 1 do planejamento em Gantt elaborado pela empresa “A”. (Fonte: Empresa “A”).....	57
Figura 29 - Atividades contidas no planejamento original da empresa “A”. (Fonte: Próprio Autor).....	58
Figura 30 - Linha de balanço do planejamento original da empresa “A”. (Fonte: Próprio Autor)	59
Figura 31 - Nova segmentação proposta dos Trechos. (Fonte: Próprio Autor).....	60
Figura 32 - Rede de precedência identificada do planejamento original. (Fonte: Próprio Autor)	61
Figura 33 - Segmentos do planejamento original. (Fonte: Próprio Autor).....	61
Figura 34 - Segmentação proposta. (Fonte: Próprio Autor)	62
Figura 35 - Pacotes utilizados na nova Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor).....	69
Figura 36 - Linha de Balanço depois do balanceamento dos pacotes. (Fonte: Próprio Autor)	70
Figura 37 - Folga entre atividades relacionadas a pavimentação. (Fonte: Próprio Autor)	74
Figura 38 - Histograma dos dias de equipes da programação original. (Fonte: Próprio Autor)	75
Figura 39 - Histograma dos dias de equipes da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor).....	76
Figura 40 - Comparativo entre histogramas de dias de equipes das programações original e por linha de balanço. (Fonte: Próprio Autor)	78
Figura 41 - Situação atual e futura da rodovia BR-242. (Fonte: Empresa “B”).....	79
Figura 42 - Seção tipo de projeto. (Fonte: Empresa “B”)	80
Figura 43 - Mapa de situação do trecho a ser duplicado. (Fonte: Empresa “B”)	80
Figura 44 - Folha 1 do planejamento em Gantt elaborado pela empresa “B”. (Fonte: Empresa “B”).....	82
Figura 45 - Atividades contidas no planejamento original da Empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor).....	83
Figura 46 - Linha de balanço do planejamento original da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)	84
Figura 47 - Nova segmentação proposta para a obra da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)	85
Figura 48 - Rede de precedência identificada do planejamento original. (Fonte: Próprio Autor)	86
Figura 49 - Segmentos do planejamento original da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)	87

Figura 50 - Segmentação proposta para a programação da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)	87
.....	
Figura 51 - Pacotes utilizados na nova Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor).....	96
Figura 52 - Linha de Balanço depois do balanceamento dos pacotes. (Fonte: Próprio Autor)	97
Figura 53 - Histograma dos dias de equipes da programação original. (Fonte: Próprio Autor)	103
.....	
Figura 54 - Histograma dos dias de equipes da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor).....	104
Figura 55 - Comparativo entre histogramas de dias de equipes das programações original e por linha de balanço. (Fonte: Próprio Autor).....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Durações originais de atividades de um planejamento real. (Fonte: Próprio Autor)	45
Tabela 2 - Determinação das novas durações para a unidade básica definida. (Fonte: Próprio Autor)	46
Tabela 3 - Resumo das quantidades dos serviços a serem executados. (Fonte: Empresa “A”)	55
Tabela 4 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)	63
Tabela 5 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)	64
Tabela 6 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho C. (Fonte: Próprio Autor)	65
Tabela 7 - Pacotização das atividades. (Fonte: Próprio Autor)	66
Tabela 8 - Duração dos pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)	66
Tabela 9 - Duração dos pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)	67
Tabela 10 - Duração dos pacotes do trecho C. (Fonte: Próprio Autor)	67
Tabela 11 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)	67
Tabela 12 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)	68
Tabela 13 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho C. (Fonte: Próprio Autor)	68
Tabela 14 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)	68
Tabela 15 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)	69
Tabela 16 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho C. (Fonte: Próprio Autor)	69
Tabela 17 - Duração de atividades e pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)	71
Tabela 18 - Duração de atividades e pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)	72
Tabela 19 - Duração de atividades e pacotes do trecho C. (Fonte: Próprio Autor)	72
Tabela 20 - Apresentação das folgas existentes entre as programações. (Fonte: Próprio Autor)	73
Tabela 21 - Tabela dos dias produtivos e improdutivos da programação original. (Fonte: Próprio Autor)	75
Tabela 22 - Tabela dos dias produtivos e improdutivos da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)	76
Tabela 23 - Resultados da aplicação da técnica Linha de Balanço ao planejamento da empresa “A”. (Fonte: Próprio Autor)	77

Tabela 24 - Resumo das principais quantidades dos serviços a serem executados. (Fonte: Empresa “B”).....	81
Tabela 25 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho A. (Fonte: Próprio Autor).....	89
Tabela 26 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho B. (Fonte: Próprio Autor).....	91
Tabela 27 - Pacotização das atividades. (Fonte: Próprio Autor).....	93
Tabela 28 - Duração dos pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor).....	94
Tabela 29 - Duração dos pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor).....	94
Tabela 30 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)..	95
Tabela 31 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)..	95
Tabela 32 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor) .	95
Tabela 33 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor) .	96
Tabela 34 - Duração de atividades e pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor).....	99
Tabela 35 - Duração de atividades e pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor).....	100
Tabela 36 - Apresentação das folgas existentes entre as programações. (Fonte: Próprio Autor)	101
Tabela 37 - Tabela dos dias produtivos e improdutivos da programação original. (Fonte: Próprio Autor).....	102
Tabela 38 - Tabela dos dias produtivos e improdutivos da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)	103
Tabela 39 - Resultados da aplicação da técnica Linha de Balanço ao planejamento da empresa “A”. (Fonte: Próprio Autor).....	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Geral	16
1.2	Justificativa	17
1.3	Planejamento de Obras e Técnicas	17
1.4	Objetivos da Pesquisa	19
1.4.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	19
1.4.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	19
1.5	Organização da Dissertação	19
2	PROGRAMAÇÃO DE OBRAS: GENERALIDADES	20
2.1	Geral	20
2.2	Métodos e técnicas de planejamento na construção.....	21
2.3	Aspectos teóricos das principais técnicas de programação de obras.....	22
2.3.1	<i>Método de Programação Linear</i>	23
2.3.2	<i>PERT/CPM.....</i>	24
2.4	Formalismo da Linha de Balanço	26
2.5	O método da Linha de Balanço	28
2.5.1	<i>Princípios do método da linha de balanço.....</i>	29
2.5.2	<i>Modelo de base</i>	29
2.6	Extensões do modelo de base.....	31
2.6.1	<i>Programação paralela.....</i>	31
2.6.2	<i>Programação de recursos.....</i>	34
2.6.3	<i>Comparação entre programação paralela e programação de recursos</i>	35
2.7	Vantagens e desvantagens da utilização da técnica da Linha de Balanço	36
2.7.1	<i>Vantagens</i>	36
2.7.2	<i>Desvantagens</i>	37
2.8	Conclusão	37
3	SISTEMATIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA LINHA DE BALANÇO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS RODOVIÁRIAS JÁ PLANEJADAS COM OUTRAS TÉCNICAS.....	39
3.1	Geral	39
3.2	Etapas da sistematização da aplicação da técnica da Linha de Balanço.....	39

3.2.1	<i>Características do projeto</i>	41
3.2.2	<i>Construção da Linha de Balanço sobre o planejamento original</i>	41
3.2.3	<i>Identificação das operações envolvidas</i>	42
3.2.4	<i>Identificação da estratégia de ataque e interferências</i>	43
3.2.5	<i>Identificação da rede de precedência</i>	43
3.2.6	<i>Determinação da unidade básica</i>	44
3.2.7	<i>Determinação das durações</i>	45
3.2.8	<i>Pacotização das atividades</i>	46
3.2.9	<i>Balanceamento das atividades e dimensionamento das equipes</i>	48
3.2.10	<i>Determinação da estratégia de ataque à obra</i>	49
3.3	Traçado do gráfico da linha de balanço	50
3.4	Conclusão	52
4	APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO NO PLANEJAMENTO DAS OBRAS DAS EMPRESAS A E B: ESTUDOS DE CASO	53
4.1	Geral	53
4.2	Estudo de caso da empresa “A”	53
4.2.1	<i>Características da obra</i>	53
4.2.2	<i>Planejamento realizado pela empresa “A”</i>	55
4.2.3	<i>Aplicação da sistematização ao planejamento da empresa “A”</i>	58
4.2.4	<i>Comparação entre as programações</i>	71
4.2.5	<i>Análise dos resultados da comparação</i>	76
4.3	Estudo de caso programação elaborada pela Empresa B	78
4.3.1	<i>Características da obra</i>	79
4.3.2	<i>Planejamento realizado pela empresa B</i>	81
4.3.3	<i>Aplicação da sistematização ao planejamento da empresa B</i>	83
4.3.4	<i>Comparação entre as programações</i>	98
4.3.5	<i>Análise dos resultados da comparação</i>	104
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	107
5.1	Considerações Iniciais	107
5.2	Contribuição da Dissertação	108
5.3	Limitações do Estudo	108
5.4	Recomendações para Trabalhos Futuros	108
	REFERÊNCIAS	109

APÊNDICE 1	114
APÊNDICE 2	125
APÊNDICE 3	126
APÊNDICE 4	128

1 INTRODUÇÃO

1.1 Geral

Planejar significa fazer planos, ou seja, é nada mais do que tentar prever tudo o que vai acontecer durante a execução de uma obra, seja ela de qualquer natureza. O planejamento pode ser pensado como determinar “o que” vai ser feito, “como”, “onde” e por “quem”. Na programação de obras, essas informações são necessárias para determinar “quando” (ABRAM, 2011; HINZE, 2011).

É sabido que o planejamento da obra é um dos principais aspectos do gerenciamento, que envolve também orçamentos, compras, gestão de pessoas, comunicações, etc. Ao planejar, o gerente está implementando à obra uma ferramenta importante que possibilitará priorizar suas ações, acompanhar o andamento dos serviços, realizar comparações do estágio da obra utilizando uma linha de base referencial e com isso ter tempo hábil para tomar providências quando algum desvio é detectado (MATTOS, 2010).

Ao se deparar com a tarefa de planejar uma obra é, no mínimo, recomendável que o planejador tenha alguma expertise ou vivência com o tipo desta, pois é necessário que o planejador conheça suas particularidades, permitindo-o que tenha uma visão ampla de todos os processos executivos da obra, e além disso, conhecer boas técnicas de planejamento que melhor se adeque ao determinado tipo de obra. Tomando como exemplo obras rodoviárias, estas possuem algumas peculiaridades que as diferenciam das demais, sendo algumas destas: grande extensão, uma forte incidência da utilização de equipamentos, e a grande influência das chuvas na sua execução (ABRAM, 2011).

Para a execução de grandes e complexas obras rodoviárias, se faz necessário a utilização de vários recursos, incluindo equipes de produção, equipamentos pesados e materiais. Para se ter sucesso em empreendimentos desse tipo, é essencial fazer-se uso de métodos e técnicas de planejamento, tais como: Técnica de Avaliação e Revisão de Programas (*Program Evaluation and Review Technique* - PERT) e Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method* - CPM), que são amplamente utilizados na indústria da construção com essa finalidade. Além do método e técnica citados, têm-se a Linha de Balanço, que é uma técnica ainda não muito explorada na indústria da construção em comparação ao PERT/CPM, principalmente na construção pesada. A representação gráfica dessas técnicas pode ser observada na Figura 1.

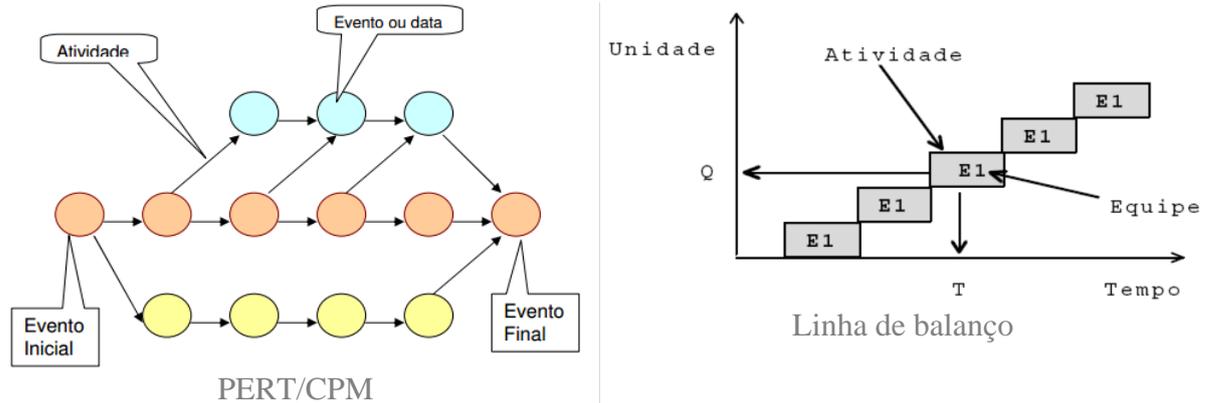


Figura 1 - PERT/CPM e Linha de Balanço (AVILA, 2008; JUNQUEIRA, 2006).

1.2 Justificativa

A importância do planejamento é um fator que por muitas vezes é menosprezado pelas empresas que veem atuando na execução de obras rodoviárias. Ao realizar o planejamento de uma obra, o responsável está estudando os melhores caminhos de serviço, as localizações dos empréstimos e jazidas, melhores metodologias construtivas, os melhores equipamentos a serem empregados, está determinando o fluxo financeiro da obra, elaborando o plano de ataque e outros mais. Todo esse estudo irá nortear a execução da obra e dar subsídios para tomadas de decisão mais assertivas.

Dentro desse contexto, estudos que venham a propor uma nova sistematização para o planejamento de obras rodoviárias, com o uso de técnicas pouco exploradas, onde haja a possibilidade de redução de ciclo, redução homem-hora e redução de ativos, se tornam indispensáveis em um momento de alta competitividade no setor de obras públicas.

1.3 Planejamento de Obras e Técnicas

Existem várias técnicas de programação da execução das atividades de um projeto, entre as quais podemos citar os diagramas de barras, as técnicas de rede, métodos de simulação e a linha de balanço. As técnicas de planejamento são baseadas em previsões ou metas em que são lançados índices estimados, distribuídas datas prováveis e recursos mais coerentes.

Os métodos que se utilizam de simulação, podem ser utilizados de forma associada aos métodos de rede, ou utilizando outras regras lógicas para execução das atividades em função dos recursos disponíveis. No entanto modelos de simulação ainda são pouco explorados no planejamento de obras. Os desenvolvimentos recentes nas programações de simulação têm a

expressividade e capacidades necessárias, e por isso vem sendo investigados para modelar os conceitos de produção enxuta e produção puxada (TOLMMELEIN, 1997). O uso do método de simulação no planejamento, permite que o processo de construção seja estudado a um nível bastante detalhado, pois é possível simular cenários com diferentes ritmos de produção, contudo, esses benefícios só podem ser alcançados por um estudo bem fundamentado e bem executado, fatores esses, que são determinantes para a validação do planejamento (LOBÃO; PORTO, 1997).

Já as técnicas de redes, sem o uso de simulação, são bastante utilizadas na construção, que incluem a Técnica de Avaliação e Revisão de Programas (*Program Evaluation and Review Technique* - PERT) e Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method* - CPM), entre os mais conhecidos. Vários autores consideram o uso das técnicas de rede CPM indispensáveis para a programação de obras, além de suas dificuldades de aplicação na prática, pela dificuldade da variabilidade das durações e falta de precisão na estimativa de atividades, pelo menos enquanto não existirem técnicas mais adequadas (LAUFER e TUCKER, 1987; LEVITT *et al.*, 1988).

Os métodos de rede, como o PERT/CPM, já tiveram bastante êxito no planejamento e controle de projetos, mas ao fim não são tão adequados em projetos de natureza repetitiva, porque as atividades repetidas em ciclos geralmente têm diferentes produtividades (ARDITI, ONUR e SUH, 2002). O método de programação por Linha de Balanço (LdB), oferece uma alternativa ao Método do Caminho Crítico, particularmente adequada para a programação de obras repetitivas. A LdB permite enxergar a obra como um todo, apresentando uma visão de fluxo da obra. Esta visão de fluxo torna-a uma ferramenta gerencial útil para programar obras segundo o paradigma da construção enxuta (PACHECO e HEINECK, 2008).

A LdB considera as sequências das atividades pelas diversas repetições das unidades da obra (pavimento, apartamento, casas unifamiliares, quilômetros de estrada ou metros de canalização, por exemplo) em relação a unidades de tempo, preservando constante a taxa de saída ou produção por unidade de tempo (SARRAJ, 1990). A partir da adoção desse conceito, as atividades seguem ritmos de produção definidos, em que todas as atividades da obra são realizadas em um só ritmo. A busca da eliminação do tempo ocioso entre as atividades, sugerindo que todas tenham ritmos parecidos (balanceados) é o objetivo da LdB (MENDES Jr. e HEINECK, 1999). O balanceamento adequado das atividades na LdB assegura a continuidade dos serviços, sincronismo, apropriado tempo de folga, redução da variabilidade com melhor utilização dos recursos e mão de obra, maior garantia do prazo de finalização da obra, além de aumento da transparência do processo (DEPEXE *et al.*, 2006).

1.4 Objetivos da Pesquisa

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa é sistematizar a aplicação da técnica da Linha de Balanço ao planejamento de longo prazo de obras rodoviárias.

1.4.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo proposto, os seguintes objetivos específicos serão realizados:

- a. Definir as premissas que norteiam a utilização da técnica linha de balanço na execução do planejamento de obras rodoviárias;
- b. Aplicar a sistemática proposta com dados reais de projetos de obras rodoviárias;
- c. Comparar as soluções geradas pela abordagem proposta (linha de balanço) com as soluções consideradas nos projetos de obras rodoviárias em estudo;
- d. Analisar de forma crítica a utilização da técnica de programação linha de balanço na execução do planejamento de obras rodoviárias;

1.5 Organização da Dissertação

Capítulo 2 apresenta a revisão de literatura de métodos e técnicas de planejamento em geral e aqueles com foco principalmente em obras rodoviárias. Também estão incluídos neste capítulo uma revisão sobre os aspectos teóricos dos principais técnicas de programação de obra e por fim é apresentado a técnica da Linha de Balanço, seu modelo base e suas principais extensões.

Capítulo 3 apresenta-se a sistematização para aplicação da técnica Linha de Balanço em obras rodoviárias já planejadas. São definidas as etapas e descritos os procedimentos de aplicação da sistemática.

No Capítulo 4, será feita a implementação e análise dos resultados da aplicação da sistemática proposta em dois planejamentos de obras rodoviária cedidas por duas empresas de grande atuação no setor de infraestrutura do país.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as contribuições da pesquisa proposta nesta dissertação, conclusões e recomendações para estudos futuros.

2 PROGRAMAÇÃO DE OBRAS: GENERALIDADES

2.1 Geral

Considerando as flutuações da economia e a conscientização crescente do consumidor para os problemas do custo elevado e para a questão da qualidade dos produtos, o planejamento e o controle da produção, especialmente na construção civil, tem sido visto por alguns empresários deste setor com bons olhos.

Por este motivo trata-se nesta subseção sobre o processo de planejamento dentro da indústria da construção, uma vez que tais exigências têm por objetivo modernizar os processos administrativos e gerenciais e melhorar a qualidade e reduzir custos dos produtos.

É necessário considerar que o planejamento não se restringe a um mero processo de tomada de decisões. Deve ser visto como um processo hierárquico, implementado a partir de objetivos gerais traçados para viabilizar meios e obrigações na consecução de um roteiro de ações, ou seja, em síntese, é uma antecipação das ações de gerenciamento. Nelas, está incluído um conjunto de atividades, composto por informações (busca e análise), desenvolvimento, análise e avaliação de alternativas.

O planejamento permite definir a organização para executar a obra, tomar decisões, alocar recursos, integrar e coordenar esforços de todos os envolvidos; assegurar boa comunicação entre os participantes da obra, suscitar a conscientização dos envolvidos para prazos, qualidades e custos, caracterizar a autoridade do gerente, estabelecer um referencial para controle e definir a diretriz para o empreendimento (LIMMER, 1997)

Os projetos de construção civil, especialmente no setor de construção pesada, requerem planejamentos feitos em momentos diversos, por pessoas diferentes, em setores distintos da organização. Pode-se considerar que o planejamento e o controle da produção, desta forma estão diretamente ligados ao êxito de um empreendimento, pois do início ao fim da obra é possível se prever todos os fatores que possam vir a interferir no bom andamento desta (LAUFER, 1990).

Segundo Laufer (1990), o planejamento é necessário devido a diversos motivos:

- a. Facilitar a compreensão dos objetivos do empreendimento, aumentando assim a probabilidade de atendê-los;
- b. Definir todos os trabalhos para habilitar cada participante do empreendimento a identificar e planejar a sua parcela de trabalho; desenvolver uma referência básica para os processos de programação;

- c. Disponibilizar uma melhor coordenação e integração vertical e horizontal (multifuncional), além de produzir informações para a tomada de decisão mais consciente;
- d. Evitar decisões errôneas para projetos futuros, através da análise do impacto das decisões atuais;
- e. Melhorar o desempenho da produção através da consideração e análise de processos alternativos;
- f. Aumentar a velocidade de respostas para mudanças futuras;
- g. Fornecer padrões para monitorar, revistar e controlar a execução do empreendimento;
- h. Explorar a experiência acumulada da gerência obtida com os empreendimentos executados, em um processo de aprendizado sistemático.

Todavia, é importante salientar que no contexto atual, como enfatizado por Bernardes (2003), o planejamento deve compor três fases básicas de execução do empreendimento: a programação do processo, o planejamento e controle da produção propriamente dita, que se refere à coleta de informações, preparação de planos e difusão de informações, e a avaliação do processo.

2.2 Métodos e técnicas de planejamento na construção

Métodos baseados em rede, tais como o Método de Caminho Crítico (*Critical Path Method* - CPM) são, comprovadamente, uma programação poderosa, mas não são adequados para projetos de carácter repetitivo, porque atividades repetitivas, muitas vezes, têm taxas de produção diferentes. Este fenômeno de variação da taxa de produção tem o potencial para, negativamente, afetar o desempenho do projeto, causando interrupções de trabalho, utilização ineficiente dos recursos alocados e custos excessivos (LUTZ e HALPIN, 1992)

A utilização ininterrupta de recursos não é um problema abordado pelo Método do Caminho Crítico (CPM), segundo Lutz e Halpin (1992). A utilização ininterrupta de recursos de uma atividade em uma unidade para a mesma atividade na próxima unidade explicitamente é reconhecida por várias metodologias de programação que já estão disponíveis há muitos anos e tem sido chamada por um número de nomes diferentes (repetição).

Zacoeb (2014) cita que para projetos com unidades discretas, tais como pisos, casas, apartamentos, lojas ou escritórios, utilizam-se as técnicas apresentadas a seguir:

- a. *LOB: Line of Balance* (O'BRIEN, 1969; CARR e MEYER, 1974; HALPIN e WOODHEAD, 1976; HARRIS e EVANS, 1977);
- b. *CPT: Construction Planning Technique* (PEER, 1974; SELINGER, 1980);
- c. *VPM: Vertical Production Method* (O'BRIEN, 1975; BARRIE e PAULSON, 1978).
- d. *TLMM: Time-Location Matrix Model* (BIRRELL, 1980);
- e. *TSSM: Time Space Scheduling Method* (STRADAL e CACHA, 1982);
- f. *DS: Disturbance Scheduling* (WHITMAN e IRWIG, 1988);
- g. *HVLS: Horizontal & Vertical Logic Scheduling* (THABET e BELIVEAU, 1994).

Para rodovias, gasodutos, túneis, etc., segundo Zacoeb (2014), onde o progresso da execução é medido em termos de comprimento horizontal, utilizam-se as técnicas a seguir:

- a. *TVDD: Time Versus Distance Diagrams* (GORMAN, 1972);
- b. *LBC: Linear Balance Charts* (BARRIE e PAULSON, 1978);
- c. *VD: Velocity Diagrams* (DRESSLER, 1980);
- d. *LSM: Linear Scheduling Method* (JOHNSTON, 1981; CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986; RUSSELL e CASSELTON, 1988).

Embora cada um desses métodos tenha sido desenvolvido para atender a seus próprios objetivos particulares segundo Zacoeb (2014), todos eles são essencialmente iguais quando o objetivo é o de programar atividades de caráter repetitivo em um projeto. Tendo conhecimento de todos esses métodos e técnicas, será feita uma revisão apenas dos que são considerados mais pertinentes ao objeto do trabalho, sendo eles: técnica da Linha de Balanço, Método de Programação Linear e o PERT/CPM.

2.3 Aspectos teóricos das principais técnicas de programação de obras

Diferentes fatores estão envolvidos no planejamento de obras rodoviárias. Isso inclui o tempo pré-estabelecido para a execução da obra, os tipos de equipamentos, quantidade e modelos que serão utilizados na execução, a disponibilidade desses equipamentos na região, as características da movimentação de terra do trecho (extensão do trecho, greide, etc.), tipo de pavimentação, a região onde será implantada a obra, pluviometria do local, etc. Vendo diversas

variáveis ao planejamento, e com recursos limitados, elaborar o planejamento de obras dessa magnitude acaba se tornando um grande desafio.

Para isso o planejador dispõe de técnicas de planejamento para auxiliá-lo nessa empreitada. As três técnicas mais conhecidas na indústria da construção são Técnica de Avaliação e Revisão de Programas (*Program Evaluation and Review Technique* - PERT) e Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method* - CPM), Método de Programação Linear - MPL (*Linear Schedule Method* - LSM) e técnica Linha de Balanço - LdB (*Line of Balance* - LOB), que possuem características singulares, que proporcionam melhores resultados de aplicação a diferentes tipos de obras. Então cabe ao responsável pelo planejamento, escolher qual técnica melhor se aplica ao tipo de obra, para assim trazer melhores resultados à execução à sua execução. As subseções a seguir rever um pouco dessas técnicas.

2.3.1 Método de Programação Linear

Este método utiliza um gráfico de dois eixos (tempo e distância) para a representação das atividades por meio de linhas. Estas linhas não necessariamente precisam ter uma inclinação constante, e representam a velocidade (ou ritmo) de produção das atividades. A designação dos eixos fica a critério do planejador, podendo ser utilizada a abscissa para a representação do tempo ou da extensão do trecho (CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986).

O MPL possui alternativas para representação de atividades segundo Chrzanowski e Johnston (1986), como as que requerem de um tempo significativo no mesmo setor da obra para sua execução, como a execução da movimentação de terra na construção de estradas, que pode ser representado no diagrama por uma área ou faixa de largura variável conforme a necessidade, como pode ser observado na Figura 2. Outra forma de indicar atividade é mediante a utilização de duas linhas paralelas, que mostram o início e o término do intervalo, adequadas para atividades com ciclos constantes, como são a execução das camadas de sub-base e a base em obras rodoviárias.

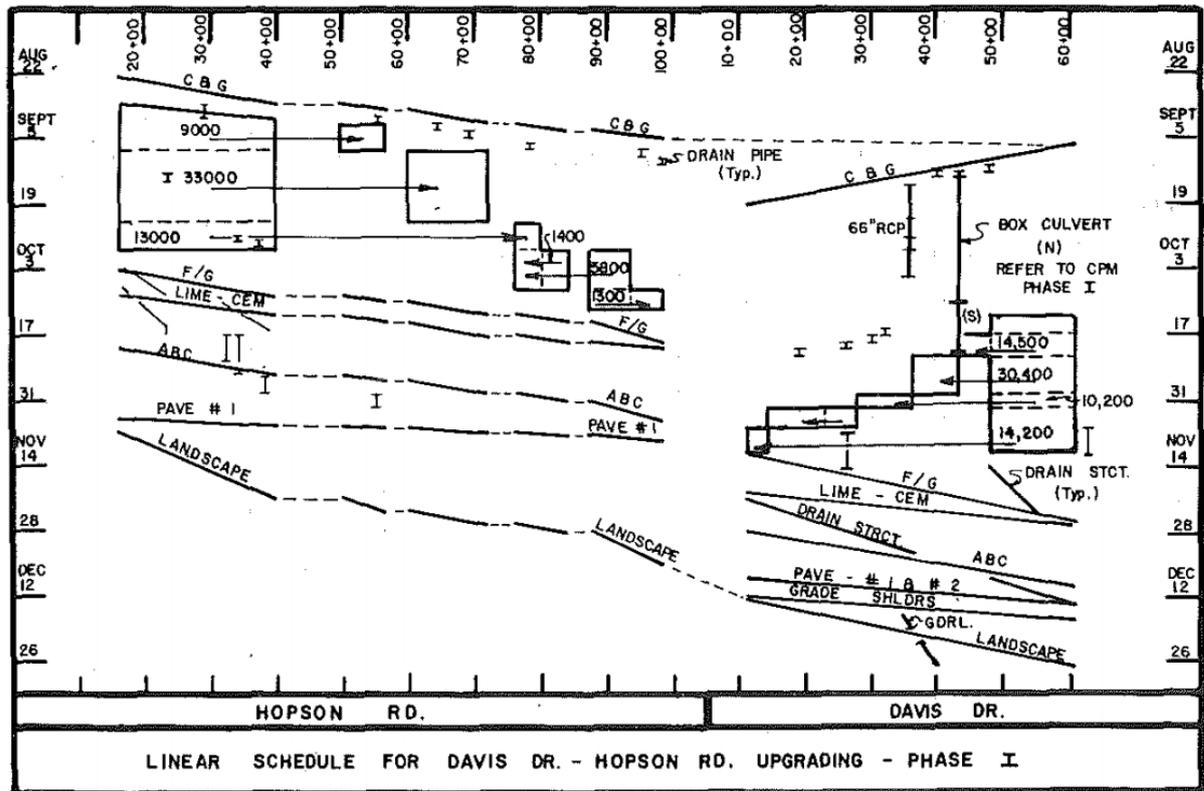


Figura 2 - Diagrama MPL. (CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986)

Contudo, a utilização adoção do MPL ao planejamento da obra, não descarta a utilização de outras técnicas. O MPL pode trazer melhores resultados quando usado como um complemento para programação com CPM (CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986).

2.3.2 PERT/CPM

O Método do Caminho Crítico (*Critical Path Method* - CPM) é caracterizado pela representação de uma barra como uma rede de atividades, e que podem ser igualmente bem aplicadas em todo tipo de obras, sejam estas simples ou complexas, pequenas ou grandes (INSFRÁN, 2001).

O CPM é uma técnica de programação baseada em redes, onde a duração do empreendimento é determinada pelo caminho crítico das atividades, sendo o mesmo mais indicado para aplicação em empreendimento em que as durações das atividades e custos possam ser razoavelmente estimadas (NAAMAN, 1974)

As técnicas de redes são mais sofisticadas, integrando tempo, recursos e custos, contando com uma gama de aplicativos que possibilitam a geração, manipulação e análise de modelos baseados em redes. A disponibilidade de aplicativos permite a análise de modelos

baseados em redes. A disponibilidade de aplicativos permite a realização de simulações sobre a execução de um empreendimento de maneira a obter expectativas sobre prazos, custos e utilização de recursos (NAAMAN, 1974)

São duas as convenções utilizadas, frequentemente, para o desenho de redes:

- a. o método das flechas (*Arrow Diagram Method - ADM*), conhecida também como rede de eventos, foi à primeira forma de representação da rede tomando-se amplamente conhecida. As atividades são representadas por segmentos ou setas e as interligações são feitas por nós, que representam os eventos. Esse tipo de representação utiliza atividades fictícias ou fantasmas, que não consomem tempo nem recursos, para garantir a lógica da rede (NAAMAN, 1974; MATTOS, 2010)
- b. o método dos blocos (*Precedence Diagram Method - PDM*). Neste método, as atividades são representadas geralmente por retângulos e as relações de dependências por segmentos orientados (ou setas), também denominados de conectores (NAAMAN, 1974; MATTOS, 2010)

Uma representação gráfica do método das flechas e dos blocos, para um mesmo sequenciamento de atividades, podem ser observadas nas Figura 3 e Figura 4.

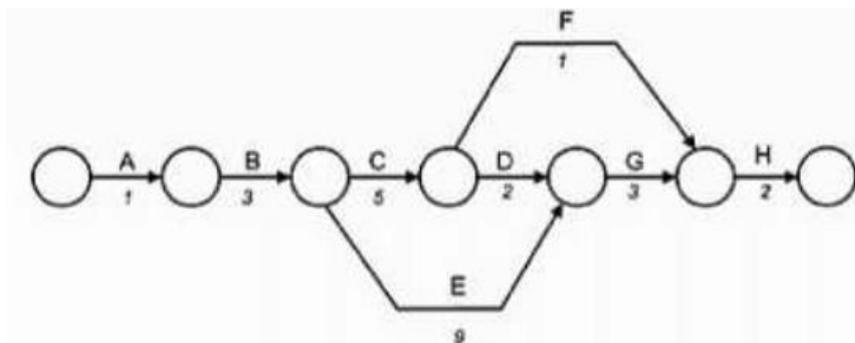


Figura 3 - Sequenciamento de Atividades pelo Método das Flechas (MATTOS, 2010)

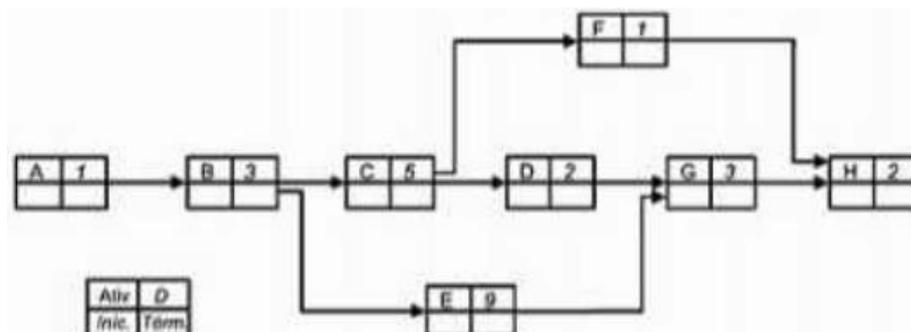


Figura 4 - Sequenciamento de Atividades pelo Método dos Blocos (MATTOS, 2010)

A rede de precedências tem a opção de utilização de esperas ou atrasos associados às ligações, podendo estas ser positivas ou negativas, que possibilitam uma melhor representação da lógica do processo. (NAAMAN, 1974)

Assumpção (1996) destaca a programação simplificada de obras repetitivas utilizando a representação ADM, que proporciona resultados próximos ao da programação com a Linha de Balanço. Essa forma de programação é conhecida como “Grafo com esperas” e é utilizado para representar processos onde as tarefas se desenvolvem de forma contínua, sem interrupções. Um exemplo de utilização do “Grafo” é demonstrado na Figura 5, a qual é uma adaptação do apresentado por Assumpção (1996) para a programação das atividades contínuas de uma obra de edifício.

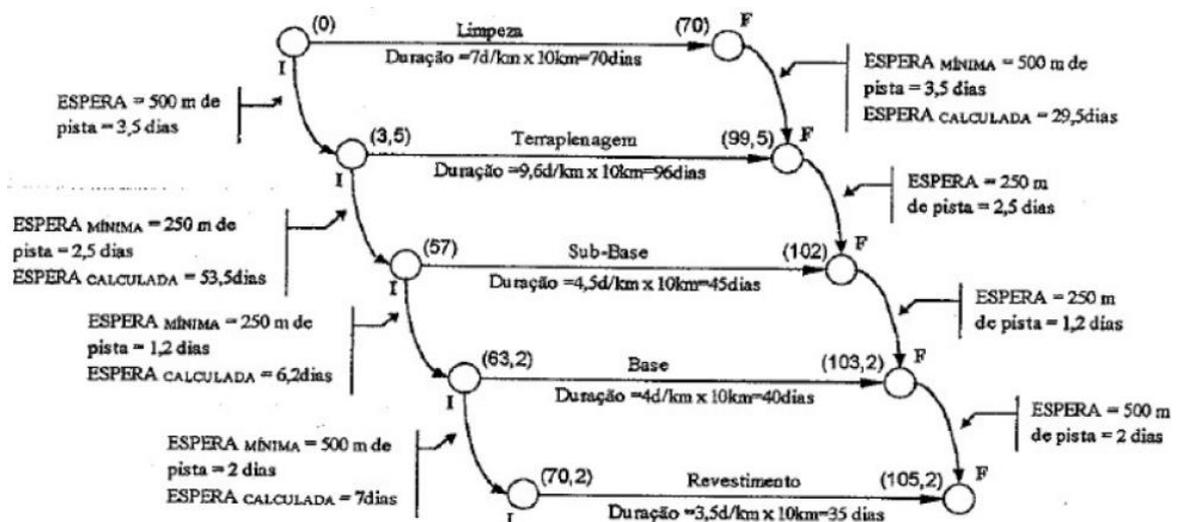


Figura 5 - Alternativa de programação de uma obra repetitiva. (INSFRÁN, 2001)

2.4 Formalismo da Linha de Balanço

A técnica da Linha de Balanço para programação de tarefas foi criada pela Goodyear nos anos 40. Suas primeiras aplicações foram na indústria de manufaturados para programar o fluxo de produção. Essa técnica é uma das mais conhecidas entre os pesquisadores para a programação de projetos lineares, onde é possível observar um comportamento repetitivo, podendo ser considerada como a fabricação contínua de muitas unidades que requerem um determinado período de tempo para que cada unidade seja concluída. A literatura revela que a técnica da Linha de Balanço é o método mais adequado para esses tipos de projetos (JUNQUEIRA, 2006; SARRAJ, 1990). Na Figura 6 é apresentada uma linha de balanço conceitual.

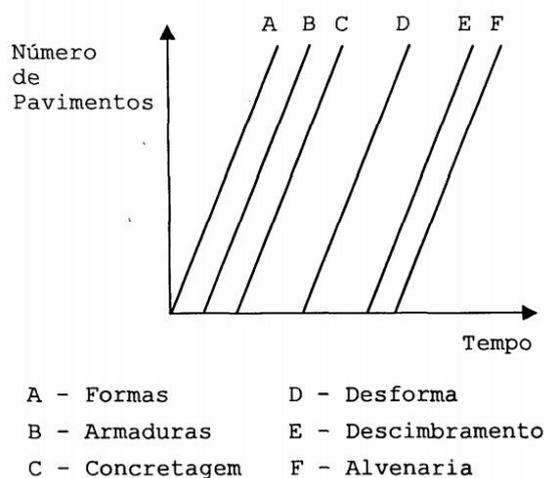


Figura 6 - Curvas de produção típicas de processos repetitivos. (MENDES JR., 1999)

Essa técnica se resume ao conceito de que as tarefas são repetidas inúmeras vezes ao longo de uma unidade de repetição. Rodovias, arranha-céus, túneis e adutoras são bons exemplos de obras que exibem características repetitivas, onde uma unidade se repete diversas vezes. O ritmo de conclusão da tarefa nas diversas unidades dependerá de quantas equipes sejam alocadas. A técnica é de aplicação bastante simples principalmente por que pode ser feita graficamente, se assumirmos a linearidade do desenvolvimento da tarefa, podendo ser visualizada num gráfico espaço x tempo, indicando a unidade e quando a tarefa é executada nesta unidade (ARDITI, TOKDEMIR e SUH, 2002; BHUSHAN e SRINIVASA RAGHAVAN, 2013; JUNQUEIRA, 2006).

Por meio da Linha de Balanço o gerente da obra passará a ter uma visão mais simples da execução das atividades servindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e qualidade nos canteiros afirma Mattos (2010). E poderá dispor de uma técnica eminentemente gráfica (visual) que será um valioso aliado nas suas comunicações em obra. A Figura 7, Mattos (2010), apresenta como linha de balanço de uma obra rodoviária.

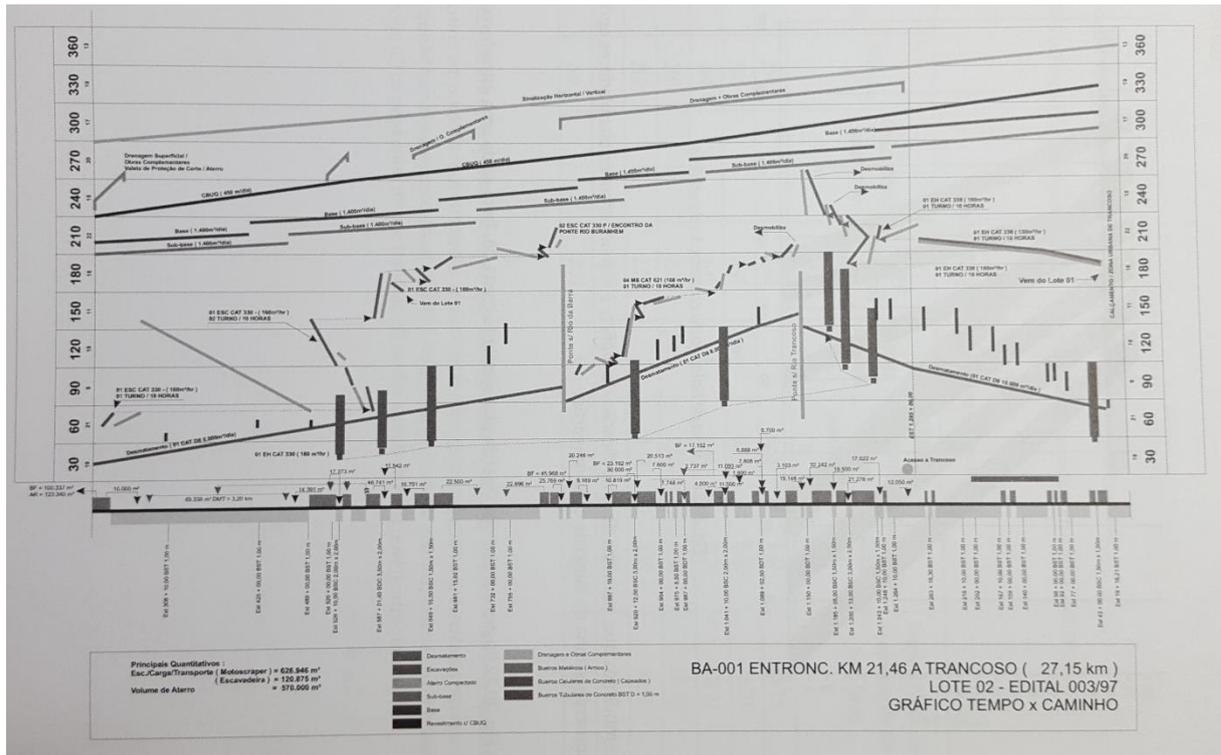


Figura 7 - Linha de Balanço de uma rodovia. (MATTOS, 2010)

As técnicas de programação para atividades repetitivas ou sequenciais baseadas na Linha de Balanço usam o conceito de curvas de produção ou linhas de fluxo. Curvas de produção para os processos envolvendo a execução da infraestrutura e superestrutura de um edifício de múltiplos pavimentos estão representadas na Figura 4, apresentada anteriormente. A inclinação de cada curva de produção fornece o ritmo de produção para cada um dos processos repetitivos em termos de pavimentos por mês. As curvas de produção também fornecem as durações de cada processo repetitivo assim como a duração total do projeto (MENDES Jr., 1999)

2.5 O método da Linha de Balanço

O Método da Linha de Balanço é baseado no fato que toda construção tem um ritmo natural, no qual ela será construída. Qualquer desvio deste ritmo resulta em homens e tempo perdidos (LUMSDEN, 1968). A técnica de programação Linha de Balanço usa o conceito de curvas de produção ou linhas de fluxo. A inclinação de cada curva de produção fornece o ritmo de produção para cada um dos processos repetitivos em termos de pavimentos por mês. As curvas de produção também fornecem as durações de cada processo repetitivo assim como a duração total do projeto (MENDES Jr, 1999).

O Método da Linha de Balanço é orientado para a conclusão das unidades, ou seja, o diagrama da Linha de Balanço é usado para programar a conclusão das unidades acumuladas (LUMSDEN, 1968).

Para Maders (1987), para que a Linha de Balanço seja efetiva no planejamento da produção, as seguintes características devem estar presentes:

- a. maior parte do trabalho que permita a fragmentação em atividades repetitivas;
- b. tamanho do empreendimento que permita o desenvolvimento do fluxo produtivo satisfatório
- c. pré-planejamento do trabalho já executado ou viabilidade de sua execução imediata;
- d. condições de um controle periódico da produção serem favoráveis; e
- e. possibilidades de alteração do projeto, que facilite o processo produtivo.

A base do Método da Linha de Balanço é determinar os recursos necessários para cada operação de modo que as operações seguintes não sofram interferências e que uma razão de construção seja obtida (MAZIERO, 1990).

2.5.1 Princípios do método da linha de balanço

Segundo Maziero (1990), os princípios da Técnica da Linha de Balanço são:

- a. determinar uma razão de produção, baseada na relação entre o número de unidades a serem construídas e o tempo de construção das mesmas;
- b. manter este ritmo de trabalho constante;
- c. manter a movimentação de mão de obra e equipamentos contínuos;
- d. tirar benefícios da repetitividade do trabalho.

2.5.2 Modelo de base

Desde que a razão de construção seja constante, a relação entre o número de unidades de repetição e a data de conclusão das mesmas é linear. No eixo vertical estão as quantidades da Linha de Balanço, que representam as unidades de repetição e estão relacionadas com o tempo, no eixo horizontal (MAZIERO, 1990).

A equação que define a Linha de Balanço, para Maders (1987) e Maziero (1990), pode ser comparada com a equação de uma reta. A relação gráfica entre quantidade e tempo pode ser observada na Figura 8.

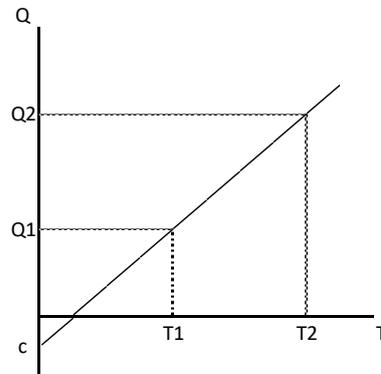


Figura 8 - Gráfico de quantidade x tempo da Linha de Balanço (MAZIERO, 1990)

Para um dado ritmo de trabalho tem-se a Equação 1.

$$Q = R \times T + c \quad (1)$$

onde:

Q = quantidade da Linha de Balanço;

T = tempo no qual se deseja conhecer o número de quantidade concluídas;

R = ritmo de trabalho ou ritmo de produção;

c = constante.

Aplicando Equação 1 para os instantes T1 e T2, temos as Equações 2 e 3.

$$Q1 = R \times T1 + c \quad (2)$$

$$Q2 = R \times T2 + c \quad (3)$$

Relacionando-se as Equações 2 e 3 obtém-se:

$$T2 = T1 + (Q2 - Q1)/R \quad (4)$$

$$Q2 = R(T2 - T1) + Q1 \quad (5)$$

Conhecendo-se Q1, T1 e o ritmo necessário, a Equação 5 fornece a quantidade de unidades que deve ser atingida no instante T2. Nota-se que R é dado em unidades/tempo.

2.6 Extensões do modelo de base

Há dois métodos de programação da Linha de Balanço: a Programação Paralela e a Programação de Recursos. Os dois métodos possuem as mesmas características, o que os diferenciam é o prazo de conclusão da obra e a determinação do ritmo de trabalho (MADERS, 1987; MAZIERO, 1990; MENDER Jr 1999).

2.6.1 Programação paralela

O princípio da Programação Paralela é a determinação de um ritmo único para todas as operações. Na Programação Paralela, o prazo de conclusão das unidades é fixado. Em função deste prazo, do número de unidades a serem construídas e do tempo de construção destas unidades, determina-se o ritmo de construção (MADERS, 1987; MENDER Jr 1999).

Maders (1987), apresenta em seu trabalho como o cálculo do ritmo é efetuado, onde este encontra-se representado pela Equação 6.

$$R = \frac{n - 1}{T - Dt} \quad (6)$$

onde:

R = ritmo de entrega ou razão de construção;

n = número de unidade a serem construídas;

T = tempo total disponível para execução do empreendimento;

Dt = período necessário à construção de uma casa somado a outros tempos relativos ao início da obra.

Maders (1987), também orienta que antes do cálculo da razão de produção, a rede de precedência já deve estar elaborada, os quantitativos de cada atividade levantados e uma estimativa de duração proposta em função do ritmo natural da mão de obra a ser utilizada.

Para exemplificar, considera-se um projeto simplificado de construção de 10 quilômetros de rodovia, a ser realizado num prazo de 30 semanas. Cada quilômetro é composto

por 3 operações, sendo elas: serviços preliminares, terraplenagem e pavimentação. As relações entre as operações são mostradas em uma rede lógica, conforme a Figura 9.

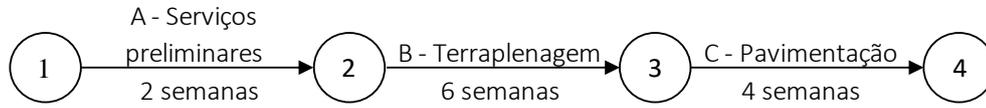


Figura 9 - Rede lógica. (Fonte: Próprio Autor)

Com as durações das operações para construção de 1 quilômetro de rodovia, determina-se a razão de produção, aplicando a Equação 6, necessária para a construção dos 10 quilômetros no período de 30 semanas, o qual é 0,5 quilômetros por semana.

A Figura 10 mostra a linha de liberação das unidades concluídas. Paralelamente a esta pode-se traçar a linha de liberação de recursos iniciais, mostrada na Figura 11.

Tem-se, assim, duas linhas que descrevem os limites externos de tempo. Entre estas, traçam-se as linhas das operações conforme os tempos indicados na rede lógica. Estas linhas representam os tempos de liberação de recursos para cada operação e comprometimento dos recursos para as operações seguintes Figura 12.

Os recursos considerados são as equipes de profissionais responsáveis pela execução da operação. Para a operação A é necessária 1 equipe, para a operação B são necessárias 3 equipes e para a operação C 2 equipes.

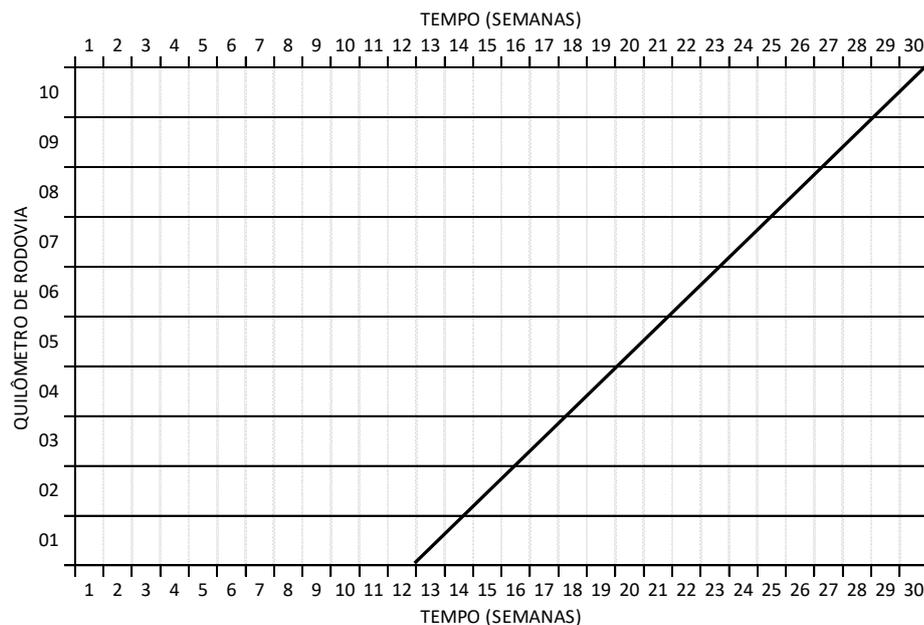


Figura 10 - Linha de liberação das unidades concluídas. (Fonte: Próprio Autor)

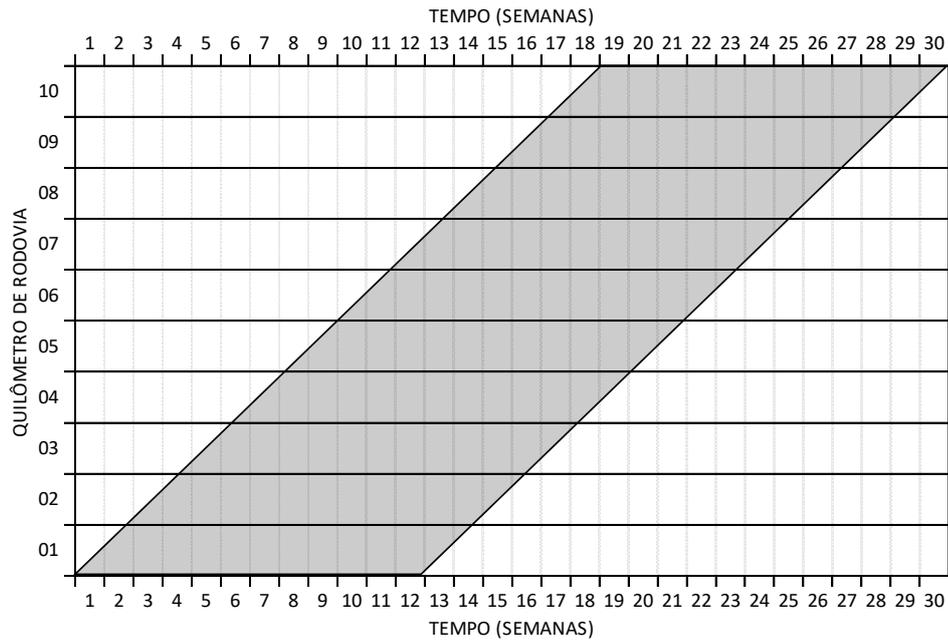


Figura 11 - Linha de liberação dos recursos iniciais. (Fonte: Próprio Autor)

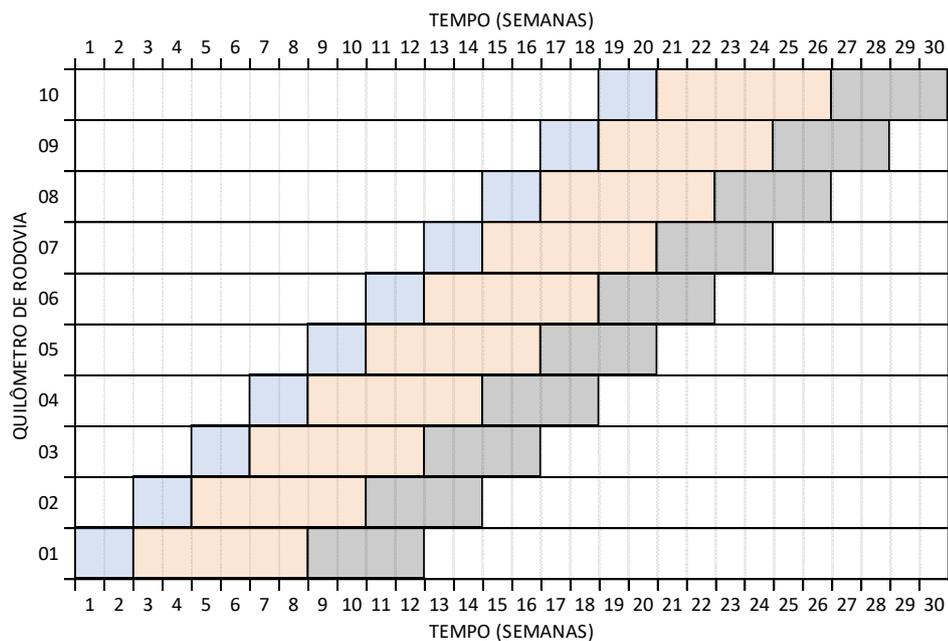


Figura 12 - Linha de balanço pela programação paralela. (Fonte: Próprio Autor)

Segundo Mendes Jr. (1999), a programação paralela pode ser aplicada em projetos com um grande número de repetições, tais como conjuntos habitacionais, onde um único ritmo de produção pode ser aplicado para a maioria das atividades. Mendes Jr (1999) constata que a programação não paralela está mais próxima da realidade de execução de edifícios de uma ou duas torres com até 25 pavimentos devido a pequena quantidade de unidades.

2.6.2 Programação de recursos

Na Programação de Recursos as operações ocorrem segundo o seu ritmo natural. O ritmo natural é determinado em função da duração da operação. Portanto, para cada operação obtém-se um ritmo (MADERS, 1987). Considerando-se o mesmo exemplo dado na Programação Paralela, obtém-se o seguinte gráfico da. Linha de Balanço, visto na Figura 13.

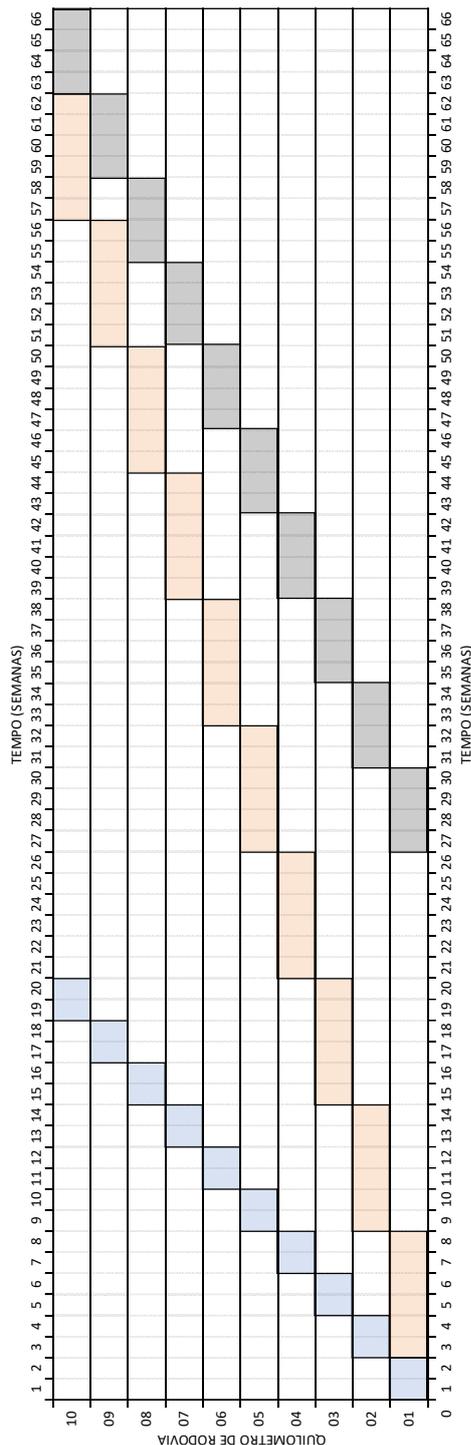


Figura 13 - Linha de balanço pela programação de recursos. (Fonte: Próprio Autor)

A Figura 13 é um gráfico da Programação de Recursos onde há apenas uma equipe realizando cada operação. Neste caso os 10 quilômetros de rodovia não são mais realizados em 30 semanas, mas em 66 semanas.

A obra pode ser acelerada na Programação de Recursos, aumentando-se o número de equipes para cada operação conforme Maziero (1990). Para efeito de comparação, considere-se a mesma quantidade de recursos necessários na Programação Paralela. Obtém-se o gráfico visto na Figura 14.

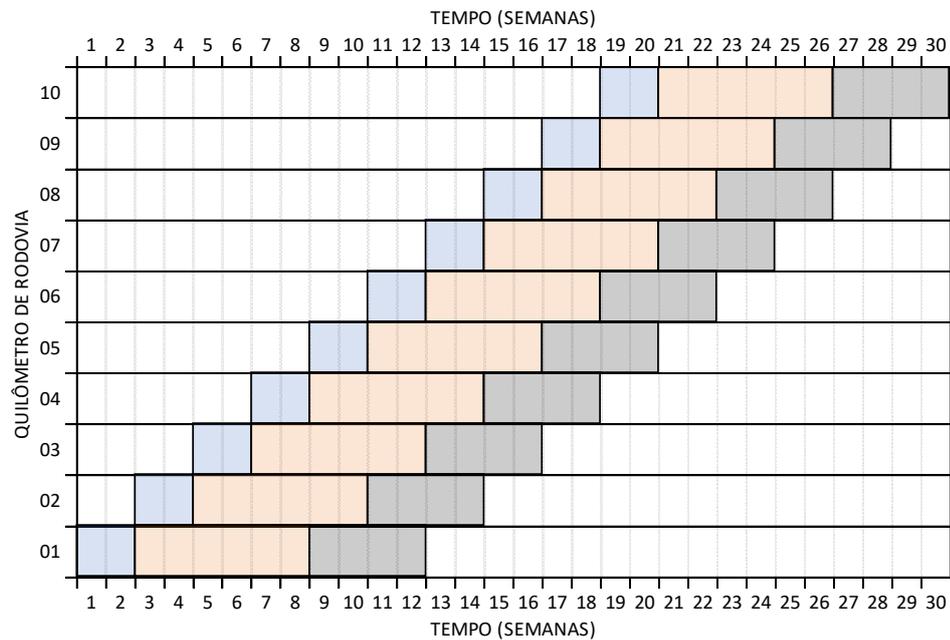


Figura 14 - Linha de Balanço pela programação de recursos. (Fonte: Próprio Autor)

A programação da construção das 10 casas pela Programação de Recursos com a mesma quantidade de recursos utilizada na Programação Paralela, resultou num prazo igual ao da Programação Paralela.

2.6.3 Comparação entre programação paralela e programação de recursos

Segundo Maders (1987), a Programação Paralela possui simplicidade na sua realização e entendimento. Ela garante o tempo mínimo para realização da obra, porém, com acréscimo de custo em relação à Programação de Recursos.

Na Programação Paralela o tempo de construção de cada unidade não varia de unidade para unidade afirma Maders (1987), pois a realização da obra é contínua devido a um ritmo único.

A Programação de Recursos possui tempos vazios permitindo a degradação e estragos na obra, afirma Mendes Jr. (1999). Nesta, a construção de cada unidade é descontínua, como pode ser visualizado na Figura 13.

Segundo Maziero (1990), os desvios entre o programado e o progresso real da obra são em princípio, mais frequentes e significativos na Programação Paralela, devido aos ritmos de trabalho serem diferentes do ritmo natural. Maziero (1990) ainda afirma que os tempos de espera introduzidos pela Programação Paralela, entre o trabalho de uma equipe numa unidade e na unidade subsequente, proporcionam quebra na continuidade da execução, reduzindo a produtividade potencial ganha com a repetição, situação vista na Figura 15.

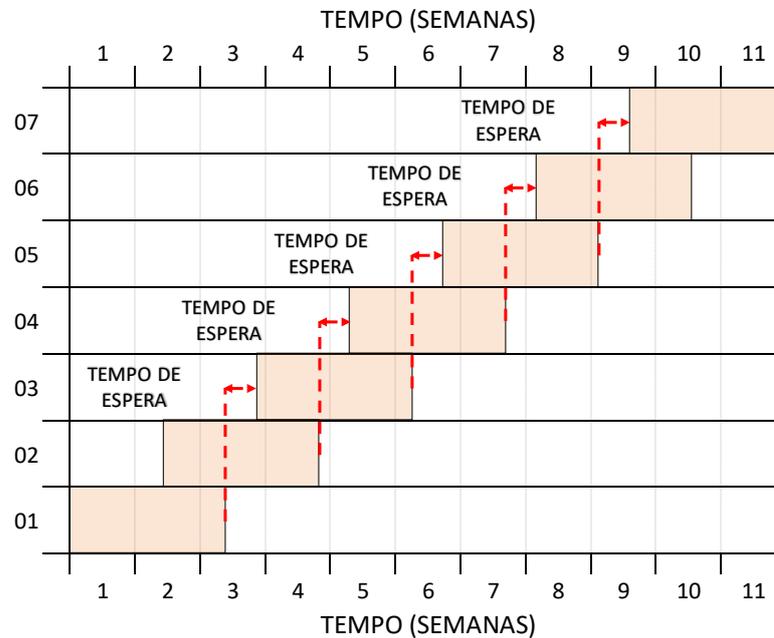


Figura 15 - Tempo de espera. (Fonte: Próprio Autor)

2.7 Vantagens e desvantagens da utilização da técnica da Linha de Balanço

2.7.1 Vantagens

Segundo Marizero (1990), a técnica da Linha de Balanço possui vantagens quanto a fase de planejamento e execução da obra, como colocadas a seguir.

No planejamento o método fornece clareza e simplicidade de representação, facilitando a transmissão de informações; fornece informações referentes a utilização de equipamentos e componentes de construção, possibilitando a programação da aquisição e uso dos materiais em obra (MAZIERO, 1990).

Outra vantagem citada por Maziero (1990), seria como um método de controle pode ser usado para determinar em qualquer tempo durante o projeto se os recursos são utilizados em quantidades inferiores do que a necessária, reduzindo a razão programada, ou em excesso, ocasionando aumento de trabalho sem melhorar a produtividade e a visualização imediata dos serviços que se desviam da programação inicial e seus impactos nas demais etapas da obra.

Outras vantagens são citadas por Moura e Heineck (2014), que identificaram a aplicabilidade de algumas características da construção enxuta no desenvolvimento da LOB, tais como a visão do ciclo no tempo e no espaço, simplificação das operações pela externalização ou pela pacotização do trabalho, redução da variabilidade, visão do fluxo de execução, redução do *lead time* pelo balanceamento das atividades ou pelo efeito aprendizagem, assim como integração de curto, médio e longo prazo

2.7.2 Desvantagens

Para Maziero 1990, as principais desvantagens do método são devidas a:

- a. necessidade de integração entre o projeto e a construção;
- b. entrega do domínio do processo para a gerência e não ao operário;
- c. especialização da mão de obra, tornando o operário conhecedor apenas das tarefas que ele executa.

2.8 Conclusão

Este capítulo revisou os métodos e técnicas de planejamento que são utilizados com mais frequência no planejamento de obras rodoviárias. Foi possível identificar no estudo das técnicas revisadas, é que elas se aplicam bem ao tipo de obra objeto do estudo, contudo, foi identificado que nem sempre uma técnica somente é aplicada (SUHAIL S. e NEALE, R., 1994). Ao elaborar o planejamento, o planejador faz o uso de apenas uma técnica, ou faz uma associação de duas ou mais.

Foi identificado também a priorização do uso de Métodos de Programação Linear para o planejamento de obras de rodovias, devido principalmente ao seu caráter não linear de produção dos serviços de terraplenagem (CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986). Quando se trata do planejamento das camadas de pavimentação, já há casos da utilização da Linha de Balanço (MATTOS, 2010).

E por final foi apresentado dentro da Técnica da Linha de Balanço, o modelo base e suas extensões, que são as programações Paralela e de Recursos e algumas vantagens e desvantagens do uso dessa técnica no planejamento e controle de obras. No capítulo 4 será apresentada a sistematização, com o uso da programação de Recursos, da aplicação da técnica Linha de Balanço em obras já planejadas com outras técnicas.

3 SISTEMATIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA LINHA DE BALANÇO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS RODOVIÁRIAS JÁ PLANEJADAS COM OUTRAS TÉCNICAS

3.1 Geral

Neste capítulo é apresentada a sistematização de aplicação da Linha de Balanço, voltada a reprogramação de obras já programadas com enfoque rodoviário. Cada etapa da sistematização proposta, está ligada a tomada de decisões operacionais. Estas decisões dão origem as principais variáveis envolvidas na execução da programação.

Neste trabalho analise-se a influência da aplicação da técnica da Linha de Balanço na execução do planejamento de obras já programadas. Algumas variáveis foram mantidas com o intuito de evitar distorções no estudo de comparação entre a programação original e a programação com emprego da técnica Linha de Balanço.

As variáveis são:

- a. rede de precedência;
- b. tamanho das equipes
- c. duração das operações;
- d. ritmo de trabalho;
- e. estratégia de ataque à obra;

3.2 Etapas da sistematização da aplicação da técnica da Linha de Balanço

Para aplicação do Método da Linha de Balanço as várias etapas, apresentadas a seguir, devem ser analisadas. Em cada etapa, decisões devem ser tomadas, as quais conduzem a diferentes resultados.

A Técnica da Linha de Balanço permite a organização do processo construtivo, não levando obrigatoriamente a uma solução ótima, mas satisfatória. Procurar-se-á estudar várias situações para traçar-se um caminho que simplifique o uso da técnica, tornando-a de mais fácil compreensão para o usuário.

Para um melhor entendimento das etapas de aplicação da técnica a obras já planejadas, apresenta-se um fluxograma mostrando o sequenciamento destas etapas na Figura 16.

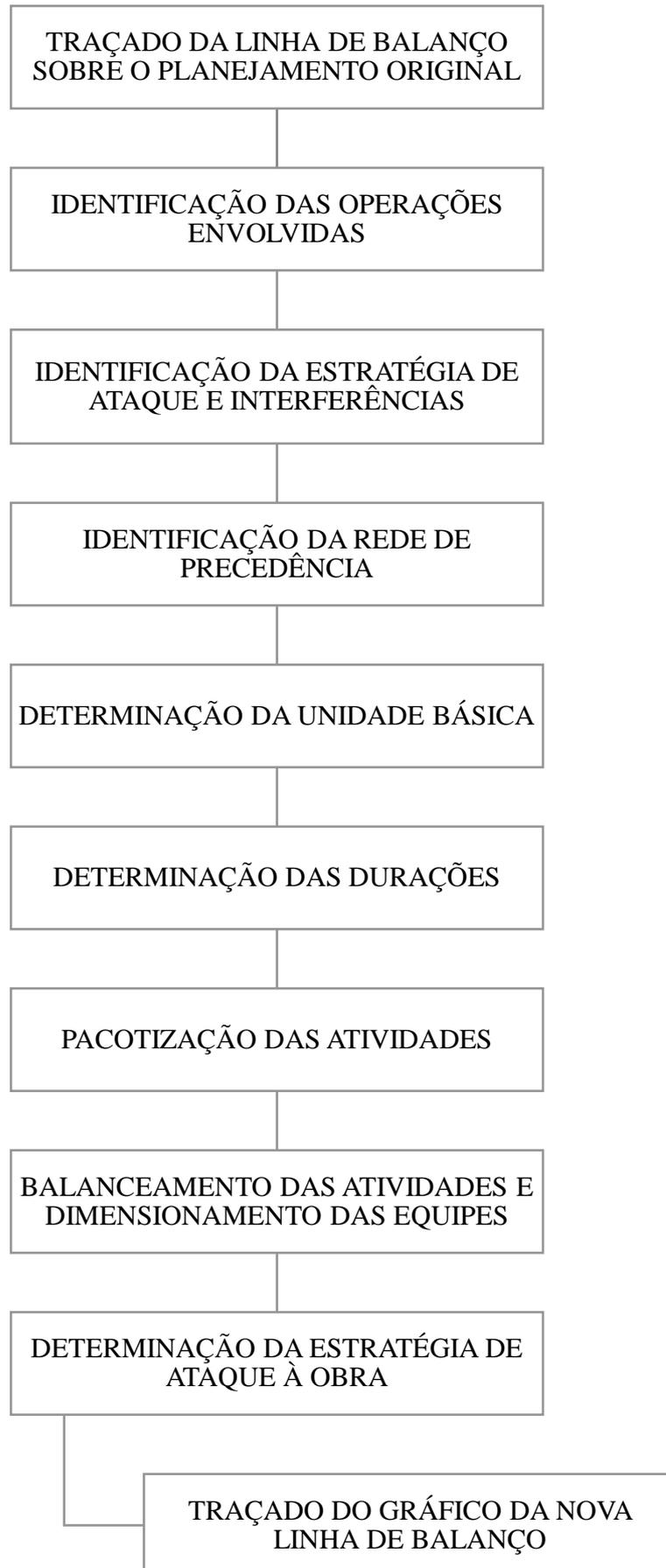


Figura 16 - Fluxograma de aplicação da técnica da linha de balanço a obras já planejadas. (Fonte: Próprio Autor)

3.2.1 Características do projeto

Nesta etapa apresentam-se as principais características da obra escolhida para a aplicação da Técnica da Linha de Balanço.

Uma descrição completa da obra deve ser efetuada, de modo a fornecer as informações mínimas requeridas do projeto a ser realizado. Identifica-se a dimensão total do projeto, sua localização, seu escopo, o prazo da obra e o resumo das principais quantidades de serviços. No caso de obras de obras civis, devem ser identificadas as quantidades de unidades que compõem, dimensões das unidades e forma de distribuição das unidades.

Esta etapa ajuda na determinação da unidade básica e todos os serviços que não fazem parte do planejamento principal.

3.2.2 Construção da Linha de Balanço sobre o planejamento original

Nesta etapa é feita a primeira construção da linha de balanço. A montagem da linha de balanço é realizada tal qual o planejamento inicial fora concebido, adotando assim as mesmas durações estimadas, os mesmos pacotes e o mesmo plano de ataque.

Essa é uma etapa de extrema importância, pois nela é possível identificar pontos de melhoria como a existência de folgas entre atividades subsequentes (folgas livres). Essa identificação é facilitada pela transparência proporcionada pela representação gráfica da Linha de Balanço, uma vez que é possível visualizar com clareza o fluxo de execução.

Na Figura 17 pode ser observado um exemplo de planejamento com existência de folgas livres para uma unidade de repetição de 2 quilômetros de extensão.

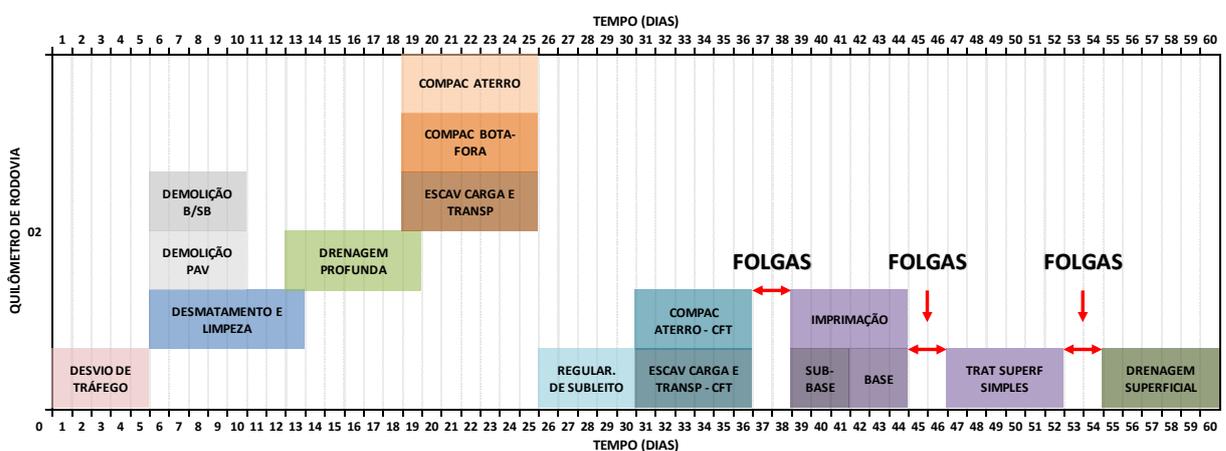


Figura 17 - Identificação de folgas em um trecho fictício de 2 quilômetros de extensão. (Fonte: Próprio Autor)

A vantagem da visualização do fluxo na Linha de Balanço para Pinheiro (2009), é a transparência no processo, facilitando a detecção de erros, diminuindo a necessidade de inspeção dos produtos ao final da linha de produção, além de detectar a superposição das atividades.

3.2.3 Identificação das operações envolvidas

Neste estudo, os dados dos orçamentos analíticos (sem custos) das obras forneceram os subsídios necessários para a obtenção das operações envolvidas na realização de uma unidade básica. Porém, as operações podem ser determinadas diretamente da análise do projeto ou simplesmente retiradas do planejamento original.

Operação é o nome dado ao conjunto de trabalhos realizados continuamente e executados por uma mesma equipe de profissionais. São operações os trabalhos como execução de terraplenagem, pavimentação e drenagem. Já um conjunto de operações, as quais determinam uma fase da construção, é chamado de serviço, por exemplo; a realização da infraestrutura e superestrutura.

E por fim, as atividades, que representam as tarefas realizadas dentro de uma operação: como exemplo tem-se as escavações, carga e transporte, e compactação na operação de terraplenagem. Na Figura 18 podem ser observadas algumas atividades de uma programação de obra rodoviária.

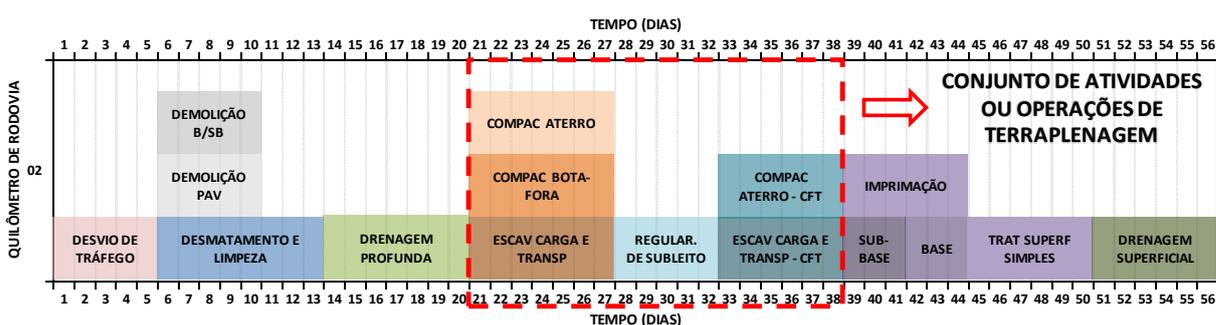


Figura 18 - Exemplo de atividades e operações de uma programação de obra rodoviária. (Fonte: Próprio Autor)

Algumas operações são agrupadas e consideradas como única por necessitarem de pequena quantidade de recursos em relação à outras operações e serem realizadas por um mesmo tipo de profissional. As operações devem ser enriquecidas com todas as tarefas referentes à mesma.

3.2.4 Identificação da estratégia de ataque e interferências

Nesta etapa é realizada a identificação do plano de ataque do planejamento original e o reconhecimento do projeto do trecho com o objetivo de identificar interferências. As considerações aqui realizadas vão nortear a determinação da segmentação do trecho e na determinação da unidade básica.

3.2.5 Identificação da rede de precedência

Determinadas as operações correspondentes a execução de uma unidade básica, as relações de dependência, bem como o desenvolvimento lógico em obra, devem ser analisadas de modo a dar origem a uma rede de precedência das atividades. Esta etapa é realizada com base na programação original, não sendo feitas quaisquer alterações nas atividades e no seu sequenciamento, mantendo assim a rede de precedência inalterada.

A representação de um programa de trabalho em forma de rede é feita nos seguintes estágios:

- a. são listadas as operações identificadas na programação original. O nível de detalhe fica pautado pelo planejamento base;
- b. a dependência entre as operações é identificada satisfazendo as seguintes questões:
 - quais operações são concluídas antes que um evento particular ocorra;
 - quais operações não são iniciadas até que um evento particular ocorra; identificando, desta maneira, cada sucessor e predecessor das operações;
- c. um diagrama de rede é construído para mostrar a sequência em que as operações foram planejadas.

Vários formatos de rede podem ser construídos dependendo do critério do adotado no planejamento base, podendo ser as seguintes formas de redes:

- a. rede linear, onde todas as operações compõem o caminho crítico;
- b. rede com ocorrência de operações em paralelo.

Neste estudo, as redes foram traçadas rigorosamente com base na programação original, assim mantendo o sequenciamento idealizado pelo planejador.

3.2.6 Determinação da unidade básica

A unidade básica representa o tipo de unidade que compõe o projeto e deve ser repetida até a sua conclusão. Para a determinação da unidade básica o projeto é realizado a identificação da unidade original e depois proposto seu redimensionado em seções que representam um conjunto de operações ou tarefas que são repetidas em todo o projeto.

Quando o projeto apresenta seções diferentes, é necessário definir uma unidade representativa. A unidade representativa é baseada na seção que ocorre em maior frequência e na seção que possui maior carga de trabalho.

A unidade representativa pode ser obtida através de um cálculo de média ponderada entre o número de unidades de uma seção e a carga de trabalho que esta seção encerra conforme conceito apresentado por Lumsden (1968). Na ponderação, tem maior peso a unidade que ocorre em maior frequência e possui maior carga de trabalho.

A seção escolhida depende do tipo e dimensão do projeto. Na Figura 19 podem ser observados os lotes, no eixo vertical, em uma linha de balanço de uma obra rodoviária fictícia.

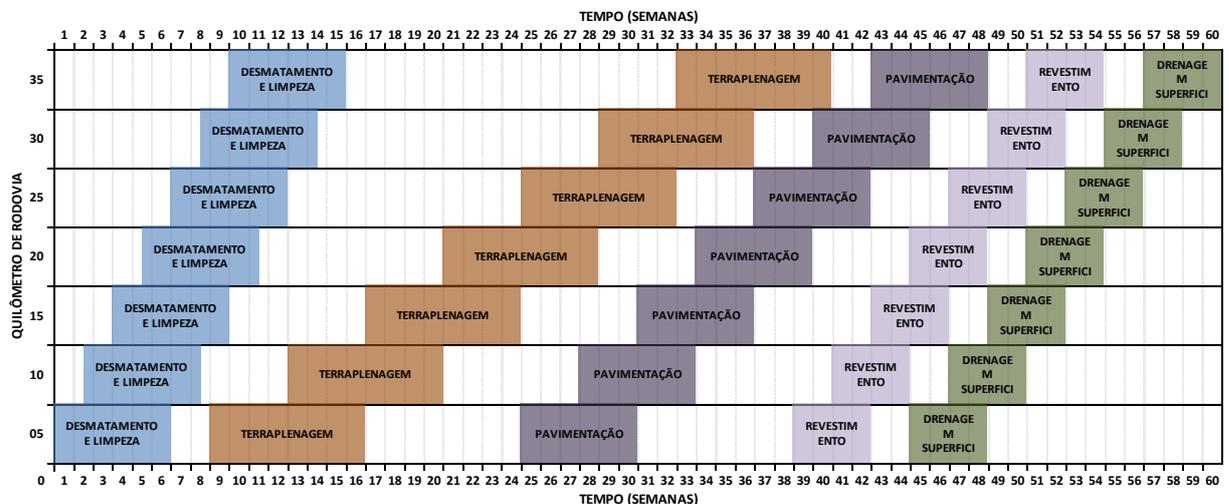


Figura 19 - Linha de balanço de uma obra rodoviária fictícia. (Fonte: Próprio Autor)

Na construção de estradas a unidade básica podem ser quilômetros de rodovias, já na construção de casas, a unidade pode ser uma casa, uma quadra ou um grupo de casas. Em edifícios, a unidade pode ser um bloco, um pavimento ou até mesmo parte do pavimento e na construção de um edifício único, a unidade pode ser um pavimento ou mesmo, parte do pavimento.

A determinação da unidade básica depende da dimensão do problema. Pois uma programação pode tornar-se minuciosa demais quando se considera como unidade básica a

menor unidade repetitiva, onde se poderia considerar um grupo dela (MAZIERO, 1990). A escolha da unidade básica determinará o número de unidades a serem repetidas e influenciará na duração das atividades e conseqüentemente da unidade. Esses são determinantes do ritmo de trabalho.

3.2.7 Determinação das durações

A duração de uma operação é estabelecida em função da duração desta na programação original. Nesta etapa é realizada a quantificação das durações totais de cada operação/atividades, para posteriormente, com a nova proposição de unidade básica, determinar as novas durações das operações/atividades. Na Tabela 1 pode ser observada a quantificação das durações para cada atividade em uma programação existente.

Tabela 1 - Durações originais de atividades de um planejamento real. (Fonte: Próprio Autor)

ATIVIDADES	T01-A	T01-B	T01-C	T01-D	T01-E
	6,50 km	6,50 km	3,50 km	4,50 km	5,00 km
DESVIO	6,00 dias	5,00 dias	6,00 dias	6,00 dias	6,00 dias
PRODUTIVIDADE	1,08 km/dia	1,30 km/dia	0,58 km/dia	0,75 km/dia	0,83 km/dia
DESMATAMENTO	21,00 dias	25,00 dias	21,00 dias	27,00 dias	31,00 dias
PRODUTIVIDADE	3,23 km/dia	3,85 km/dia	6,00 km/dia	6,00 km/dia	6,20 km/dia
DREN PROFUNDA	46,00 dias	44,00 dias	23,00 dias	30,00 dias	32,00 dias
PRODUTIVIDADE	7,08 km/dia	6,77 km/dia	6,57 km/dia	6,67 km/dia	6,40 km/dia
DREN SUPERFICIAL	9,00 dias	11,00 dias	6,00 dias	7,00 dias	8,00 dias
PRODUTIVIDADE	1,38 km/dia	1,69 km/dia	1,71 km/dia	1,56 km/dia	1,60 km/dia
ESC CARGA SOLO MOLE					
PRODUTIVIDADE					
ESC E CARGA	45,00 dias	44,00 dias	22,00 dias	34,00 dias	32,00 dias
PRODUTIVIDADE	6,92 km/dia	6,77 km/dia	6,29 km/dia	7,56 km/dia	6,40 km/dia
COMPAC ATERRO	45,00 dias	44,00 dias	22,00 dias	34,00 dias	32,00 dias
PRODUTIVIDADE	6,92 km/dia	6,77 km/dia	6,29 km/dia	7,56 km/dia	6,40 km/dia

Depois da quantificação das durações originais, visto na Tabela 1, é realizado o somatório das quantidades de dias para cada atividade/operação, onde essas durações totais serão distribuídas uniformemente para atender o novo dimensionamento da unidade básica. Exemplo pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Determinação das novas durações para a unidade básica definida. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO	INÍCIO KM	FIM KM	EXTENSÃO KM	DES VIO	DESMATAMENT O	DREN PROFUNDA	DREN SUPERFICIAL	ESC E CARGA	COMPAC ATERRO
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) =>				29,00 dias	125,00 dias	175,00 dias	41,00 dias	177,00 dias	177,00 dias
TA-01	49,00	51,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-02	51,00	53,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-03	53,00	55,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-04	55,00	57,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-05	57,00	59,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-06	59,00	61,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-07	61,00	63,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-08	63,00	65,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-09	65,00	67,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-10	67,00	69,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-11	69,00	71,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-12	71,00	73,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
TA-13	73,00	75,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	13,46 dias	3,15 dias	13,62 dias	13,62 dias
NOVAS DURAÇÕES ESTABELECIDAS =>				2,00 dias	10,00 dias	13,00 dias	3,00 dias	14,00 dias	14,00 dias

A distribuição de recursos para realização das operações, ou seja, a escolha da equipe de operários é uma decisão muito importante, contudo, neste trabalho considera-se que cada atividade será composta por 1 equipe, realizando assim a estipulação de diferentes tamanhos de equipes correspondentes a cada operação, somente na etapa descrita na subseção 3.3.

3.2.8 Pacotização das atividades

A simplificação das operações, obtida pela pacotização, é a redução do número de componentes de um produto, de número de partes ou estágios num fluxo de materiais ou informações, ou seja, é obtida através da diminuição de interfaces, juntas e ligações entre os processos conforme Isatto *et al.*(2000) e Bernardes (2003). Isatto *et al.*(2000) afirmam que quanto maior o número de componentes ou passos em um determinado processo, maior é a tendência de se observar atividades que não agregam valor, com isso a simplificação das operações ajuda na eliminação destas atividades.

Nesta etapa é realizado o agrupamento de operações/atividades que podem ser executadas por uma mesma equipe. Em exemplo relacionado as atividades de terraplenagem por ser observado na Figura 20.

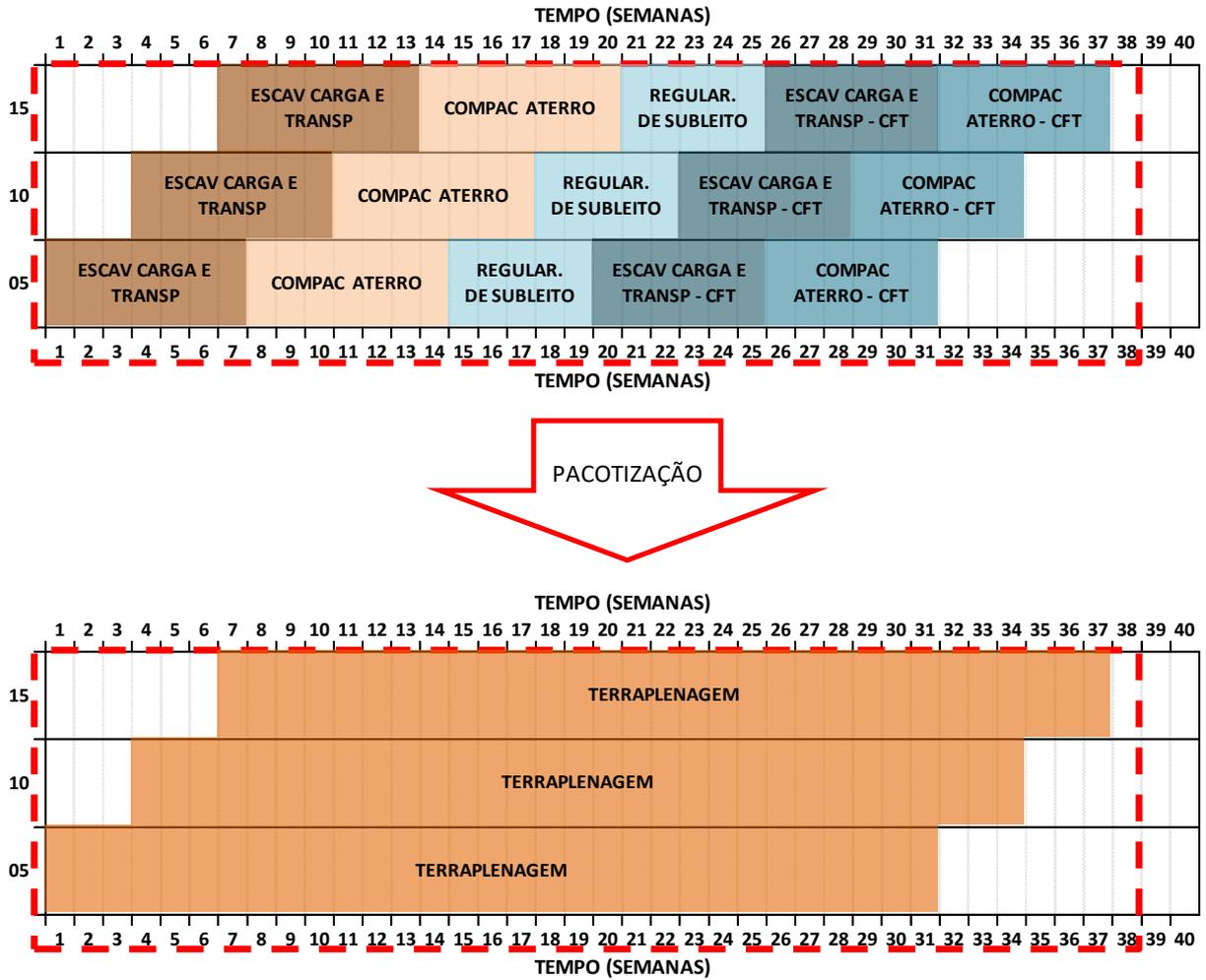


Figura 20 - Agrupamento das atividades relacionadas à operação de terraplenagem. (Fonte: Próprio Autor)

Essa redução no número de componentes, proporcionada pela pacotização, facilitará a execução do balanceamento, que é uma etapa posterior a esta, descrita na subseção 3.2.9. Devido a essa simplificação, onde antes seria preciso fazer a definição ritmos para 5 atividades com durações diferentes, no novo cenário só será preciso trabalhar o balanceamento de 1 atividade (Figura 21).

ATIVIDADES	DURAÇÕES		PACOTE DE TRABALHO	DURAÇÕES
ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE	7,00 dias	➔	TERRAPLENAGEM	31,00 dias
COMPACTAÇÃO ATERRO	7,00 dias			
REGULARIZAÇÃO DE SUBLEITO	5,00 dias			
ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE - CFT	6,00 dias			
COMPACTAÇÃO ATERRO - CFT	6,00 dias			
TOTAL	31,00 dias			

Figura 21 - Pacotização das atividades de terraplenagem. (Fonte: Próprio Autor)

Outro benefício desta etapa, citado por Moura e Heineck (2014), é que esta proporciona uma sequência flexível de montagem e execução das atividades e que pela aglutinação destas, o pacote ou célula de produção passa a ser o caminho crítico, fazendo com que os trabalhadores se auto ajustem na execução das atividades.

3.2.9 *Balanceamento das atividades e dimensionamento das equipes*

O balanceamento das atividades tem o objetivo de permitir o trabalho contínuo das equipes após iniciada uma atividade. Para tanto as atividades precedentes já devem estar concluídas quando a equipe entra no local de trabalho afirma Mendes Jr (1999).

Para Junqueira (2006), o balanceamento das linhas pode ser obtido através de: eliminação de conflitos entre equipes pela mudança da precedência de uma atividade ou pela alteração no ritmo; eliminação dos gargalos na obra, que são tarefas executadas com ritmo lento atrapalhando as demais; definição de estratégias de execução que permitam o espalhamento das atividades pela obra diminuindo o tempo de ocupação ou de entrega de uma unidade, entre outras decisões gerenciais que a Linha de Balanço pode apoiar de uma forma mais efetiva do que outras técnicas de planejamento e controle.

Explicado o conceito de balanceamento e exemplificado formas de obter o balanceamento dos pacotes, segue-se com a apresentação de um balanceamento, o que neste trabalho seria nada mais do que encontrar um múltiplo em comum para as durações dos pacotes de trabalho. Um exemplo de balanceamento pode ser observado na Figura 22.

PACOTES	DURAÇÃO DOS PACOTES	DURAÇÃO DOS PACOTES (ARREDONDAMENTO)		FATOR	BALANCEAMENTO (x4)
PACOTE 01	11,85 dias	12,00 dias		0,00 dias	12,00 dias
PACOTE 02	13,46 dias	13,00 dias		-1,00 dias	12,00 dias
PACOTE 03	22,38 dias	22,00 dias		2,00 dias	24,00 dias
PACOTE 04	7,92 dias	8,00 dias		0,00 dias	8,00 dias
PACOTE 05	3,38 dias	3,00 dias		1,00 dias	4,00 dias
PACOTE 06	3,15 dias	3,00 dias		1,00 dias	4,00 dias

Figura 22 - Balanceamento dos pacotes de trabalho. (Fonte: Próprio Autor)

Na coluna fator é determinado a quantidade de dias que serão adicionados ou subtraídos da duração de cada pacote de trabalho, com o objetivo de que o novo valor de duração se torne múltiplo do número escolhido. Essa aplicação do fator tem que ser avaliada de

forma minuciosa, pois no caso da aplicação de um fator negativo, o planejador tem que verificar o impacto deste, pois ocasionará em aumento no ritmo do pacote sem acréscimo de equipe. Outra consideração a ser feita é que múltiplo adotado seja um número par, pois o menor valor de duração para a programação proposta é de 1 dia, com isso evita-se ter durações ímpares após a realização do balanceamento, pois caso seja necessário dobrar equipes, no caso de uma atividade com duração de 7 dias, ela passaria a ter 3,5 dias.

3.2.10 Determinação da estratégia de ataque à obra

O ataque à obra é realizado em função da escolha da unidade básica e de fatores construtivos. Quando a execução de uma unidade básica depende da execução da unidade anterior, a estratégia de ataque é determinada por fatores construtivos.

No planejamento de uma estrada, o ataque a obra pode ser realizado de diversas maneiras e algumas considerações tem que ser levadas, como a remoção de interferências (cercas, postes, etc.).

Para o desenvolvimento do plano de ataque, o tempo de execução, que no caso de obras públicas é determinado pelo edital de licitação, é de grande importância, pois pode ser um fator determinante para o dimensionamento da quantidade de frentes de trabalho. Além do tempo de execução, outro fator muito importante é o fluxo de caixa, que deve ser estudado ao longo de toda a obra, pois uma obra acelerada irá elevar consideravelmente os desembolsos mensais, sendo necessário um estudo detalhado de entrada de receitas.

Como a sistematização aqui proposta refere-se à reprogramação de obras já planejadas, o ideal seria que o plano de ataque adotado fosse similar ao da programação original, mas não impedindo de esse plano ser remodelado. Na Figura 23 é apresentado um plano de ataque e uma linha de balanço fictícios de uma obra rodoviária com 3 frentes de ataque.

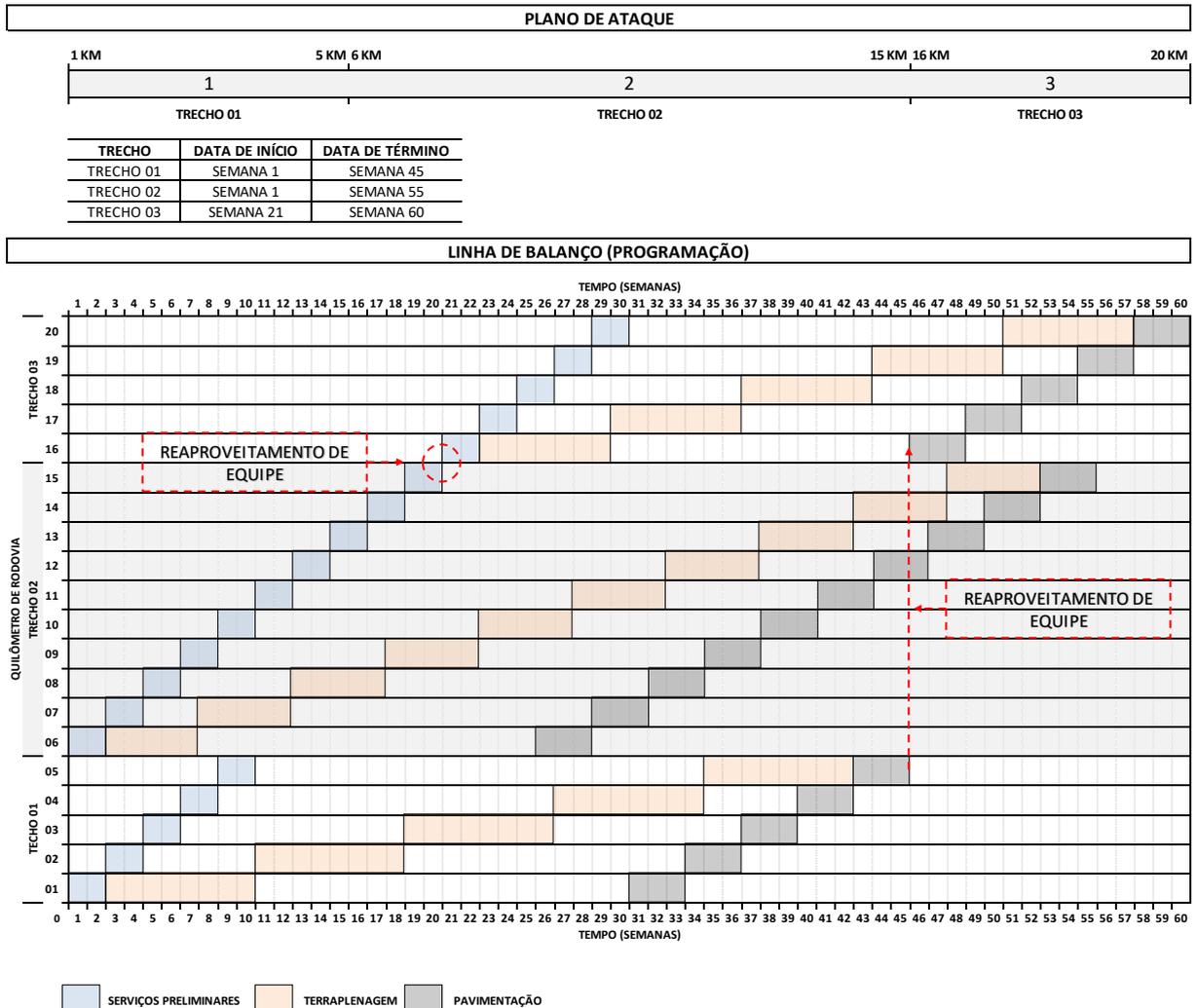


Figura 23 - Plano de ataque e Linha de Balanço fictícios de uma obra rodoviária. (Fonte: Próprio Autor)

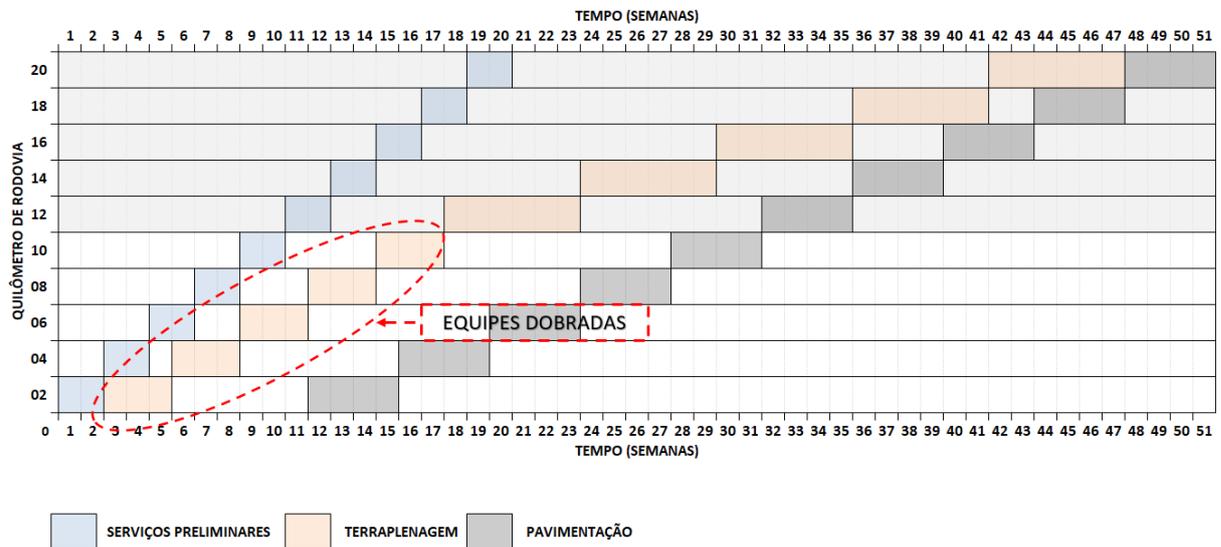
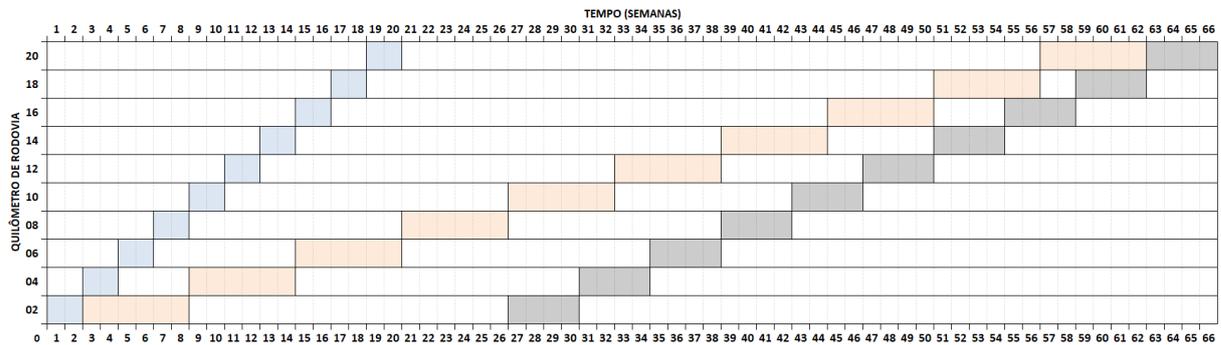
Analisando a Figura 23, é possível observar um plano de ataque onde é apresentada a segmentação em 3 trechos de uma obra rodoviária fictícia, onde é determinado a semana de início de término de trecho. Outro ponto importante a ser destacado é o reaproveitamento de equipes realizado pelo planejador na programação.

Concluindo esta etapa, o próximo passo da sistematização é a construção da Linha de Balanço utilizando os pacotes determinados com suas respectivas durações e seguindo o plano de ataque original ou algum outro proposto.

3.3 Traçado do gráfico da linha de balanço

Com os resultados obtidos, para cada tipo de projeto determinam-se as escalas adequadas e num gráfico plotam-se formas representativas do desenvolvimento das operações ao longo do tempo, ou seja, o gráfico da Linha de Balanço. Nesta etapa também é realizada a

determinação dos tamanhos das equipes, uma vez que os pacotes estando plotados fica de fácil visualização quais pacotes devem ser acelerados. Para a realização da aceleração do pacote com o acréscimo de recursos, tem que ser avaliado se o pacote dimensionado para aquela unidade básica comporta o aumento de equipes, pois se não comportar, é muito provável haver uma sobreposição de equipes durante a execução, o que ocasionará em perda de produtividade. Nas Figura 24 e Figura 25, pode ser observado uma programação fictícia e a mesma programação com a parte da atividade de terraplenagem acelerada, respectivamente.



A aceleração de uma ou mais atividades pode ser realizada com o intuito de finalizar uma obra mais cedo, adequar a programação a um determinado prazo contratual, realizar um reaproveitamento de equipes, entre outras finalidades.

Para ser utilizado em obra, o gráfico é transformado em uma planilha de posições e tempos. Esta planilha possui para cada equipe o seu posicionamento na obra e no tempo.

3.4 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada uma sistemática contendo as etapas para aplicação da técnica da Linha de Balanço em obra já planejadas com outras técnicas.

4 APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO NO PLANEJAMENTO DAS OBRAS DAS EMPRESAS A E B: ESTUDOS DE CASO

4.1 Geral

Neste capítulo serão descritos os dois estudos de caso que foram utilizados para demonstrar a aplicação da sistematização proposta da técnica de programação Linha de Balanço em planejamentos de obras rodoviárias. Esses estudos são sobre programações realizadas para a participação de concorrência de obras públicas, cedidas por duas grandes empresas de construção, que atuam fortemente na área de infraestrutura em todo o país, onde neste trabalho, por questões de privacidade, irá se referir a elas como empresas “A” e “B”.

Tem-se neste trabalho duas situações de programação distintas, onde no primeiro estudo de caso, realizado com os dados cedidos pela empresa “A”, foi possível identificar uma programação mais detalhada, uma vez que a empresa “A” teve acesso aos projetos básicos, o que lhe proporcionou mais informações para conseguir elaborar o seu planejamento. O segundo estudo, realizado com os dados cedidos pela empresa “B”, onde a concorrência foi em Regime Diferenciado de Contratação (RDC), foi observado uma programação menos detalhada, uma vez que no escopo da licitação, a empresa “B” seria responsável pela elaboração dos projetos para posteriormente executá-lo.

4.2 Estudo de caso da empresa “A”

O estudo de caso aqui tratado, se refere a reprogramação de um planejamento realizado para a participação de uma concorrência pública de uma obra de duplicação do quilometro 49 ao 165,40 da rodovia BR-163 situada no estado do Mato Grosso do Sul. O planejamento de longo prazo desta obra foi realizado utilizando a técnica de programação Tempo-caminho.

4.2.1 Características da obra

4.2.1.1 Escopo

A obra tem como escopo de construção os seguintes serviços: terraplenagem, camada final de terraplenagem, pavimentação, obra de arte corrente, drenagem superficial, desvio de tráfego, sinalização provisória de obra e demais serviços complementares.

4.2.1.2 Fora do escopo

Não estão incluídos no escopo a execução da capa asfáltica, sinalização horizontal e vertical, a implantação de defensas metálicas, contenções e dispositivos de segurança em concreto, revestimento vegetal com grama em placas, cercas e obras de artes especiais (OAE). Além disso, os materiais asfálticos (emulsão) e o cimento para base e sub-base serão fornecidos pela Contratante.

4.2.1.3 Prazo da obra

Prazo para execução total das obras: 1430 dias (3 anos e 11 meses) (à partir da Ordem de Serviço), com data de início 14/03/2016 e data de término 10/06/2019.

4.2.1.4 Configuração final da rodovia

A configuração final da rodovia terá: 4 Faixas de Rolamento (3,60m cada) + 2 Faixas de Segurança (0,60m) + 2 Acostamentos (2,50m cada). O Canteiro Central terá 9,00 m de largura;

4.2.1.5 Mapa de situação



Figura 26 - Mapa de situação do trecho a ser duplicado. (Fonte: Empresa “A”)

4.2.1.6 Resumo das quantidades dos serviços

Na Tabela 3 é possível observar os serviços a serem executados com suas respectivas quantidades.

Tabela 3 - Resumo das quantidades dos serviços a serem executados. (Fonte: Empresa "A")

Serviços	Quantidade	Unidade	Observações
Escavação	2.493.000,00	m ³	Terraplenagem + CFT
Aterro	1.972.000,00	m ³	Terraplenagem + CFT
Sub-base+Base	201.300,00	m ³	Estab. Granul. Sem Mistura
Sub-base+Base	460.000,00	m ³	Melhorado com Cimento
Imprimação	2.885.000,00	m ²	
TSS	1.096.000,00	m ²	Terraplenagem + CFT
BSTC	4.620,00	m	Ø 0,80m / 1,20m / 1,50m
Sarjeta Concreto	33.132,00	m	
Sarjeta Grama	90.587,00	m	
Valeta Concreto	47.900,00	m	

4.2.2 Planejamento realizado pela empresa "A"

Apesar de a programação da obra ser realizada utilizando a técnica Tempo-Caminho, a empresa "A" também o elabora em Gantt, onde para esta é utilizado o *software* Primavera. A visualização do planejamento em Tempo-Caminho pode ser observada na Figura 27 a qual apresenta uma visão geral da execução, tendo o Tempo representado no eixo vertical e Distância representada no eixo horizontal, e a primeira folha do planejamento em Gantt encontra-se ilustrada na Figura 28, e a apresentação completa no APÊNDICE 1.

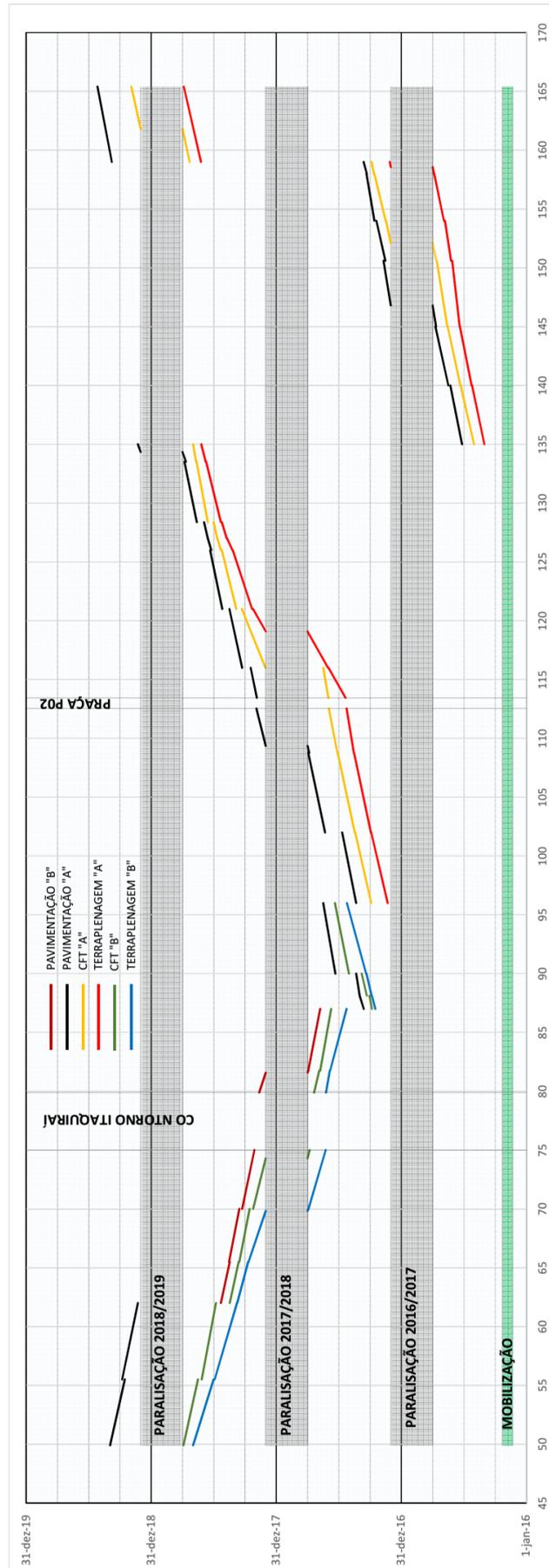


Figura 27 - Programação em Tempo-caminho. (Fonte: Empresa "A")

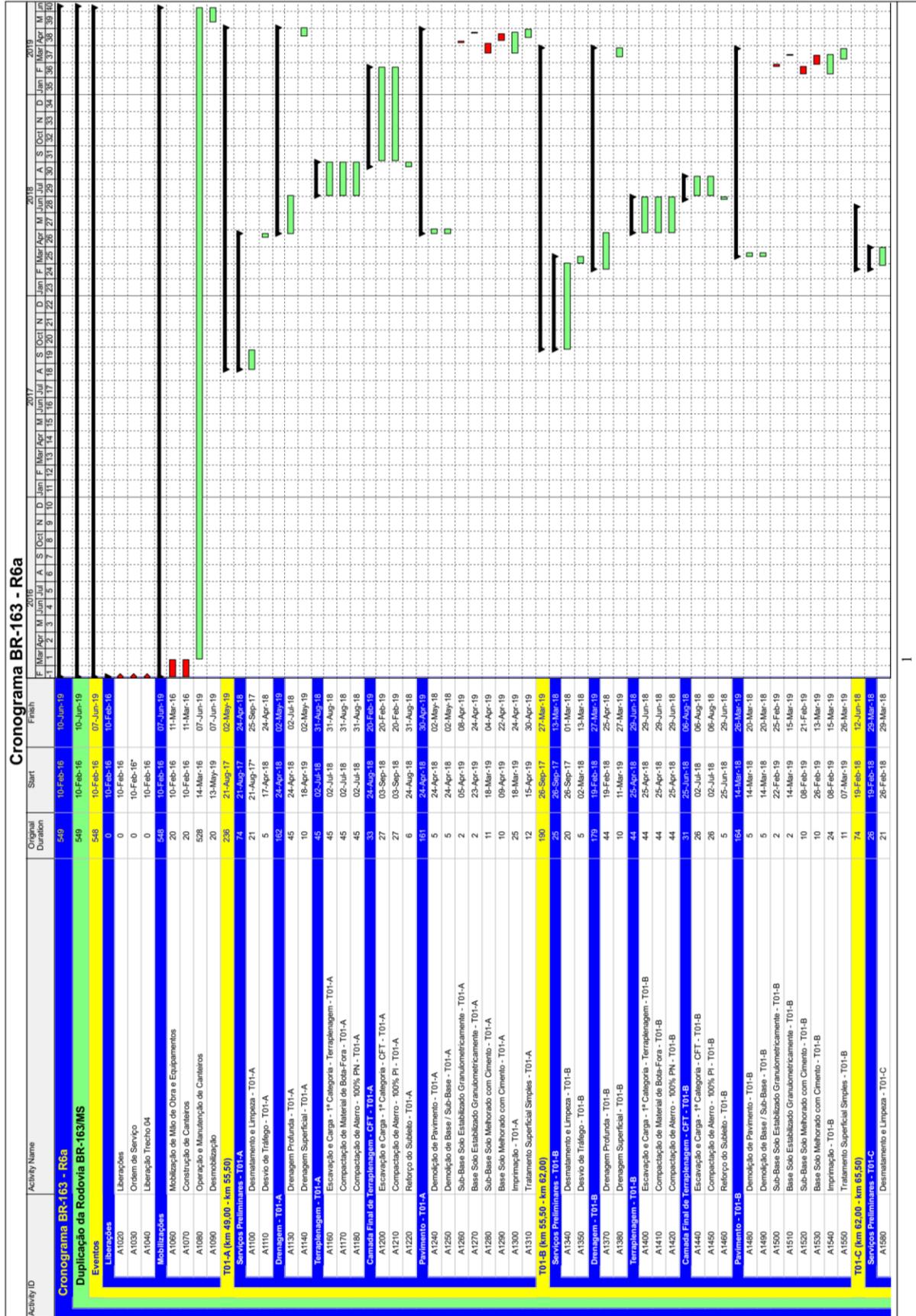


Figura 28 - Folha 1 do planejamento em Gantt elaborado pela empresa “A”. (Fonte: Empresa “A”)

4.2.3 Aplicação da sistematização ao planejamento da empresa “A”

Para a aplicação da sistematização, proposta neste trabalho, ao planejamento da empresa “A”, foram feitas algumas considerações iniciais para que assim fosse possível a realização de uma comparação justa ao final do trabalho, uma vez que a reprogramação aqui proposta é basicamente uma reorganização do planejamento inicial, sendo assim, vale salientar que as durações das atividades e a rede de precedência foram preservadas tal qual o planejamento original.

4.2.3.1 Elaboração da linha de balanço do planejamento original e identificação das operações envolvidas

Nesta primeira etapa, foi realizada a montagem da Linha de Balanço do planejamento com base no Gantt fornecido pela empresa “A”. Com isso foi possível visualizar a execução como um todo e poder começar a identificar possíveis pontos de melhoria. As atividades e suas respectivas cores são apresentadas na Figura 29 e a linha de balanço elaborada com base no planejamento original pode ser observada na Figura 30 e no APÊNDICE 2.

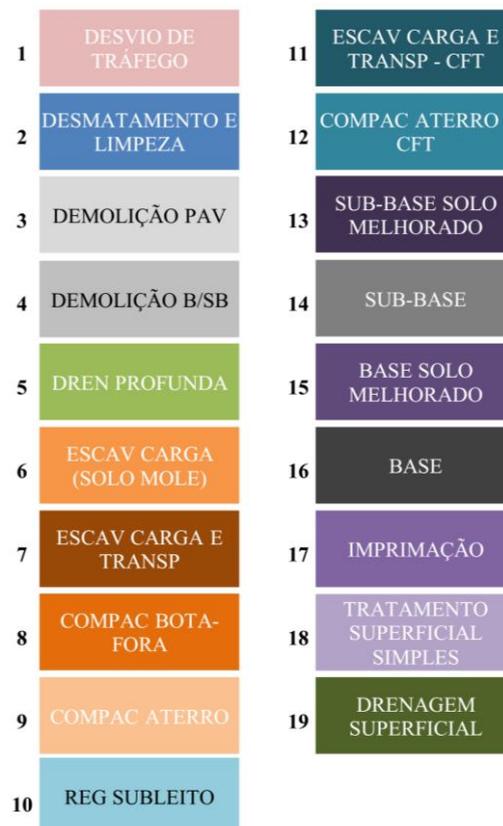


Figura 29 - Atividades contidas no planejamento original da empresa “A”. (Fonte: Próprio Autor)

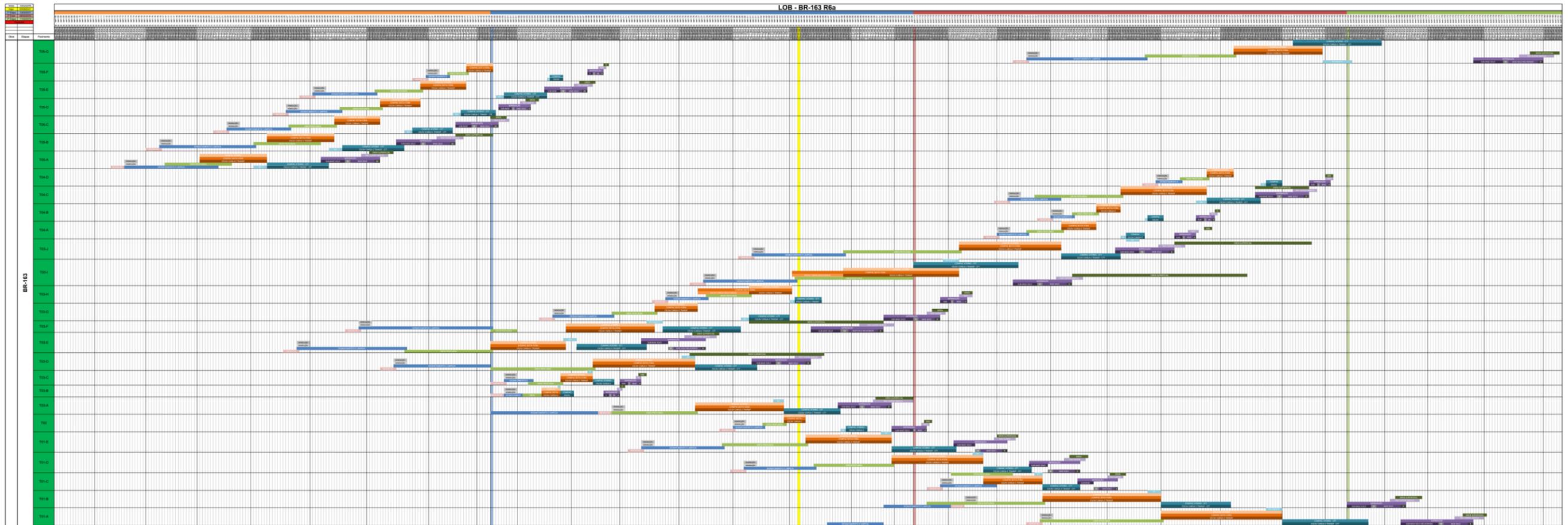
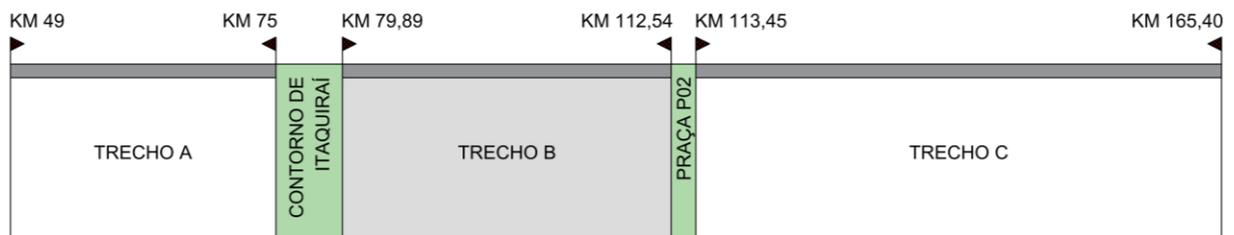


Figura 30 - Linha de balanço do planejamento original da empresa "A". (Fonte: Próprio Autor)

4.2.3.2 Identificação da estratégia de ataque e interferências

Depois de montar a linha de balanço do planejamento original com suas atividades e respectivas durações, foi proposta uma nova configuração para a programação da execução com base no plano de ataque identificado na programação original

Devido a existência de 2 segmentos onde não há previsão de execução de serviços no projeto original, que seriam o Contorno de Itaquiraí e a Praça P02, foi proposto uma segmentação da execução em três trechos denominados de trechos A, B e C. A proposta aqui feita não difere muito da original, contudo fazê-la é de grande importância para as etapas seguintes. A segmentação proposta pode ser observada na Figura 31.



O NOVO TRECHO DENOMINADO DE "A" COMPREENDE OS TRECHOS T01-A, T01-B, T01-C, T01-D E T01-E DA PROGRAMAÇÃO ORIGINAL

O NOVO TRECHO DENOMINADO DE "B" COMPREENDE OS TRECHOS T02, T03-A, T03-B, T03-C, T03-D, T03-E, T03-F E T03-G DA PROGRAMAÇÃO ORIGINAL

O NOVO TRECHO DENOMINADO DE "C" COMPREENDE OS TRECHOS T03-H, T03-I, T03-J, T04-A, T04-B, T04-C, T04-D, T05-A, T05-B, T05-C, T05-D, T05-E, T05-F E T05-G DA PROGRAMAÇÃO ORIGINAL

Figura 31 - Nova segmentação proposta dos Trechos. (Fonte: Próprio Autor)

4.2.3.3 Identificação da rede de precedência

Uma vez feita a Linha de Balanço com base nas informações do planejamento original, segue-se para a identificação da rede de precedência determinada pela empresa "A". Essa etapa é de grande importância, pois ela permite uma visão do sequenciamento das atividades existentes na programação. A rede de precedência do planejamento da obra aqui em questão pode ser visualizada na Figura 32.

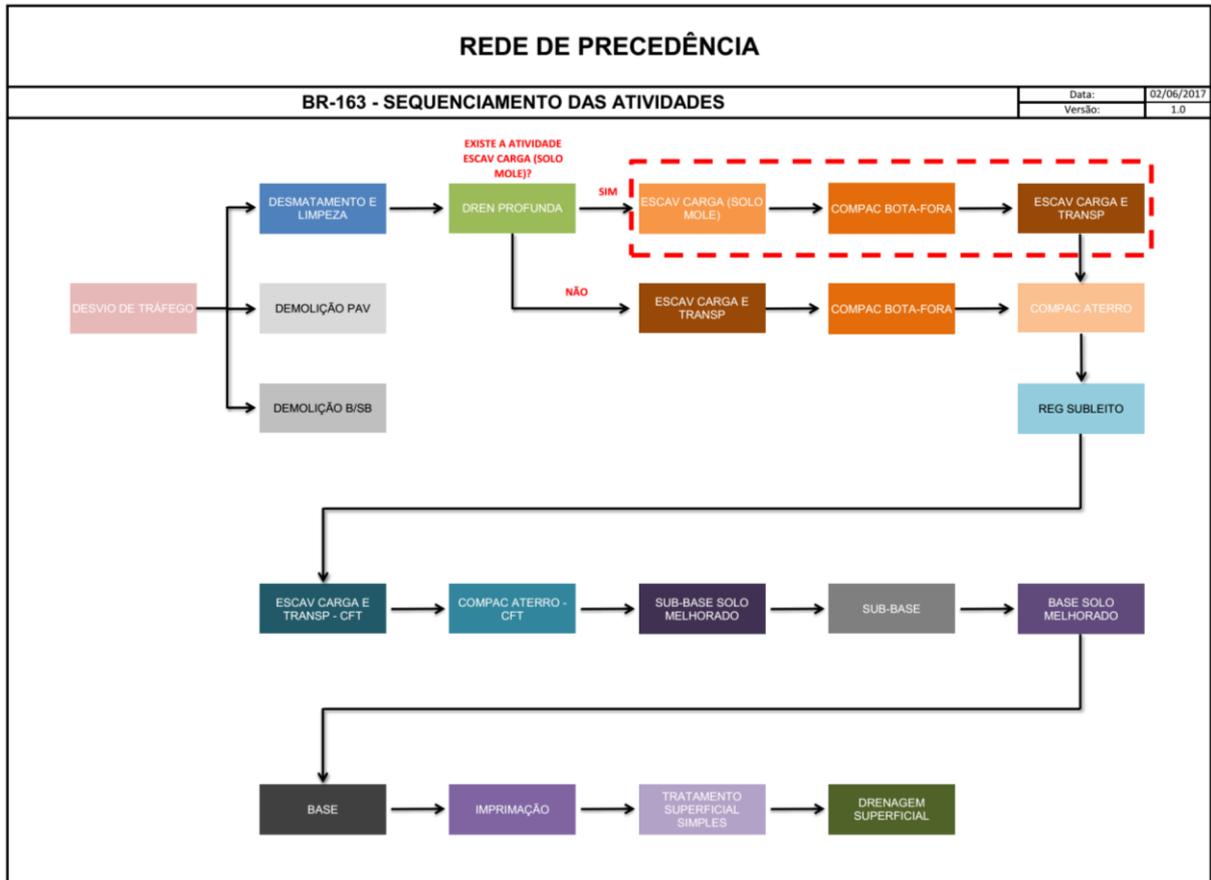


Figura 32 - Rede de precedência identificada do planejamento original. (Fonte: Próprio Autor)

4.2.3.4 Determinação da unidade básica e das durações das atividades

Uma vez que proposta uma nova configuração para a divisão dos trechos, apresentando na subseção 4.2.3.2, foi estudado uma segmentação em subtrechos de mesma dimensão. As disposições dos subtrechos do planejamento original e da proposta podem ser observados nas Figura 33 e Figura 34 respectivamente.

TRECHOS	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)	TRECHOS	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)	TRECHOS	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)
T01-A	49,00	55,50	6,50	T03-D	90,00	96,00	6,00	T04-C	128,38	133,52	5,14
T01-B	55,50	62,00	6,50	T03-E	96,00	102,00	6,00	T04-D	133,52	135,00	1,48
T01-C	62,00	65,50	3,50	T03-F	102,00	108,77	6,77	T05-A	135,00	141,00	6,00
T01-D	65,50	70,00	4,50	T03-G	108,77	112,54	3,77	T05-B	141,00	147,00	6,00
T01-E	70,00	75,00	5,00	T03-H	113,45	116,00	2,55	T05-C	147,00	150,60	3,60
T02	79,89	81,75	1,86	T03-I	116,00	121,00	5,00	T05-D	150,60	154,00	3,40
T03-A	81,75	87,00	5,25	T03-J	121,00	126,00	5,00	T05-E	154,00	158,00	4,00
T03-B	87,00	88,12	1,12	T04-A	126,00	127,00	1,00	T05-F	158,00	159,00	1,00
T03-C	88,12	90,00	1,88	T04-B	127,00	128,38	1,38	T05-G	159,00	165,40	6,40

Figura 33 - Segmentos do planejamento original. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO A	TRECHOS	INÍCIO	FIM	EXTENSÃO	TRECHO B	TRECHOS	INÍCIO	FIM	EXTENSÃO	TRECHO C	TRECHOS	INÍCIO	FIM	EXTENSÃO
		(km)	(km)	(km)			(km)	(km)	(km)			(km)	(km)	(km)
	TA-01	49,00	51,00	2,00		TB-01	79,89	81,89	2,00		TC-01	113,45	115,45	2,00
	TA-02	51,00	53,00	2,00		TB-02	81,89	83,89	2,00		TC-02	115,45	117,45	2,00
	TA-03	53,00	55,00	2,00		TB-03	83,89	85,89	2,00		TC-03	117,45	119,45	2,00
	TA-04	55,00	57,00	2,00		TB-04	85,89	87,89	2,00		TC-04	119,45	121,45	2,00
	TA-05	57,00	59,00	2,00		TB-05	87,89	89,89	2,00		TC-05	121,45	123,45	2,00
	TA-06	59,00	61,00	2,00		TB-06	89,89	91,89	2,00		TC-06	123,45	125,45	2,00
	TA-07	61,00	63,00	2,00		TB-07	91,89	93,89	2,00		TC-07	125,45	127,45	2,00
	TA-08	63,00	65,00	2,00		TB-08	93,89	95,89	2,00		TC-08	127,45	129,45	2,00
	TA-09	65,00	67,00	2,00		TB-09	95,89	97,89	2,00		TC-09	129,45	131,45	2,00
	TA-10	67,00	69,00	2,00		TB-10	97,89	99,89	2,00		TC-10	131,45	133,45	2,00
	TA-11	69,00	71,00	2,00		TB-11	99,89	101,89	2,00		TC-11	133,45	135,45	2,00
	TA-12	71,00	73,00	2,00		TB-12	101,89	103,89	2,00		TC-12	135,45	137,45	2,00
	TA-13	73,00	75,00	2,00		TB-13	103,89	105,89	2,00		TC-13	137,45	139,45	2,00
						TB-14	105,89	107,89	2,00		TC-14	139,45	141,45	2,00
						TB-15	107,89	109,89	2,00		TC-15	141,45	143,45	2,00
						TB-16	109,89	112,54	2,65		TC-16	143,45	145,45	2,00
											TC-17	145,45	147,45	2,00
											TC-18	147,45	149,45	2,00
											TC-19	149,45	151,45	2,00
											TC-20	151,45	153,45	2,00
											TC-21	153,45	155,45	2,00
											TC-22	155,45	157,45	2,00
											TC-23	157,45	159,45	2,00
											TC-24	159,45	161,45	2,00
											TC-25	161,45	163,45	2,00
											TC-26	163,45	165,40	1,95

Figura 34 - Segmentação proposta. (Fonte: Próprio Autor)

Devido a nova segmentação, vista na Figura 34, para o eixo vertical da Linha de Balanço, foi necessário encontrar as novas durações das atividades para cada unidade básica estabelecida, que neste trabalho a dimensão adotada foi de dois quilômetros. Nesta etapa foram feitas as seguintes considerações:

- todos os subtrechos de 2 quilômetros teriam a mesma quantidade de serviços;
- os subtrechos TB-16 e TC-26, Figura 34, apesar de terem dimensões diferentes, foram considerados para determinação das durações das atividades como de tamanho equivalente aos demais;
- no processo de determinar as novas durações das atividades, foram realizados arredondamentos dos valores encontrados, assim não permitindo ter durações com casas decimais; e
- a soma das durações de todas as atividades da nova programação deveria ser maior ou igual a soma das durações da programação original, assim evitando distorções durante a análise comparativa.

O estudo das durações das atividades pode ser observado para o trecho A na Tabela 4, para o trecho B na Tabela 5 e para o trecho C na Tabela 6, elaboradas a partir das durações estabelecidas na programação oriunda da empresa “A”.

Tabela 4 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHOS	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)	(1) DESVIO	(2) DESMATA MENTO	(3) DEMOLI ÇÃO PAV	(4) DEMOLI ÇÃO BASE/SB	(5) DREN PROFUND A	(6) ESC CARGA E TRANS SOLO MOLE	(7) ESC CARGA E TRANS	(8) COMPAC BOTA-FORA	(9) COMPAC ATERRO	(10) REGULARIZ AÇÃO DE SUBLEITO	(11) ESC CARGA E TRANS CFT	(12) COMPAC ATERRO CFT	(13) SUB-BASE CIMENT O	(14) SUB-BASE CIMENT O	(15) BASE + CIMENT O	(16) BASE	(17) IMP	(18) TSS	(19) DREN SUPERFIC IAL
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) =>																						
TA-01	49,00	51,00	2,00	29,00 dias	125,00 dias	25,00 dias	25,00 dias	175,00 dias	177,00 dias	177,00 dias	177,00 dias	177,00 dias	22,00 dias	114,00 dias	114,00 dias	44,00 dias	10,00 dias	40,00 dias	9,00 dias	103,00 dias	44,00 dias	41,00 dias
TA-02	51,00	53,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-03	53,00	55,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-04	55,00	57,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-05	57,00	59,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-06	59,00	61,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-07	61,00	63,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-08	63,00	65,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-09	65,00	67,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-10	67,00	69,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-11	69,00	71,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-12	71,00	73,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
TA-13	73,00	75,00	2,00	2,23 dias	9,62 dias	1,92 dias	1,92 dias	13,46 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	13,62 dias	1,69 dias	8,77 dias	8,77 dias	3,38 dias	0,77 dias	3,08 dias	0,69 dias	7,92 dias	3,38 dias	3,15 dias
DURAÇÕES ESTABELECIDAS PARA CADA ATIVIDADE =>				2,00 dias	10,00 dias	2,00 dias	2,00 dias	13,00 dias	14,00 dias	14,00 dias	14,00 dias	14,00 dias	2,00 dias	9,00 dias	9,00 dias	3,00 dias	1,00 dias	3,00 dias	1,00 dias	8,00 dias	3,00 dias	3,00 dias

Tabela 5 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHOS	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)	(1) DESVIO	(2) DESMATA MENTO	(3) DEMOLI ÇÃO PAV	(4) DEMOLI ÇÃO BASESB	(5) DREN PROFUND A	(6) ESC CARGA ETRANS SOLO MOLE	(7) ESC CARGA ETRANS	(8) COMPAC BOTA-FORA	(9) COMPAC ATERRO	(10) REGULARIZ AÇÃO DE SUBLEITO	(11) ESC TRANS CFT	(12) COMPAC ATERRO CFT	(13) SUB-BASE+ CIMENTO	(14) SUB-BASE+ CIMENTO	(15) BASE+ CIMENTO	(16) BASE IMP	(17) TSS	(18) DREN SUPERFICIAL	
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) =>				46,00 dias	220,00 dias	40,00 dias	40,00 dias	160,00 dias	175,00 dias	175,00 dias	175,00 dias	175,00 dias	28,00 dias	135,00 dias	135,00 dias	62,00 dias	14,00 dias	52,00 dias	13,00 dias	141,00 dias	64,00 dias	138,00 dias
TB-01	79,89	81,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-02	81,89	83,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-03	83,89	85,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-04	85,89	87,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-05	87,89	89,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-06	89,89	91,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-07	91,89	93,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-08	93,89	95,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-09	95,89	97,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-10	97,89	99,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-11	99,89	101,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-12	101,89	103,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-13	103,89	105,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-14	105,89	107,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-15	107,89	109,89	2,00	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
TB-16	109,89	112,54	2,65	2,82 dias	13,48 dias	2,45 dias	2,45 dias	9,80 dias		10,72 dias	10,72 dias	10,72 dias	1,72 dias	8,27 dias	8,27 dias	3,80 dias	0,86 dias	3,19 dias	0,80 dias	8,64 dias	3,92 dias	8,45 dias
DURAÇÕES ESTABELECIDAS PARA CADA ATIVIDADE =>				3,00 dias	14,00 dias	3,00 dias	3,00 dias	10,00 dias	11,00 dias	11,00 dias	11,00 dias	11,00 dias	2,00 dias	8,00 dias	8,00 dias	4,00 dias	1,00 dias	3,00 dias	1,00 dias	9,00 dias	4,00 dias	9,00 dias

Tabela 6 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho C. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHOS	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)	(1) DESVIO	(2) DESMATA MENTO	(3) DEMOLIÇÃO PAV	(4) DEMOLIÇÃO BASES/B	(5) DREN PROFUND A	(6) ESC CARGA E TRANS SOLO MOLE	(7) ESC CARGA E TRANS	(8) COMPAC BOTA-FORA	(9) COMPAC ATERRO	(10) COMPAC REGULARIZ AÇÃO DE SUBLEITO	(11) ESC CARGA E TRANS CFT	(12) COMPAC ATERRO CFT	(13) SUB-BASE + CIMENT O	(14) SUB-BASE + CIMENT O	(15) BASE + CIMENT O	(16) BASE	(17) IMP	(18) TSS	(19) DREN SUPERFICIAL
SOMATORIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) =>				84,00 dias	331,00 dias	70,00 dias	70,00 dias	317,00 dias	38,00 dias	301,00 dias	301,00 dias	301,00 dias	53,00 dias	238,00 dias	87,00 dias	22,00 dias	86,00 dias	22,00 dias	217,00 dias	100,00 dias	201,00 dias	
TC-01	113,45	115,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias	9,50 dias	11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-02	115,45	117,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias	9,50 dias	11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-03	117,45	119,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias	9,50 dias	11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-04	119,45	121,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias	9,50 dias	11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-05	121,45	123,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-06	123,45	125,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-07	125,45	127,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-08	127,45	129,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-09	129,45	131,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-10	131,45	133,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-11	133,45	135,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-12	135,45	137,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-13	137,45	139,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-14	139,45	141,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-15	141,45	143,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-16	143,45	145,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-17	145,45	147,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-18	147,45	149,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-19	149,45	151,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-20	151,45	153,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-21	153,45	155,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-22	155,45	157,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-23	157,45	159,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-24	159,45	161,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-25	161,45	163,45	2,00	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
TC-26	163,45	165,40	1,95	3,23 dias	12,74 dias	2,69 dias	2,69 dias	12,20 dias		11,59 dias	11,59 dias	11,59 dias	2,04 dias	9,16 dias	9,16 dias	3,35 dias	0,85 dias	3,31 dias	0,85 dias	8,35 dias	3,85 dias	7,74 dias
DURAÇÕES ESTABELECIDAS PARA CADA ATIVIDADE =>				3,00 dias	13,00 dias	3,00 dias	3,00 dias	12,00 dias	10,00 dias	12,00 dias	12,00 dias	12,00 dias	2,00 dias	9,00 dias	9,00 dias	3,00 dias	1,00 dias	3,00 dias	1,00 dias	8,00 dias	4,00 dias	8,00 dias

4.2.3.5 Pacotização das Atividades

Depois de encontrada as durações das atividades para o novo dimensionamento dos trechos, foi realizado o estudo das atividades que poderiam ser trabalhadas pela mesma equipe. O resultado desta etapa pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Pacotização das atividades. (Fonte: Próprio Autor)

PACOTIZAÇÃO	
PACOTE 01	PACOTE 03 + SOLO MOLE
DESVIO DE TRÁFEGO	ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE SOLO MOLE
DESMATAMENTO E LIMPEZA	ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE
DEMOLIÇÃO PAVIMENTAÇÃO	COMPACTAÇÃO BOTA-FORA
DEMOLIÇÃO BASE/SUB-BASE	COMPACTAÇÃO ATERRO
	REGULARIZAÇÃO DE SUBLEITO
PACOTE 02	ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE CFT
DRENAGEM PROFUNDA	COMPACTAÇÃO ATERRO CFT
PACOTE 03	PACOTE 04
ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE	SUB-BASE + CIMENTO
COMPACTAÇÃO BOTA-FORA	SUB-BASE
COMPACTAÇÃO ATERRO	BASE + CIMENTO
REGULARIZAÇÃO DE SUBLEITO	BASE
ESCAVAÇÃO CARGA E TRANSPORTE CFT	IMPRIMAÇÃO
COMPACTAÇÃO ATERRO CFT	
	PACOTE 05
	TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES
	PACOTE 06
	DRENAGEM SUPERFICIAL

4.2.3.6 Balanceamento das atividades e dimensionamento das equipes

Com os pacotes definidos, foi possível encontrar as durações de cada pacote para cada um dos três trechos. As durações para cada pacote dos trechos A, B e C, podem ser observadas nas Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 8 - Duração dos pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO A			
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 13 SEGMENTOS
PACOTE 01	11,85 dias	12,00 dias	156,00 dias
PACOTE 02	13,46 dias	13,00 dias	169,00 dias
PACOTE 03	22,38 dias	22,00 dias	286,00 dias
PACOTE 04	7,92 dias	8,00 dias	104,00 dias
PACOTE 05	3,38 dias	3,00 dias	39,00 dias
PACOTE 06	3,15 dias	3,00 dias	39,00 dias

Tabela 9 - Duração dos pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO B			
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 16 SEGMENTOS
PACOTE 01	16,29 dias	16,00 dias	256,00 dias
PACOTE 02	9,80 dias	10,00 dias	160,00 dias
PACOTE 03	18,99 dias	19,00 dias	304,00 dias
PACOTE 04	8,64 dias	9,00 dias	144,00 dias
PACOTE 05	3,92 dias	4,00 dias	64,00 dias
PACOTE 06	8,45 dias	8,00 dias	128,00 dias

Tabela 10 - Duração dos pacotes do trecho C. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO C			
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 26 SEGMENTOS
PACOTE 01	15,98 dias	16,00 dias	416,00 dias
PACOTE 02	12,20 dias	12,00 dias	312,00 dias
PACOTE 03	20,75 dias	21,00 dias	546,00 dias
PACOTE 03+SM	30,25 dias	30,00 dias	120,00 dias
		(3) x 4 SEGMENTOS	
PACOTE 04	8,35 dias	8,00 dias	208,00 dias
PACOTE 05	3,85 dias	4,00 dias	104,00 dias
PACOTE 06	7,74 dias	8,00 dias	208,00 dias

Com as durações dos pacotes estabelecidas, foi iniciado o processo de balanceamento das atividades. Nesse processo são realizados ajustes nas durações das atividades com o intuito de trabalhar com durações que possuam um multiplicador em comum, os ajustes foram realizados de forma consciente, de tal maneira que se acredita que não haverá grandes implicações na execução dos serviços. O resultado do balanceamento pode ser observado na coluna 5 das Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13, para os trechos A, B e C respectivamente.

Tabela 11 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

BALANCEAMENTO TRECHO A					
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 13 SEGMENTOS	(4) FATOR UTILIZADO	(5) BALANCEAMENTO - x4 (3) + (4)
PACOTE 01	11,85 dias	12,00 dias	156,00 dias	0	12,00 dias
PACOTE 02	13,46 dias	13,00 dias	169,00 dias	-1	12,00 dias
PACOTE 03	22,38 dias	22,00 dias	286,00 dias	2	24,00 dias
PACOTE 04	7,92 dias	8,00 dias	104,00 dias	0	8,00 dias
PACOTE 05	3,38 dias	3,00 dias	39,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 06	3,15 dias	3,00 dias	39,00 dias	1	4,00 dias

Tabela 12 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

BALANCEAMENTO TRECHO B					
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 16 SEGMENTOS	(4) FATOR UTILIZADO	(5) BALANCEAMENTO - x4 (3) + (4)
PACOTE 01	16,29 dias	16,00 dias	256,00 dias	0	16,00 dias
PACOTE 02	9,80 dias	10,00 dias	160,00 dias	2	12,00 dias
PACOTE 03	18,99 dias	19,00 dias	304,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 04	8,64 dias	9,00 dias	144,00 dias	-1	8,00 dias
PACOTE 05	3,92 dias	4,00 dias	64,00 dias	0	4,00 dias
PACOTE 06	8,45 dias	8,00 dias	128,00 dias	0	8,00 dias

Tabela 13 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho C. (Fonte: Próprio Autor)

BALANCEAMENTO TRECHO C					
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 26 SEGMENTOS	(4) FATOR UTILIZADO	(5) BALANCEAMENTO - x4 (3) + (4)
PACOTE 01	15,98 dias	16,00 dias	416,00 dias	0	16,00 dias
PACOTE 02	12,20 dias	12,00 dias	312,00 dias	0	12,00 dias
PACOTE 03	20,75 dias	21,00 dias	546,00 dias	-1	20,00 dias
PACOTE 03+SM	30,25 dias	30,00 dias	120,00 dias	2	32,00 dias
		(3) x 4 SEGMENTOS	↑		
PACOTE 04	8,35 dias	8,00 dias	208,00 dias	0	8,00 dias
PACOTE 05	3,85 dias	4,00 dias	104,00 dias	0	4,00 dias
PACOTE 06	7,74 dias	8,00 dias	208,00 dias	0	8,00 dias

Depois de se obter as durações balanceadas dos pacotes, é realizado o dimensionamento das equipes com o objetivo de encontrar um ritmo em comum. As equipes para encontradas para os pacotes dos trechos A, B e C são apresentadas nas Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16.

Tabela 14 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

EQUIPES TRECHO A				
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO APÓS BALANCEAMENTO	(3) (3) x 13 SEGMENTOS	(4) EQUIPES	(5) DURAÇÃO DO PACOTE ACCELERADO COM ACRÉSCIMO DE EQUIPES
PACOTE 01	12,00 dias	156,00 dias	1	12,00 dias
PACOTE 02	12,00 dias	156,00 dias	1	12,00 dias
PACOTE 03	24,00 dias	312,00 dias	2	12,00 dias
PACOTE 04	8,00 dias	104,00 dias	1	8,00 dias
PACOTE 05	4,00 dias	52,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 06	4,00 dias	52,00 dias	1	4,00 dias
TOTAL		832,00 dias		

Tabela 15 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

EQUIPES TRECHO B				
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO APÓS BALANCEAMENTO	(3) x 16 SEGMENTOS	(4) EQUIPES	(5) DURAÇÃO DO PACOTE ACCELERADO COM ACRÉSCIMO DE EQUIPES
PACOTE 01	16,00 dias	256,00 dias	1	16,00 dias
PACOTE 02	12,00 dias	160,00 dias	1	12,00 dias
PACOTE 03	20,00 dias	304,00 dias	2	10,00 dias
PACOTE 04	8,00 dias	144,00 dias	1	8,00 dias
PACOTE 05	4,00 dias	64,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 06	8,00 dias	128,00 dias	2	4,00 dias
TOTAL		1056,00 dias		

Tabela 16 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho C. (Fonte: Próprio Autor)

EQUIPES TRECHO C				
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO APÓS BALANCEAMENTO	(3) x 26 SEGMENTOS	(4) EQUIPES	(5) DURAÇÃO DO PACOTE ACCELERADO COM ACRÉSCIMO DE EQUIPES
PACOTE 01	16,00 dias	416,00 dias	1	16,00 dias
PACOTE 02	12,00 dias	312,00 dias	1	12,00 dias
PACOTE 03	20,00 dias	546,00 dias	2	10,00 dias
PACOTE 03+SM	32,00 dias	128,00 dias	2	16,00 dias
	(3) x 4 SEGMENTOS	↑		
PACOTE 04	8,00 dias	208,00 dias	1	8,00 dias
PACOTE 05	4,00 dias	104,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 06	8,00 dias	208,00 dias	2	4,00 dias
TOTAL		1922,00 dias		

4.2.3.7 Linha de Balanço Balanceada

Com as durações dos pacotes obtidas na coluna 5 das Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13 e a definição da representação gráfica dos pacotes na Figura 35, foi possível elaborar a nova programação da linha de balanço da Figura 36, para os respectivos trechos A, B e C.

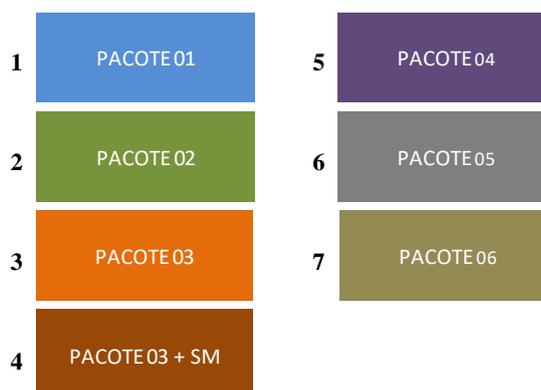


Figura 35 - Pacotes utilizados na nova Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)

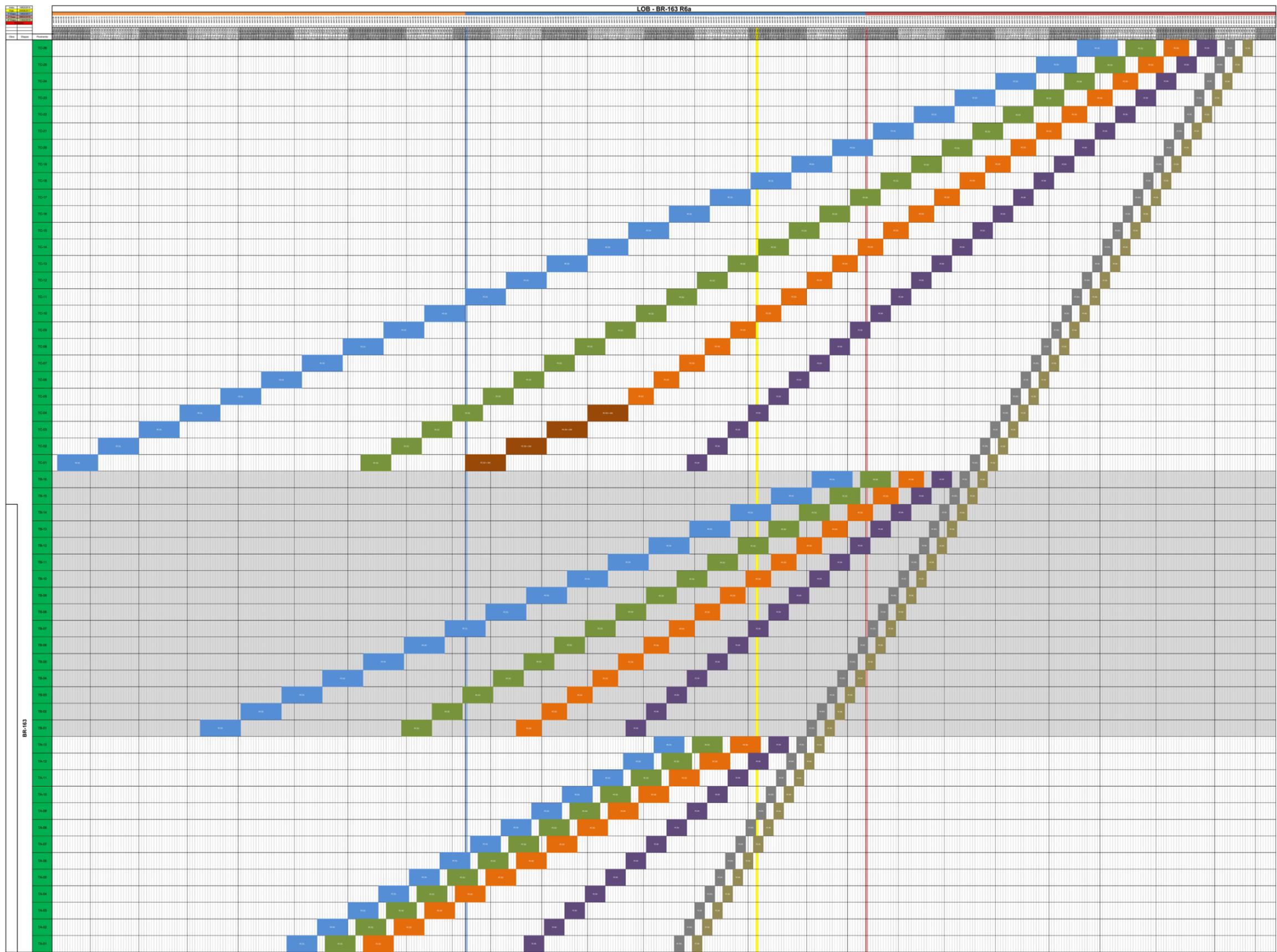


Figura 36 - Linha de Balanço depois do balanceamento dos pacotes. (Fonte: Próprio Autor)

4.2.4 Comparação entre as programações

Devido à falta de mais informações, não foi possível avaliar ganhos financeiros, sendo assim a comparação entre as duas programações fica restrita ao tempo de execução e ao uso das equipes (recursos), o que não diminui a importância dos ganhos que neste trabalho serão apresentados.

4.2.4.1 Apresentação das durações

Nessa subseção será apresentada as durações das atividades da programação original e a programação proposta, também serão apresentados as durações dos pacotes e a folga existente entre o planejamento base e o proposto. As durações das atividades e pacotes, as durações totais e a contabilização de folga relativos aos dois planejamentos citados, para os trechos A, B e C, podem ser observados nas Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19.

Tabela 17 - Duração de atividades e pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

Pacotes	Atividades	(1)	(2)	(3)	
		Dias de execução da programação original por atividade	Dias de execução da programação proposta por atividade	Dias de execução da programação proposta balanceada por pacotes	
Pacote 01	Desvio de tráfego	29,00 dias	26,00 dias	156,00 dias	
	Desmatamento e limpeza	125,00 dias	130,00 dias		
	Demolição pavimento	25,00 dias	26,00 dias		
	Demolição base/sub-base	25,00 dias	26,00 dias		
Pacote 02	Drenagem profunda	175,00 dias	169,00 dias	156,00 dias	
Pacote 03 +SM	Escavação, carga e transporte solo mole			312,00 dias	
	Pacote 03	Escavação, carga e transporte	177,00 dias		182,00 dias
		Compactação bota-fora	177,00 dias		182,00 dias
	Compactação aterro	177,00 dias	182,00 dias		
	Regularização de subleito	22,00 dias	26,00 dias		
	Escavação, carga e transporte CFT	114,00 dias	117,00 dias		
	Compactação aterro CFT	114,00 dias	117,00 dias		
Pacote 04	Sub-base + cimento	44,00 dias	39,00 dias	104,00 dias	
	Sub-base	10,00 dias	13,00 dias		
	Base + cimento	40,00 dias	39,00 dias		
	Base	9,00 dias	13,00 dias		
	Imprimação	103,00 dias	104,00 dias		
Pacote 05	Tratamento superficial simples	44,00 dias	39,00 dias	52,00 dias	
Pacote 06	Drenagem superficial	41,00 dias	39,00 dias	52,00 dias	
		(4)	(5)	(6)	
		Duração total do planejamento original	Duração total da reprogramação	Duração total Reprogramação Balanceada	
Somatório das durações		808,00 dias	806,00 dias	832,00 dias	
Folga (6) - (4)				24,00 dias	

As atividades indicadas com cor são as atividades críticas que formam as durações dos pacotes.

Tabela 18 - Duração de atividades e pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

	Pacotes	Atividades	(1)	(2)	(3)	
			Dias de execução da programação original por atividade	Dias de execução da programação proposta por atividade	Dias de execução da programação proposta balanceada por pacotes	
Trecho B	Pacote 01	Desvio de tráfego	46,00 dias	48,00 dias	256,00 dias	
		Desmatamento e limpeza	220,00 dias	224,00 dias		
		Demolição pavimento	40,00 dias	48,00 dias		
		Demolição base/sub-base	40,00 dias	48,00 dias		
	Pacote 02	Drenagem profunda	160,00 dias	160,00 dias	192,00 dias	
	Pacote 03 +SM	Pacote 03	Escavação, carga e transporte solo mole			320,00 dias
			Escavação, carga e transporte	175,00 dias	176,00 dias	
	Compactação bota-fora		175,00 dias	176,00 dias		
	Compactação aterro		175,00 dias	176,00 dias		
	Regularização de subleito		28,00 dias	32,00 dias		
	Escavação, carga e transporte CFT		135,00 dias	128,00 dias		
	Compactação aterro CFT		135,00 dias	128,00 dias		
	Pacote 04		Sub-base + cimento	62,00 dias	64,00 dias	
		Sub-base	14,00 dias	16,00 dias		
		Base + cimento	52,00 dias	48,00 dias		
		Base	13,00 dias	16,00 dias		
		Imprimação	141,00 dias	144,00 dias		
	Pacote 05	Tratamento superficial simples	64,00 dias	64,00 dias	64,00 dias	
Pacote 06	Drenagem superficial	138,00 dias	144,00 dias	128,00 dias		
As atividades indicadas com cor são as atividades críticas que formam as durações dos pacotes.						
			(4) Duração total do planejamento original	(5) Duração total da reprogramação	(6) Duração total Reprogramação Balanceada	
Somatório das durações			1079,00 dias	1088,00 dias	1088,00 dias	
Folga (6) - (4)					9,00 dias	

Tabela 19 - Duração de atividades e pacotes do trecho C. (Fonte: Próprio Autor)

	Pacotes	Atividades	(1)	(2)	(3)	
			Dias de execução da programação original por atividade	Dias de execução da programação proposta por atividade	Dias de execução da programação proposta balanceada por pacotes	
Trecho C	Pacote 01	Desvio de tráfego	84,00 dias	78,00 dias	416,00 dias	
		Desmatamento e limpeza	331,00 dias	338,00 dias		
		Demolição pavimento	70,00 dias	78,00 dias		
		Demolição base/sub-base	70,00 dias	78,00 dias		
	Pacote 02	Drenagem profunda	317,00 dias	312,00 dias	312,00 dias	
	Pacote 03 +SM	Pacote 03	Escavação, carga e transporte solo mole	38,00 dias	40,00 dias	128,00 dias
			Escavação, carga e transporte	301,00 dias	312,00 dias	
	Compactação bota-fora		301,00 dias	312,00 dias		
	Compactação aterro		301,00 dias	312,00 dias		
	Regularização de subleito		53,00 dias	52,00 dias		
	Escavação, carga e transporte CFT		238,00 dias	234,00 dias		
	Compactação aterro CFT		238,00 dias	234,00 dias		
	Pacote 04		Sub-base + cimento	87,00 dias	78,00 dias	
		Sub-base	22,00 dias	26,00 dias		
		Base + cimento	86,00 dias	78,00 dias		
		Base	22,00 dias	26,00 dias		
		Imprimação	217,00 dias	208,00 dias		
	Pacote 05	Tratamento superficial simples	100,00 dias	104,00 dias	104,00 dias	
Pacote 06	Drenagem superficial	201,00 dias	208,00 dias	208,00 dias		
As atividades indicadas com cor são as atividades críticas que formam as durações dos pacotes.						
			(4) Duração total do planejamento original	(5) Duração total da reprogramação	(6) Duração total Reprogramação Balanceada	
Somatório das durações			1827,00 dias	1834,00 dias	1816,00 dias	
Folga (6) - (4)					-11,00 dias	

Observando as Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19, é possível identificar seis colunas numeradas, onde na coluna 1 são apresentados os totais de dias de execução por atividade previstos no planejamento original para os subtrechos originais, já na coluna 2 estão contidos os totais de dias de execução previstos na reprogramação, na coluna 3 pode ser visto os dias de execução por pacotes depois do balanceamento das atividades. Nas colunas 4, 5 e 6 temos os somatórios das durações das demais colunas, porém para o somatório das colunas 1 e 2, só foram consideradas as atividades críticas, que são apresentadas com cor.

4.2.4.2 Apresentação das folgas ocasionadas pelo balanceamento

Com o ajuste das durações feitas na etapa do balanceamento, foram geradas folgas positivas e negativas quando comparadas as durações totais, por trecho, do planejamento original com as da reprogramação. As folgas existentes entre os planejamentos podem ser observadas na Tabela 20.

Tabela 20 - Apresentação das folgas existentes entre as programações. (Fonte: Próprio Autor)

Trechos	(1) Duração total do planejamento original	(2) Duração total Reprogramação Balanceada	Folga (2) - (1)
Trecho A	808,00 dias	832,00 dias	24,00 dias
Trecho B	1079,00 dias	1088,00 dias	9,00 dias
Trecho C	1827,00 dias	1816,00 dias	-11,00 dias

Analisando a Tabela 20, podemos concluir que há 24 e 9 dias a mais na nova programação para os trechos A e B respectivamente e para o C se tem 11 dias a menos, onde somando esses valores totalizamos em uma folga de 22 dias.

4.2.4.3 Apresentação dos dias produtivos, dias improdutivo e histogramas de dias de equipes

Um dos grandes benefícios do emprego da técnica da Linha de Balanço é a transparência do processo executivo proporcionado à programação de uma obra. Uma vez elaborando o gráfico da linha de balanço com base na programação original, é possível

identificar pontos de melhoria, como: a existência de folgas livres e as constantes mobilizações e desmobilizações de equipes. Sendo assim, nesta subseção serão apresentados os dias produtivos e improdutos das principais atividades que compõem os pacotes de trabalho para os trechos A, B e C.

Para essa análise foram feitas as seguintes considerações:

- cada atividade do planejamento base é composta por 1 equipe, sendo assim, uma atividade com 7 dias de duração possui 7 dias da equipe;
- para cada atividade do novo planejamento é composta por 1 equipe, exceto as que foram aceleradas com o acréscimo de recursos;
- os pacotes criados para o planejamento original, com o objetivo de se obter uma comparação par a par, são formados pelas mesmas atividades da nova programação;
- cada pacote criado possui uma equipe independente, de atuação exclusiva no pacote;
- dias produtivos são os dias referentes a execução das atividades/pacotes;
- dias improdutos são os dias dentro do período da execução, onde uma determinada equipe encontra-se parada aguardando o início da próxima atividade. (Figura 37)

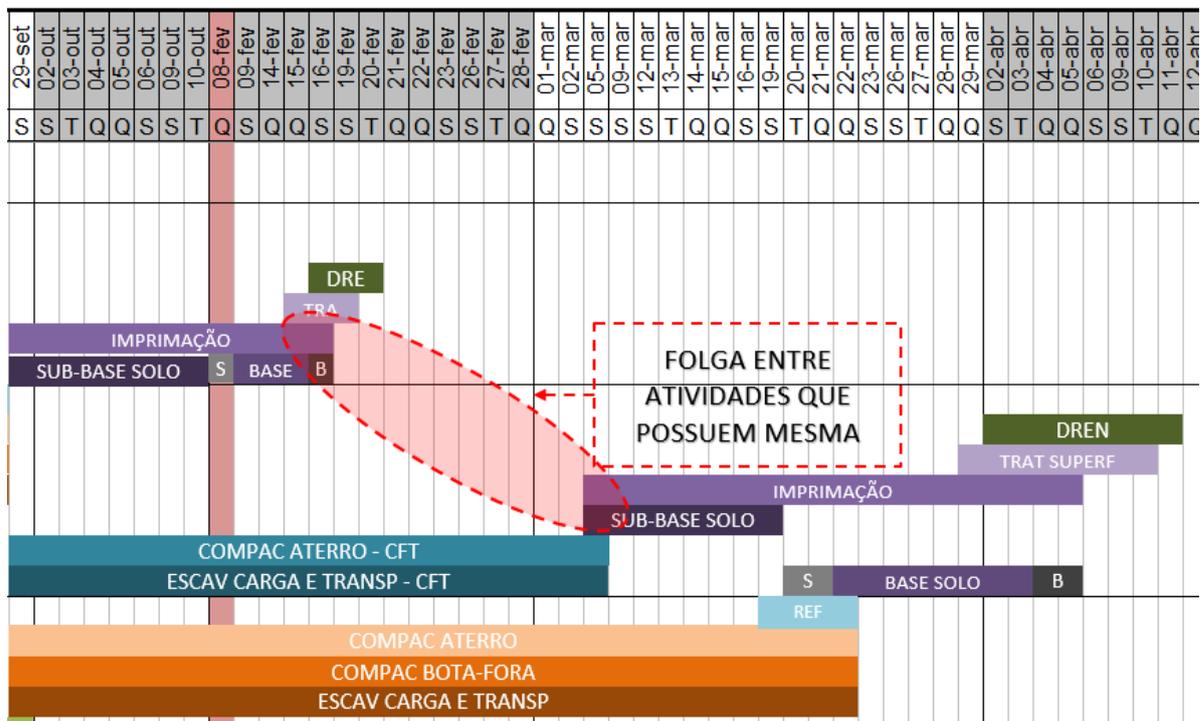


Figura 37 - Folga entre atividades relacionadas a pavimentação. (Fonte: Próprio Autor)

Os dias produtivos e improdutivos dos pacotes e os histogramas de dias de equipes das programações original e com o uso da técnica Linha de Balanço são apresentados nas Tabela 21 e Figura 38, e Tabela 22 e Figura 39, respectivamente.

Tabela 21 - Tabela dos dias produtivos e improdutivos da programação original. (Fonte: Próprio Autor)

PACOTES	DIAS PRODUTIVOS	DIAS IMPRODUTIVOS	DIAS DE EQUIPES
PACOTE 01	353 dias	5 dias	834 dias
PACOTE 02	380 dias	18 dias	652 dias
PACOTE 03	439 dias	0 dias	1180 dias
PACOTE 04	403 dias	51 dias	461 dias
PACOTE 05	192 dias	251 dias	208 dias
PACOTE 06	273 dias	169 dias	379 dias
TOTAL	2040 dias	494 dias	3714 dias



Figura 38 - Histograma dos dias de equipes da programação original. (Fonte: Próprio Autor)

Tabela 22 - Tabela dos dias produtivos e improditivos da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)

PACOTES	DIAS PRODUTIVOS	DIAS IMPRODUTIVOS	DIAS DE EQUIPES
PACOTE 01	416 dias	0 dias	828 dias
PACOTE 02	326 dias	0 dias	660 dias
PACOTE 03	324 dias	0 dias	1200 dias
PACOTE 04	272 dias	0 dias	440 dias
PACOTE 05	220 dias	0 dias	220 dias
PACOTE 06	220 dias	0 dias	388 dias
TOTAL	1778 dias	0 dias	3736 dias



Figura 39 - Histograma dos dias de equipes da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)

4.2.5 Análise dos resultados da comparação

Compilando os dados apresentados nas subseções 4.2.4.1, 4.2.4.2, 4.2.4.3 tem-se a Tabela 23.

Tabela 23 - Resultados da aplicação da técnica Linha de Balanço ao planejamento da empresa "A". (Fonte: Próprio Autor)

PARÂMETROS DE ANÁLISE	(1) PROGRAMAÇÃO ORIGINAL	(2) PROGRAMAÇÃO PELA TÉCNICA LINHA DE BALANÇO	(3) GANHO (1) - (2)	
DIAS DE EXECUÇÃO	538 dias	469 dias	69 dias	12,83%
DIAS DE EQUIPES	3714 dias	3736 dias	-22 dias	-0,59%
TRECHO A	808 dias	832 dias	-24 dias	-2,97%
TRECHO B	1079 dias	1088 dias	-9 dias	-0,83%
TRECHO C	1827 dias	1816 dias	11 dias	0,60%
DIAS PRODUTIVOS	2040 dias	1778 dias	262 dias	12,84%
DIAS IMPRODUTIVOS	494 dias	0 dias	494 dias	100,00%

Analisando cada parâmetro da Tabela 23, pode-se concluir que a execução teve uma redução de ciclo de 69 dias, porém tem-se que levar em consideração que o trecho C sofreu uma redução de 11 devido ao balanceamento, sendo esse trecho determina o ciclo total da obra.

Em relação a dias de equipes, é possível identificar na coluna 3, que a nova programação possui uma folga de 22 dias de equipes.

No que se trata de dias produtivos, pode-se observar uma redução de 262 dias em todas os pacotes, sendo esses dias representados por ganhos ou perdas, ou seja pacote por pacote. Em relação a dias improdutivo, é possível verificar em uma redução de 494 dias de equipes paradas, onde na nova programação esse número de 0 dias.

Vale reiterar que para ser possível realizar essa comparação, os pacotes criados com base na programação original, possuem as mesmas atividades e equipes da nova programação, sendo essas equipes de atuação exclusiva nos pacotes que a pertence.

Outro parâmetro que é tão importante quanto os desenvolvidos nos parágrafos anteriores desta subseção, é o histograma de dias de equipes. Na Figura 40 pode ser observado o comparativo entre os histogramas provenientes da programação original e por Linha de Balanço.

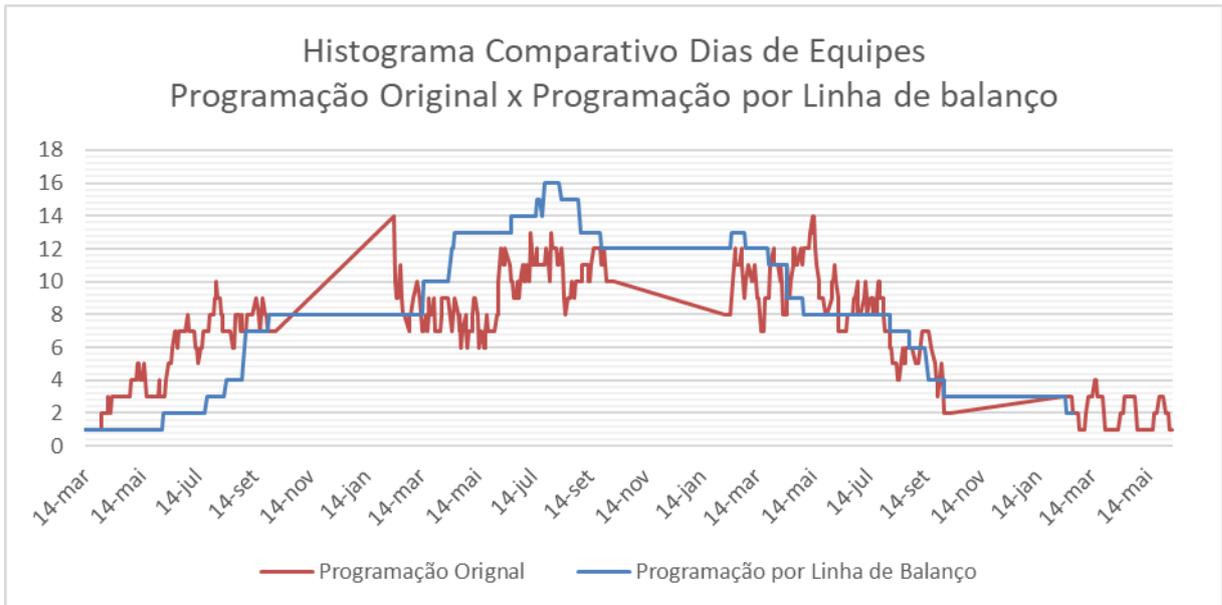


Figura 40 - Comparativo entre histogramas de dias de equipes das programações original e por linha de balanço. (Fonte: Próprio Autor)

Analisando a Figura 40, pode-se observar uma distribuição de recursos (equipes) do planejamento original um tanto incomum. Essa disposição da linha de distribuição das equipes está refletindo atividades de mobilização e desmobilização, o que dificulta o gerenciamento de equipes na obra. Esse comportamento já era previsto devido à grande quantidade de dias improdutivos apresentados na Tabela 23.

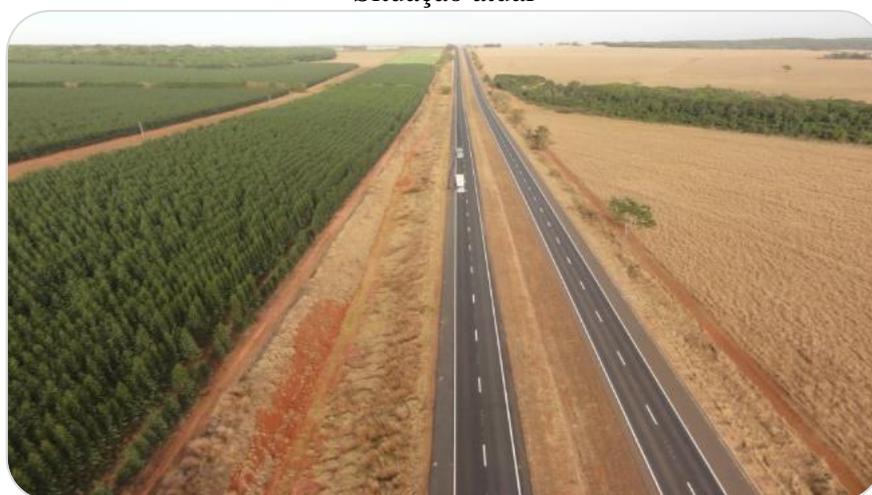
Analisando a linha do histograma da programação por Linha de Balanço, é possível identificar uma distribuição mais uniforme, se aproximando de uma execução planejada em curva S, o que facilita o gerenciamento das equipes na obra.

4.3 Estudo de caso programação elaborada pela Empresa B

O estudo de caso aqui tratado, se refere a reprogramação de um planejamento realizado para a participação de uma concorrência pública federal na modalidade de Regime Diferenciado de Contratação - RDC, de uma obra de implantação e pavimentação do quilometro 291,98 ao 395,36 da rodovia BR-242 situada no estado do Mato Grosso. O planejamento de longo prazo desta obra foi realizado utilizando a técnica de programação Tempo-caminho. A situações atual e futura da rodovia BR-242 pode ser observada na Figura 41.



Situação atual



Situação futura

Figura 41 - Situação atual e futura da rodovia BR-242. (Fonte: Empresa “B”)

4.3.1 Características da obra

4.3.1.1 Escopo

A obra tem como escopo de construção os seguintes serviços: terraplenagem, camada final de terraplenagem, pavimentação, obra de arte corrente, drenagem superficial, drenagem profunda, sinalização horizontal e vertical, defensas metálicas, colocação de cercas, revestimento vegetal e demais serviços complementares.

4.3.1.2 Prazo da obra

Prazo para execução total das obras: 1270 dias (3 anos e 6 meses).

4.3.1.3 Configuração final da rodovia

A configuração final da rodovia terá: 2 Faixas de Rolamento (3,60m cada+ 2 Acostamentos (2,50m). Na Figura 42 pode ser observado a seção tipo de projeto.

Acostamento 2,50 m	Pista 7,20 m	Acostamento 2,50 m
CBUQ com CAP 50/70 Faixa C - 4,5 cm		Degrau = 4,5 cm
Binder CBUQ com CAP 50/70 Faixa B - 9 cm		
Base de SEG - Mistura Cascalho e Solo Arenoso - 18 cm	Base de SMC - Solo Melhorado com Cimento - 70% de Cascalho da Jazida J-1 e 30% de Solo Arenoso do Subleito com 2% de Cimento - 18 cm	Base de SEG - Mistura Cascalho e Solo Arenoso - 18 cm
Sub-base de SEG - Solo estabilizado granulometricamente (Cascalho laterítico das Jazidas J-2, J-3, J-5 e J-10) - 15 cm		

Figura 42 - Seção tipo de projeto. (Fonte: Empresa “B”)

4.3.1.4 Mapa de situação

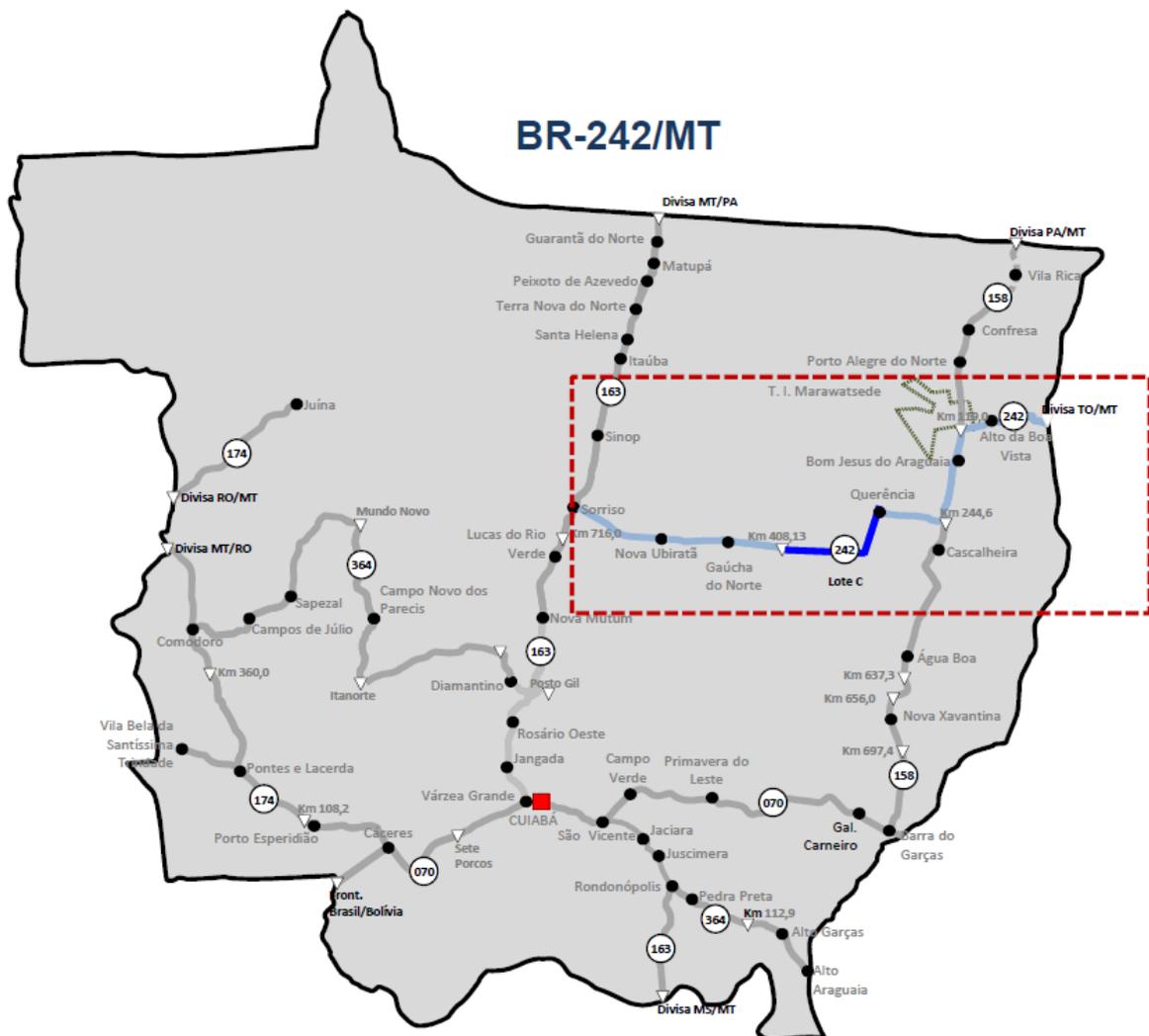


Figura 43 - Mapa de situação do trecho a ser duplicado. (Fonte: Empresa “B”)

4.3.1.5 Resumo das quantidades dos serviços

Na Tabela 24 é possível observar os principais serviços a serem executados com suas respectivas quantidades.

Tabela 24 - Resumo das principais quantidades dos serviços a serem executados. (Fonte: Empresa "B")

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE
1	IMPLANTAÇÃO		
1.1	DESMATAMENTO, DESTOCAMENTO E LIMPEZA	M2	4.197.000
1.2	ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1ª CATEGORIA	M3	2.450.000
1.3	COMPACTAÇÃO DE ATERROS	M3	1.922.000
1.4	REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	M2	1.469.000
1.5	SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE	M3	216.000
1.6	BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE COM MISTURA DE 70% DE CASCALHO E 30% DE SOLO ARENOSO DO SUBLEITO - MISTURA NA PISTA COM RECICLADORA - ACOSTAMENTO	M3	119.000
1.7	BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE COM MISTURA DE 70% DE CASCALHO E 30% DE SOLO LOCAL DO SUBLEITO + 2% DE CIMENMTO - MISTURA NA PISTA COM RECICLADORA	M3	136.000
1.8	TRANSPORTE DE MATERIAL P/ SUB-BASE E BASE	M3XKM	19.495.000
1.9	IMPRIMAÇÃO	M2	1.275.000
1.10	PINTURA DE LIGAÇÃO	M2	3.302.000
1.11	CBUQ - BINDER FAIXA "B" COM CAP 50/70	T	274.300
1.12	CBUQ - FAIXA "C" COM CAP-50/70	T	82.400
1.13	TRANSPORTE DE MISTURA BETUMINOSA - CBUQ	TXKM	9.759.000
1.14	FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE MATERIAL BETUMINOSO	T	19.670
1.15	CORPO DE BUEIRO TUBULAR DE CONCRETO	M	940
1.16	CORPO DE BUEIRO CELULAR DE CONCRETO	M	1.190
1.35	VALETAS / SARJETAS / MEIO-FIO	M	25.400
1.43	DESCIDAS D'ÁGUA	M	1.730
1.54	DRENO PROFUNDO	M	2.150
1.59	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	M2	41.500
1.61	FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO DE TACHAS E TACHÕES	UN	30.720
1.64	SINALIZAÇÃO VERTICAL	M2	550
1.71	CERCAS DE ARAME FARPADO	M	203.200
1.72	DEFENSA METÁLICA	M	6.700
1.75	REVESTIMENTO VEGETAL	M2	3.420.000
1.77	PLANTIO DE ÁRVORES E ARBUSTOS	UN	41.300
1.102	PONTE PROVISÓRIA SOBRE O RIO TANGURO	M2	168
1.107	IMPLANTAÇÃO DE ACESSO PARA TRANSPORTE DE SEIXO	KM	7

4.3.2 Planejamento realizado pela empresa B

A empresa "B", diferentemente da empresa "A", utiliza para a realização dos planejamentos de obra, a técnica PERT/CPM, onde para esta é utilizado o *software* Ms Project. A visualização da primeira folha do planejamento em Gantt encontra-se ilustrada na Figura 28, e a apresentação completa no APÊNDICE 1

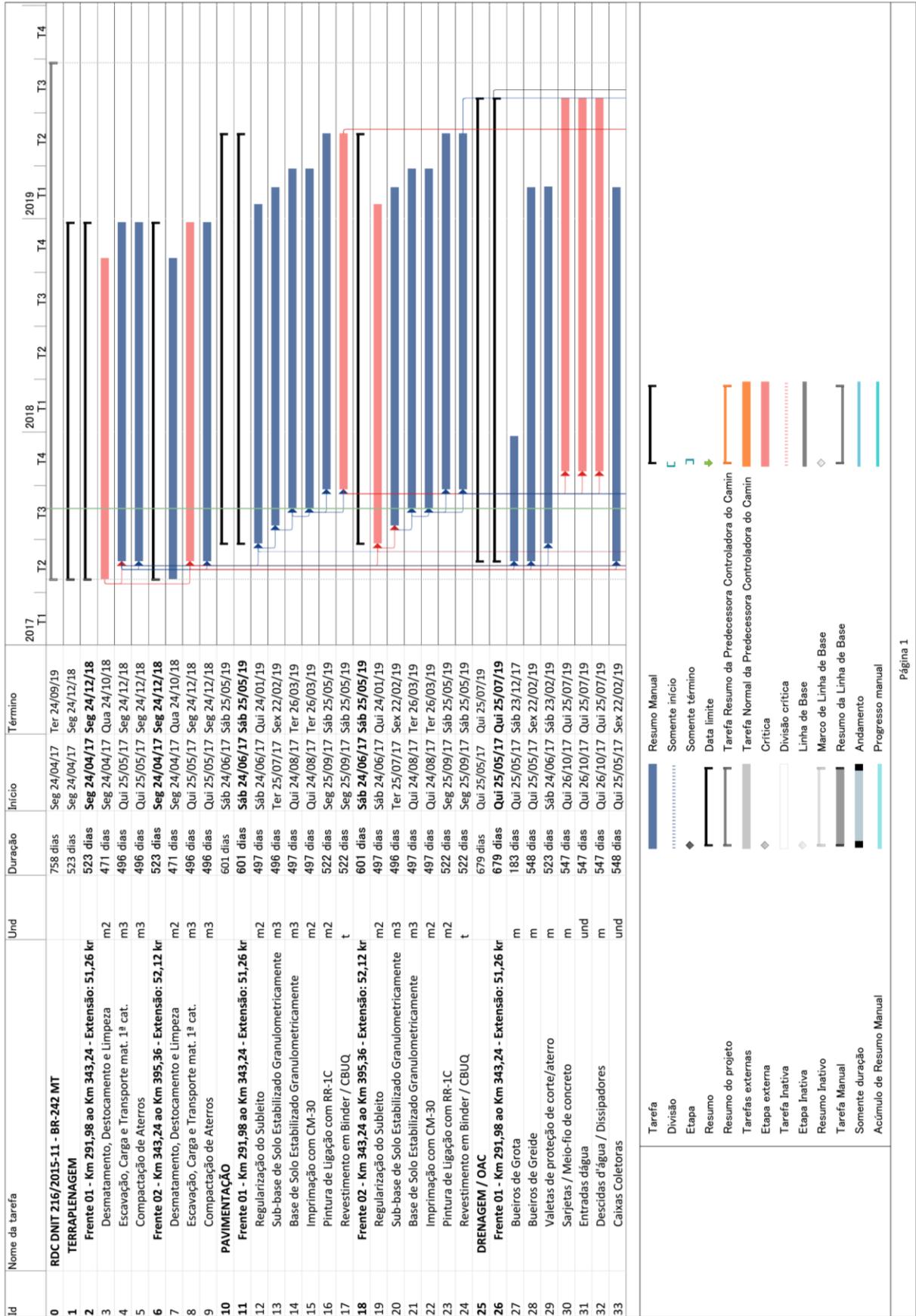


Figura 44 - Folha 1 do planejamento em Gantt elaborado pela empresa "B". (Fonte: Empresa "B")

4.3.3 Aplicação da sistematização ao planejamento da empresa B

Para a aplicação da sistematização, proposta neste trabalho, ao planejamento da empresa “B”, foram feitas as seguintes considerações:

- a. as durações das atividades do planejamento original foram mantidas;
- b. rede de precedência foi preservada tal qual o planejamento original.

4.3.3.1 Elaboração da linha de balanço do planejamento original e identificação das operações envolvidas

Os dados do planejamento realizado pela empresa “B” deu subsídios para a identificação das atividades e para a elaboração da linha de balanço do planejamento original.

As atividades e suas respectivas cores são apresentadas na Figura 45. A linha de balanço elaborada com base no planejamento original pode ser observada na Figura 46 no APÊNDICE 4.



Figura 45 - Atividades contidas no planejamento original da Empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)

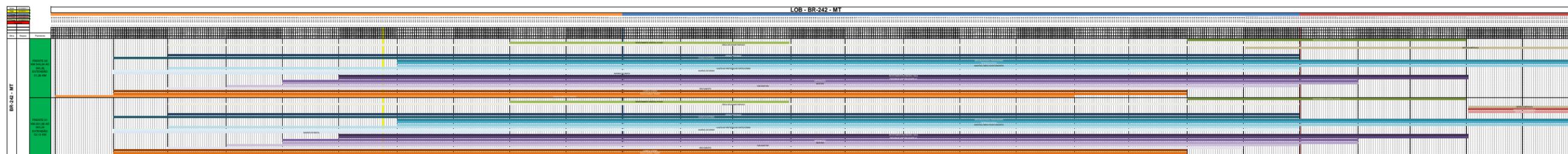


Figura 46 - Linha de balanço do planejamento original da empresa "B". (Fonte: Próprio Autor)

4.3.3.2 Identificação da estratégia de ataque e interferências

Depois de montar a linha de balanço do planejamento original com suas atividades e respectivas durações, foi realizada a identificação da estratégia de ataque da atual e as interferências físicas existentes ao longo do traçado da rodovia. Dessa forma foi avaliado e decidiu manter a configuração original de duas frentes de trabalho.

Os trechos antes denominados de 01 e 02, agora serão A e B. Um diagrama linear da rodovia pode ser observado na Figura 47.

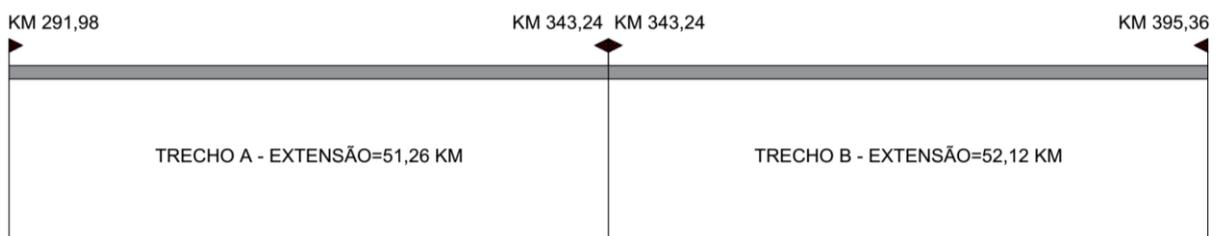


Figura 47 - Nova segmentação proposta para a obra da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)

4.3.3.3 Identificação da rede de precedência

Montada a Linha de Balanço com base nas informações do planejamento original, segue-se para a identificação da rede de precedência determinada pela empresa “A”. Essa etapa é de grande importância, pois ela permite uma visão do sequenciamento das atividades existentes na programação. A rede de precedência do planejamento da obra da empresa “B” pode ser visualizada na Figura 48.

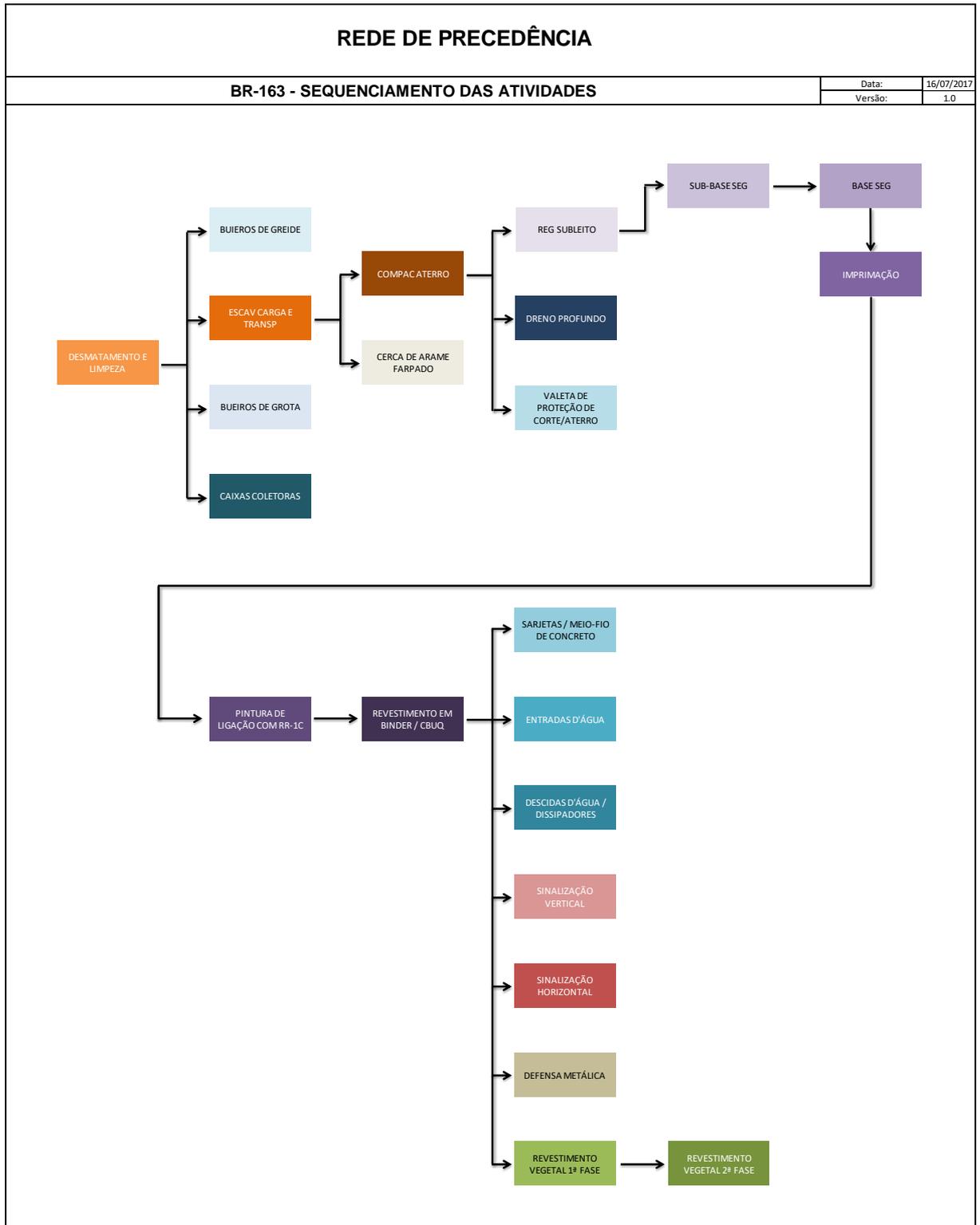


Figura 48 - Rede de precedência identificada do planejamento original. (Fonte: Próprio Autor)

4.3.3.4 Determinação da unidade básica e das durações das atividades

Depois de proposta uma nova configuração para a divisão dos trechos, apresentando na subseção 4.3.3.2, foi estudado uma segmentação em subtrechos de mesma

dimensão. As disposições dos subtrechos do planejamento original e da proposta podem ser observados nas Figura 49 e Figura 50 respectivamente.

TRECHO	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)
T01	291,98	343,24	51,26
T02	343,24	395,36	52,12

Figura 49 - Segmentos do planejamento original da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)	TRECHO	INÍCIO (km)	FIM (km)	EXTENSÃO (km)
TA-01	291,98	293,98	2,00	TB-01	343,24	345,24	2,00
TA-02	293,98	295,98	2,00	TB-02	345,24	347,24	2,00
TA-03	295,98	297,98	2,00	TB-03	347,24	349,24	2,00
TA-04	297,98	299,98	2,00	TB-04	349,24	351,24	2,00
TA-05	299,98	301,98	2,00	TB-05	351,24	353,24	2,00
TA-06	301,98	303,98	2,00	TB-06	353,24	355,24	2,00
TA-07	303,98	305,98	2,00	TB-07	355,24	357,24	2,00
TA-08	305,98	307,98	2,00	TB-08	357,24	359,24	2,00
TA-09	307,98	309,98	2,00	TB-09	359,24	361,24	2,00
TA-10	309,98	311,98	2,00	TB-10	361,24	363,24	2,00
TA-11	311,98	313,98	2,00	TB-11	363,24	365,24	2,00
TA-12	313,98	315,98	2,00	TB-12	365,24	367,24	2,00
TA-13	315,98	317,98	2,00	TB-13	367,24	369,24	2,00
TA-14	317,98	319,98	2,00	TB-14	369,24	371,24	2,00
TA-15	319,98	321,98	2,00	TB-15	371,24	373,24	2,00
TA-16	321,98	323,98	2,00	TB-16	373,24	375,24	2,00
TA-17	323,98	325,98	2,00	TB-17	375,24	377,24	2,00
TA-18	325,98	327,98	2,00	TB-18	377,24	379,24	2,00
TA-19	327,98	329,98	2,00	TB-19	379,24	381,24	2,00
TA-20	329,98	331,98	2,00	TB-20	381,24	383,24	2,00
TA-21	331,98	333,98	2,00	TB-21	383,24	385,24	2,00
TA-22	333,98	335,98	2,00	TB-22	385,24	387,24	2,00
TA-23	335,98	337,98	2,00	TB-23	387,24	389,24	2,00
TA-24	337,98	339,98	2,00	TB-24	389,24	391,24	2,00
TA-25	339,98	341,98	2,00	TB-25	391,24	393,24	2,00
TA-26	341,98	343,24	1,26	TB-26	393,24	395,36	2,12
TOTAL			51,26	TOTAL			52,12

Figura 50 - Segmentação proposta para a programação da empresa “B”. (Fonte: Próprio Autor)

Devido a nova segmentação, visto na Figura 50 Figura 34 para o eixo vertical da Linha de Balanço, foi necessário encontrar as novas durações das atividades para cada unidade básica estabelecida, que neste trabalho a dimensão adotada foi de dois quilômetros. Nesta etapa foram feitas as seguintes considerações:

- todos os subtrechos de 2 quilômetros teriam a mesma quantidade de serviços;
- os subtrechos TA-26 e TB-26, Figura 50, apesar de terem dimensões diferentes, foram considerados para determinação das durações das atividades como de tamanho equivalente aos demais;

- c. no processo de determinar as novas durações das atividades, foram realizados arredondamentos dos valores encontrados, assim não permitindo ter durações com casas decimais; e
- d. a soma das durações de todas as atividades da nova programação deveria ser maior ou igual a soma das durações da programação original, assim evitando distorções durante a análise comparativa.

O estudo das durações das atividades pode ser observado para o trecho A na Tabela 25 e para o trecho B na Tabela 26 elaboradas a partir das durações estabelecidas na programação oriunda da empresa “B”.

Tabela 25 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO	INÍCIO KM	FIM KM	EXTENSÃO KM	DESMATAM E LIMPEZA	ESCAVAÇÃO E CARGA E TRANSP.	COMPACTAÇÃO E ATERRO	REGULAGEM DO SUBLEITO	SUB-BASE SEG	BASE SEG	IMPRIMAÇÃO	PINTURA DE LIGAÇÃO COM RR-1C	REVESTIMENTO O EM BINDER / CBUQ	BUEIROS DE GROTA	BUEIROS DE GREIDE	VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTIÇA/ATERRO
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) =>															
TA-01	291,98	295,98	2,00	18,38 dias	496,00 dias	496,00 dias	19,35 dias	19,35 dias	497,00 dias	19,39 dias	522,00 dias	20,37 dias	183,00 dias	548,00 dias	523,00 dias
TA-02	293,98	295,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-03	295,98	297,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-04	297,98	299,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-05	299,98	301,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-06	301,98	303,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-07	303,98	305,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-08	305,98	307,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-09	307,98	309,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-10	309,98	311,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-11	311,98	313,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-12	313,98	315,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-13	315,98	317,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-14	317,98	319,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-15	319,98	321,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-16	321,98	323,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-17	323,98	325,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-18	325,98	327,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-19	327,98	329,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-20	329,98	331,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-21	331,98	333,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-22	333,98	335,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-23	335,98	337,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-24	337,98	339,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-25	339,98	341,98	2,00	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
TA-26	341,98	345,24	1,26	18,38 dias	19,35 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,35 dias	19,39 dias	19,39 dias	20,37 dias	20,37 dias	7,14 dias	21,38 dias	20,41 dias
NOVAS DURAÇÕES ESTABELECIDAS =>			51,26	18,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	20,00 dias	20,00 dias	7,00 dias	21,00 dias	20,00 dias

Tabela 25 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho A (Cont.). (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO	INÍCIO	FIM	EXTENSÃO	SARJETAS /	ENTRADAS /	DESCIDAS	CAIXAS	DRENO	SINALIZAÇ	SINALIZAÇ	CERCA DE	DEFENSA	REVESTIME	REVESTIME
KM	KM	KM	KM	MEIO-FIO	D'ÁGUA	D'ÁGUA /	COLETORA	PROFUNDO	VERTICAL	HORIZONT	ARAME	METÁLICA	VEGETAL 1ª	VEGETAL 2ª
				DE		DISSIPADOR	S		AL	FARPADO			FASE	FASE
				CONCRETO		ES								
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) =>														
TA-01	291,98	293,98	2,00	547,00 dias	21,34 dias	21,34 dias	548,00 dias	523,00 dias	52,00 dias	52,00 dias	52,00 dias	523,00 dias	129,00 dias	129,00 dias
TA-02	293,98	295,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-03	295,98	297,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-04	297,98	299,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-05	299,98	301,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-06	301,98	303,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-07	303,98	305,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-08	305,98	307,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-09	307,98	309,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-10	309,98	311,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-11	311,98	313,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-12	313,98	315,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-13	315,98	317,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-14	317,98	319,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-15	319,98	321,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-16	321,98	323,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-17	323,98	325,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-18	325,98	327,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-19	327,98	329,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-20	329,98	331,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-21	331,98	333,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-22	333,98	335,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-23	335,98	337,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-24	337,98	339,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-25	339,98	341,98	2,00	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
TA-26	341,98	343,24	1,26	21,34 dias	21,34 dias	21,34 dias	21,38 dias	20,41 dias	2,03 dias	2,03 dias	2,03 dias	20,41 dias	5,03 dias	5,03 dias
NOVAS DURAÇÕES ESTABELECIDAS =>			51,26 dias	21,00 dias	21,00 dias	21,00 dias	21,00 dias	21,00 dias	2,00 dias	2,00 dias	2,00 dias	21,00 dias	5,00 dias	5,00 dias

Tabela 26 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO	INÍCIO KM	FIM KM	EXTENSÃO KM	DESMATAM E LIMPEZA	ESCAV E CARGA E TRANSP	COMPAC ATERRO	REG SUBLEITO	SUB-BASE SEG	BASE SEG	IMPRIMAÇÃO	PINTURA DE LIGAÇÃO COM RR-1C	REVESTIMENT O EM BINDER/ CBUQ	GROTA DE BUEIROS DE GREIDE	VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE/ATERRO
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) ⇒														
TB-01	343,24	345,24	2,00	18,07 dias	496,00 dias	496,00 dias	497,00 dias	496,00 dias	497,00 dias	497,00 dias	522,00 dias	522,00 dias	470,00 dias	523,00 dias
TB-02	345,24	347,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-03	347,24	349,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-04	349,24	351,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-05	351,24	353,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-06	353,24	355,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-07	355,24	357,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-08	357,24	359,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-09	359,24	361,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-10	361,24	363,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-11	363,24	365,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-12	365,24	367,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-13	367,24	369,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-14	369,24	371,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-15	371,24	373,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-16	373,24	375,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-17	375,24	377,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-18	377,24	379,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-19	379,24	381,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-20	381,24	383,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-21	383,24	385,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-22	385,24	387,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-23	387,24	389,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-24	389,24	391,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-25	391,24	393,24	2,00	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
TB-26	393,24	395,36	2,12	18,07 dias	19,03 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,03 dias	19,07 dias	19,07 dias	20,03 dias	20,03 dias	18,04 dias	20,07 dias
NOVAS DURAÇÕES ESTABELECIDAS ⇒				18,00 dias	20,00 dias	19,00 dias	20,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	19,00 dias	20,00 dias	20,00 dias	18,00 dias	21,00 dias

Tabela 26 - Redimensionamento das durações das atividades para o Trecho B (Cont.). (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO	INÍCIO KM	FIM KM	EXTENSÃO KM	SARJETAS / MEIO-FIO DE CONCRETO	ENTRADAS D'ÁGUA	DESCIDAS D'ÁGUA / DISSIPADOR ES	CAIXAS COLETORAS	DRENO PROFUNDO	SINALIZAÇÃO VERTICAL	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	CERCA DE ARAME FARPAADO	DEFENSA METÁLICA	REVESTIMENTOS	
													VEGETAL 1ª FASE	VEGETAL 2ª FASE
SOMATÓRIO DOS TEMPOS (PROG. ORIGINAL) ⇒														
TB-01	343,24	345,24	2,00	547,00 dias	20,99 dias	20,99 dias	548,00 dias	523,00 dias	2,00 dias	2,00 dias	208,00 dias	523,00 dias	129,00 dias	4,95 dias
TB-02	345,24	347,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-03	347,24	349,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-04	349,24	351,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-05	351,24	353,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-06	353,24	355,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-07	355,24	357,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-08	357,24	359,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-09	359,24	361,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-10	361,24	363,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-11	363,24	365,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-12	365,24	367,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-13	367,24	369,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-14	369,24	371,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-15	371,24	373,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-16	373,24	375,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-17	375,24	377,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-18	377,24	379,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-19	379,24	381,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-20	381,24	383,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-21	383,24	385,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-22	385,24	387,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-23	387,24	389,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-24	389,24	391,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-25	391,24	393,24	2,00	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
TB-26	393,24	395,36	2,12	20,99 dias	20,99 dias	21,03 dias	20,07 dias	2,00 dias	2,00 dias	7,98 dias	20,07 dias	20,07 dias	4,95 dias	4,95 dias
NOVAS DURAÇÕES ESTABELECIDAS ⇒			52,12 dias	21,00 dias	21,00 dias	21,00 dias	20,00 dias	2,00 dias	2,00 dias	8,00 dias	20,00 dias	20,00 dias	5,00 dias	5,00 dias

4.3.3.5 Pacotização das Atividades

Depois de encontrada as durações das atividades para o novo dimensionamento dos trechos, foi realizado o estudo das atividades que poderiam ser trabalhadas pela mesma equipe. O resultado desta etapa pode ser observado na Tabela 27.

Tabela 27 - Pacotização das atividades. (Fonte: Próprio Autor)

PACOTIZAÇÃO	
PACOTE 01 - SERVIÇOS PRELIMINARES	PACOTE 06 - DRENAGEM PROFUNDA/VALETAS
DESMATAMENTO E LIMPEZA	DRENO PROFUNDO
PACOTE 02 - TERRAPLENAGEM	VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE/ATERRO
ESCAV CARGA E TRANSP	PACOTE 07 - SINALIZAÇÃO
COMPAC ATERRO	SINALIZAÇÃO VERTICAL
PACOTE 03 - PAVIMENTAÇÃO 1ª FASE	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL
REG SUBLEITO	PACOTE 08 - DEFENSA
SUB-BASE SEG	DEFENSA METÁLICA
BASE SEG	PACOTE 09 - CERCAMENTO
IMPRIMAÇÃO	CERCA DE ARAME FARPADO
PACOTE 04 - PAVIMENTAÇÃO 2ª FASE	PACOTE 10 - REVESTIMENTO VEGETAL
PINTURA DE LIGAÇÃO COM RR-1C	REVESTIMENTO VEGETAL 1ª FASE
REVESTIMENTO EM BINDER / CBUQ	REVESTIMENTO VEGETAL 2ª FASE
PACOTE 05 - OAC	PACOTE 11 - DRENAGEM SUPERFICIAL
BUEIROS DE GROTA	SARJETAS / MEIO-FIO DE CONCRETO
BUIEROS DE GREIDE	ENTRADAS D'ÁGUA
CAIXAS COLETORAS	DESCIDAS D'ÁGUA / DISSIPADORES

4.3.3.6 Balanceamento das atividades e dimensionamento das equipes

Com os pacotes definidos, foi possível encontrar as durações de cada pacote para cada um dos três trechos. As durações para cada pacote dos trechos A e B, podem ser observadas nas Tabela 28 e Tabela 29 respectivamente.

Tabela 28 - Duração dos pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO A			
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 26 SEGMENTOS
PACOTE 01	18,38 dias	18,00 dias	468,00 dias
PACOTE 02	19,35 dias	19,00 dias	494,00 dias
PACOTE 03	58,13 dias	58,00 dias	1508,00 dias
PACOTE 04	20,37 dias	20,00 dias	520,00 dias
PACOTE 05	49,90 dias	50,00 dias	1300,00 dias
PACOTE 06	40,81 dias	41,00 dias	1066,00 dias
PACOTE 07	2,03 dias	2,00 dias	52,00 dias
PACOTE 08	20,41 dias	20,00 dias	520,00 dias
PACOTE 09	2,03 dias	2,00 dias	52,00 dias
PACOTE 10	10,07 dias	10,00 dias	260,00 dias
PACOTE 11	21,34 dias	21,00 dias	546,00 dias
TOTAL			6786,00 dias

Tabela 29 - Duração dos pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

TRECHO B			
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 26 SEGMENTOS
PACOTE 01	18,07 dias	18,00 dias	468,00 dias
PACOTE 02	19,03 dias	19,00 dias	494,00 dias
PACOTE 03	57,18 dias	57,00 dias	1482,00 dias
PACOTE 04	20,03 dias	20,00 dias	520,00 dias
PACOTE 05	60,09 dias	60,00 dias	1560,00 dias
PACOTE 06	40,14 dias	40,00 dias	1040,00 dias
PACOTE 07	2,00 dias	2,00 dias	52,00 dias
PACOTE 08	20,07 dias	20,00 dias	520,00 dias
PACOTE 09	7,98 dias	8,00 dias	208,00 dias
PACOTE 10	9,90 dias	10,00 dias	260,00 dias
PACOTE 11	20,99 dias	21,00 dias	546,00 dias
TOTAL			7150,00 dias

Com as durações dos pacotes estabelecidas, dá-se início ao processo de balanceamento das atividades. Nesse processo são realizados ajustes nas durações das atividades com o intuito de trabalhar com durações que possuam um multiplicador em comum, os ajustes foram realizados de forma consciente, de tal maneira que se acredita que não haverá grandes implicações na execução dos serviços. O resultado do balanceamento pode ser observado na coluna 5 das Tabela 30 e Tabela 31 para os trechos A e B respectivamente.

Tabela 30 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

BALANCEAMENTO TRECHO A					
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 26 SEGMENTOS	(4) FATOR UTILIZADO	(5) BALANCEAMENTO - x4 (3) + (4)
PACOTE 01	18,38 dias	18,00 dias	468,00 dias	-2	16,00 dias
PACOTE 02	19,35 dias	19,00 dias	494,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 03	58,13 dias	58,00 dias	1508,00 dias	2	60,00 dias
PACOTE 04	20,37 dias	20,00 dias	520,00 dias	0	20,00 dias
PACOTE 05	49,90 dias	50,00 dias	1300,00 dias	-2	48,00 dias
PACOTE 06	40,81 dias	41,00 dias	1066,00 dias	-1	40,00 dias
PACOTE 07	2,03 dias	2,00 dias	52,00 dias	2	4,00 dias
PACOTE 08	20,41 dias	20,00 dias	520,00 dias	0	20,00 dias
PACOTE 09	2,03 dias	2,00 dias	52,00 dias	2	4,00 dias
PACOTE 10	10,07 dias	10,00 dias	260,00 dias	-2	8,00 dias
PACOTE 11	21,34 dias	21,00 dias	546,00 dias	-1	20,00 dias
TOTAL			6786,00 dias		

Tabela 31 - Balanceamento das durações dos Pacotes do Trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

BALANCEAMENTO TRECHO B					
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO REAL	(3) DURAÇÃO ARREDONDADA	(3) x 26 SEGMENTOS	(4) FATOR UTILIZADO	(5) BALANCEAMENTO - x4 (3) + (4)
PACOTE 01	18,07 dias	18,00 dias	468,00 dias	-2	16,00 dias
PACOTE 02	19,03 dias	19,00 dias	494,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 03	57,18 dias	57,00 dias	1482,00 dias	3	60,00 dias
PACOTE 04	20,03 dias	20,00 dias	520,00 dias	0	20,00 dias
PACOTE 05	60,09 dias	60,00 dias	1560,00 dias	0	60,00 dias
PACOTE 06	40,14 dias	40,00 dias	1040,00 dias	0	40,00 dias
PACOTE 07	2,00 dias	2,00 dias	52,00 dias	2	4,00 dias
PACOTE 08	20,07 dias	20,00 dias	520,00 dias	0	20,00 dias
PACOTE 09	7,98 dias	8,00 dias	208,00 dias	0	8,00 dias
PACOTE 10	9,90 dias	10,00 dias	260,00 dias	-2	8,00 dias
PACOTE 11	20,99 dias	21,00 dias	546,00 dias	-1	20,00 dias
TOTAL			7150,00 dias		

Depois de se obter as durações balanceadas dos pacotes, é realizado o dimensionamento das equipes com o objetivo de encontrar um ritmo em comum. As equipes para encontradas para os pacotes dos trechos A e B são apresentadas nas Tabela 32 e Tabela 33.

Tabela 32 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

EQUIPES TRECHO A				
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO APÓS BALANCEAMENTO	(3) (2) x 26 SEGMENTOS	(4) EQUIPES	(5) DURAÇÃO DO PACOTE ACCELERADO COM ACRÉSCIMO DE EQUIPES
PACOTE 01	16,00 dias	416,00 dias	1	16,00 dias
PACOTE 02	20,00 dias	520,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 03	60,00 dias	1560,00 dias	3	20,00 dias
PACOTE 04	20,00 dias	520,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 05	48,00 dias	1248,00 dias	2	24,00 dias
PACOTE 06	40,00 dias	1040,00 dias	2	20,00 dias
PACOTE 07	4,00 dias	104,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 08	20,00 dias	520,00 dias	5	4,00 dias
PACOTE 09	4,00 dias	104,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 10	8,00 dias	208,00 dias	2	4,00 dias
PACOTE 11	20,00 dias	520,00 dias	5	4,00 dias
TOTAL		6760,00 dias		

Tabela 33 - Determinação das equipes para os pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

EQUIPES TRECHO B				
(1) PACOTES	(2) DURAÇÃO APÓS BALANCEAMENTO	(3) (2) x 26 SEGMENTOS	(4) EQUIPES	(5) DURAÇÃO DO PACOTE ACCELERADO COM ACRÉSCIMO DE EQUIPES
PACOTE 01	16,00 dias	416,00 dias	1	16,00 dias
PACOTE 02	20,00 dias	520,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 03	60,00 dias	1560,00 dias	3	20,00 dias
PACOTE 04	20,00 dias	520,00 dias	1	20,00 dias
PACOTE 05	60,00 dias	1560,00 dias	3	20,00 dias
PACOTE 06	40,00 dias	1040,00 dias	2	20,00 dias
PACOTE 07	4,00 dias	104,00 dias	1	4,00 dias
PACOTE 08	20,00 dias	520,00 dias	5	4,00 dias
PACOTE 09	8,00 dias	208,00 dias	2	4,00 dias
PACOTE 10	8,00 dias	208,00 dias	2	4,00 dias
PACOTE 11	20,00 dias	520,00 dias	5	4,00 dias
TOTAL		7176,00 dias		

4.3.3.7 Linha de Balanço Balanceada

Com as durações dos pacotes obtidas na coluna 5 das Tabela 32 e Tabela 33 e a definição da representação gráfica dos pacotes visto na Figura 51, foi possível elaborar a nova programação da linha de balanço da Figura 52, para os respectivos trechos A e B.



Figura 51 - Pacotes utilizados na nova Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)

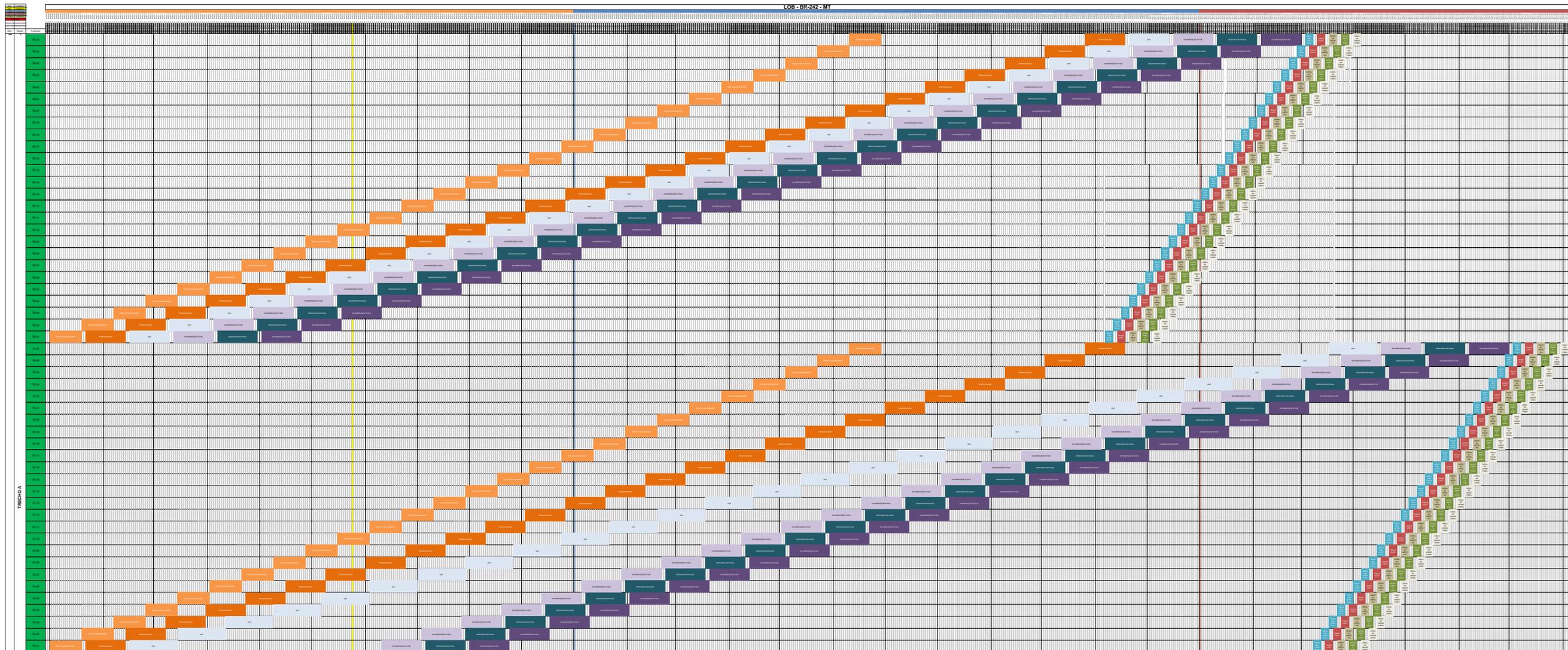


Figura 52 - Linha de Balanço depois do balanceamento dos pacotes. (Fonte: Próprio Autor)

4.3.4 Comparação entre as programações

Na comparação entre as programações, não foi possível avaliar ganhos financeiros, sendo assim a comparação entre as duas programações fica restrita ao tempo de execução e ao uso das equipes (recursos), da mesma forma que foi apresentada para o planejamento da empresa “A”.

Vale ressaltar aqui, que a programação da empresa “B”, por se tratar de uma licitação na modalidade de RDC, foi realizada com base em um anteprojeto fornecido pelo órgão contratante, sendo assim é possível visualizar o diferente nível de detalhe entre as programações da empresa “A” e B.

4.3.4.1 Apresentação das durações

Nessa subseção será apresentada as durações das atividades da programação original e a programação proposta, também serão apresentados as durações dos pacotes e a folga existente entre o planejamento base e o proposto. As durações das atividades e pacotes, as durações totais e a contabilização de folga relativos aos dois planejamentos citados, para os trechos A e B podem ser observados nas Tabela 34 e Tabela 35.

Tabela 34 - Duração de atividades e pacotes do trecho A. (Fonte: Próprio Autor)

Pacotes	Atividades	(1)	(2)	(3)	
		Dias de execução da programação original por atividade	Dias de execução da programação proposta por atividade	Dias de execução da programação proposta balanceada por pacotes	
Trecho A	Pacote 01	Desmatamento e limpeza	471,00 dias	468,00 dias	416,00 dias
	Pacote 02	Escavação, carga e transporte	496,00 dias	494,00 dias	520,00 dias
		Compactação aterro	496,00 dias	494,00 dias	
	Pacote 03	Regularização de subleito	497,00 dias	494,00 dias	1560,00 dias
		Sub-base SEG	496,00 dias	494,00 dias	
		Base SEG	497,00 dias	494,00 dias	
		Imprimação	497,00 dias	494,00 dias	
	Pacote 04	Pintura de ligação com RR-1C	522,00 dias	520,00 dias	520,00 dias
		Revestimento em binder / CBUQ	522,00 dias	520,00 dias	
	Pacote 05	Bueiros de grotas	183,00 dias	182,00 dias	1248,00 dias
		Bueiros de greide	548,00 dias	546,00 dias	
Caixas coletoras		548,00 dias	546,00 dias		
Pacote 06	Dreno profundo	523,00 dias	546,00 dias	1040,00 dias	
	Valeta de proteção de corte/aterro	523,00 dias	520,00 dias		
Pacote 07	Sinalização vertical	52,00 dias	52,00 dias	104,00 dias	
	Sinalização horizontal	52,00 dias	52,00 dias		
Pacote 08	Defensa metálica	523,00 dias	546,00 dias	520,00 dias	
Pacote 09	Cerca de arame farpado	52,00 dias	52,00 dias	104,00 dias	
Pacote 10	Revestimento vegetal 1ª fase	129,00 dias	130,00 dias	208,00 dias	
	Revestimento vegetal 2ª fase	129,00 dias	130,00 dias		
Pacote 11	Sarjetas / meio-fio de concreto	547,00 dias	546,00 dias	520,00 dias	
	Entradas d'água	547,00 dias	546,00 dias		
	Descidas d'água / dissipadores	547,00 dias	546,00 dias		

As atividades indicadas com cor são as atividades críticas que formam as durações dos pacotes.

	(4) Duração total do planejamento original	(5) Duração total da reprogramação	(6) Duração total Reprogramação Balanceada
Somatório das durações	6736,00 dias	6760,00 dias	6760,00 dias
Folga (6) - (4)			24,00 dias

Tabela 35 - Duração de atividades e pacotes do trecho B. (Fonte: Próprio Autor)

Pacotes	Atividades	(1)	(2)	(3)	
		Dias de execução da programação original por atividade	Dias de execução da programação proposta por atividade	Dias de execução da programação proposta balanceada por pacotes	
Trecho B	Pacote 01	Desmatamento e limpeza	471,00 dias	468,00 dias	416,00 dias
	Pacote 02	Escavação, carga e transporte	496,00 dias	520,00 dias	520,00 dias
		Compactação aterro	496,00 dias	494,00 dias	
	Pacote 03	Regularização de subleito	497,00 dias	520,00 dias	1560,00 dias
		Sub-base SEG	496,00 dias	494,00 dias	
		Base SEG	497,00 dias	494,00 dias	
		Imprimação	497,00 dias	494,00 dias	
	Pacote 04	Pintura de ligação com RR-1C	522,00 dias	520,00 dias	520,00 dias
		Revestimento em binder / CBUQ	522,00 dias	520,00 dias	
	Pacote 05	Bueiros de grotas	470,00 dias	468,00 dias	1560,00 dias
		Bueiros de greide	548,00 dias	546,00 dias	
Caixas coletoras		548,00 dias	546,00 dias		
Pacote 06	Dreno profundo	523,00 dias	520,00 dias	1040,00 dias	
	Valeta de proteção de corte/aterro	523,00 dias	546,00 dias		
Pacote 07	Sinalização vertical	52,00 dias	52,00 dias	104,00 dias	
	Sinalização horizontal	52,00 dias	52,00 dias		
Pacote 08	Defesa metálica	523,00 dias	520,00 dias	520,00 dias	
Pacote 09	Cerca de arame farpado	208,00 dias	208,00 dias	208,00 dias	
Pacote 10	Revestimento vegetal 1ª fase	129,00 dias	130,00 dias	208,00 dias	
	Revestimento vegetal 2ª fase	129,00 dias	130,00 dias		
Pacote 11	Sarjetas / meio-fio de concreto	547,00 dias	546,00 dias	520,00 dias	
	Entradas d'água	547,00 dias	546,00 dias		
	Descidas d'água / dissipadores	547,00 dias	546,00 dias		
<p style="color: red;">As atividades indicadas com cor são as atividades críticas que formam as durações dos pacotes.</p>					
		(4)	(5)	(6)	
		Duração total do planejamento original	Duração total da reprogramação	Duração total Reprogramação Balanceada	
Somatório das durações		7179,00 dias	7228,00 dias	7176,00 dias	
Folga (6) - (4)				-3,00 dias	

Observando as Tabela 34 e Tabela 35, é possível identificar seis colunas numeradas, onde na coluna 1 são apresentados os totais de dias de execução por atividade previstos no planejamento original para o trechos originais, já na coluna 2 estão contidos os totais de dias de execução previstos na reprogramação, na coluna 3 pode ser visto os dias de execução por pacotes depois do balanceamento das atividades. Nas colunas 4, 5 e 6 temos os somatórios das

durações das demais colunas, porém para o somatório das colunas 1 e 2, só foram consideradas as atividades críticas, que são apresentadas com cor.

4.3.4.2 Apresentação das folgas ocasionadas pelo balanceamento

Com o ajuste das durações feitas na etapa do balanceamento, foram geradas folgas positivas e negativas quando comparadas as durações totais, por trecho, do planejamento original com as da reprogramação. As folgas existentes entre os planejamentos podem ser observadas na Tabela 36.

Tabela 36 - Apresentação das folgas existentes entre as programações. (Fonte: Próprio Autor)

Trechos	(1) Duração total do planejamento original	(2) Duração total Reprogramação Balanceada	Folga (2) - (1)
Trecho A	6736,00 dias	6760,00 dias	24,00 dias
Trecho B	7179,00 dias	7176,00 dias	-3,00 dias

Analisando a Tabela 36, podemos concluir que há 24 a mais na nova programação para os trechos A e para o B tem-se 3 dias a menos, onde somando esses valores totalizamos em uma folga de 21 dias.

4.3.4.3 Apresentação dos dias produtivos, dias improdutivos e histogramas de dias de equipes

Um dos grandes benefícios do emprego da técnica da Linha de Balanço é a transparência do processo executivo proporcionado à programação de uma obra. Uma vez elaborando o gráfico da linha de balanço com base na programação original, é possível identificar pontos de melhoria, como: a existência de folgas livres e as constantes mobilizações e desmobilizações de equipes. Sendo assim, nesta subseção serão apresentados os dias produtivos e improdutivos das principais atividades que compõem os pacotes de trabalho para os trechos A e B.

Para essa análise foram feitas as seguintes considerações:

- a. cada atividade do planejamento base é composta por 1 equipe, sendo assim, uma atividade com 7 dias de duração possui 7 dias da equipe;

- b. para cada atividade do novo planejamento é composta por 1 equipe, exceto as que foram aceleradas com o acréscimo de recursos;
- c. os pacotes criados para o planejamento original, com o objetivo de se obter uma comparação par a par, são formados pelas mesmas atividades da nova programação;
- d. cada pacote criado possui uma equipe independente, de atuação exclusiva no pacote;
- e. dias produtivos são os dias referentes a execução das atividades/pacotes;
- f. dias improdutos são os dias dentro do período da execução, onde uma determinada equipe encontra-se parada aguardando o início da próxima atividade.

Os dias produtivos e improdutos dos pacotes e os histogramas de dias de equipes das programações original e com o uso da técnica Linha de Balanço são apresentados nas Tabela 37 e Figura 53, e Tabela 38 e Figura 54, respectivamente.

Tabela 37 - Tabela dos dias produtivos e improdutos da programação original. (Fonte: Próprio Autor)

PACOTES	DIAS PRODUTIVOS	DIAS IMPRODUTIVOS	DIAS DE EQUIPES
PACOTE 01	471 dias	0 dias	942 dias
PACOTE 02	496 dias	0 dias	992 dias
PACOTE 03	550 dias	0 dias	2980 dias
PACOTE 04	522 dias	0 dias	1044 dias
PACOTE 05	548 dias	0 dias	2845 dias
PACOTE 06	523 dias	0 dias	2092 dias
PACOTE 07	104 dias	0 dias	104 dias
PACOTE 08	208 dias	0 dias	260 dias
PACOTE 09	523 dias	0 dias	1046 dias
PACOTE 10	258 dias	0 dias	516 dias
PACOTE 11	547 dias	0 dias	1094 dias
TOTAL	4750 dias	0 dias	13915 dias



Figura 53 - Histograma dos dias de equipes da programação original. (Fonte: Próprio Autor)

Tabela 38 - Tabela dos dias produtivos e improdutivo da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)

PACOTES	DIAS PRODUTIVOS	DIAS IMPRODUTIVOS	DIAS DE EQUIPES
PACOTE 01	416 dias	0 dias	832 dias
PACOTE 02	520 dias	0 dias	1040 dias
PACOTE 03	624 dias	0 dias	3120 dias
PACOTE 04	624 dias	0 dias	1040 dias
PACOTE 05	624 dias	0 dias	2808 dias
PACOTE 06	624 dias	0 dias	2080 dias
PACOTE 07	208 dias	0 dias	208 dias
PACOTE 08	208 dias	0 dias	1040 dias
PACOTE 09	208 dias	0 dias	312 dias
PACOTE 10	208 dias	0 dias	416 dias
PACOTE 11	208 dias	0 dias	1040 dias
TOTAL	4472 dias	0 dias	13936 dias



Figura 54 - Histograma dos dias de equipes da programação Linha de Balanço. (Fonte: Próprio Autor)

4.3.5 Análise dos resultados da comparação

Compilando os dados apresentados nas subseções 4.3.4.1, 4.3.4.2 e 4.3.4.3 tem-se a Tabela 39.

Tabela 39 - Resultados da aplicação da técnica Linha de Balanço ao planejamento da empresa “A”. (Fonte: Próprio Autor)

PARÂMETROS DE ANÁLISE	(1) PROGRAMAÇÃO ORIGINAL	(2) PROGRAMAÇÃO PELA TÉCNICA LINHA DE BALANÇO	(3) GANHO (1) - (2)	
DIAS DE EXECUÇÃO	758 dias	760 dias	-2 dias	-0,26%
TRECHO A	705 dias	760 dias	-55 dias	-7,80%
TRECHO B	758 dias	656 dias	102 dias	13,46%
DIAS DE EQUIPES	13915 dias	13936 dias	-21 dias	-0,15%
TRECHO A	6736 dias	6760 dias	-24 dias	-0,36%
TRECHO B	7179 dias	7176 dias	3 dias	0,04%
DIAS PRODUTIVOS	4750 dias	4472 dias	278 dias	5,85%
DIAS IMPRODUTIVOS	0 dias	0 dias	0 dias	-

Analisando cada parâmetro da Tabela 39, pode-se concluir que a execução teve um aumento de ciclo de 2 dias em relação a programação original, porém analisando os trechos

individualmente tem-se um aumento de 55 dias para o trecho A e uma redução de 102 dias para o trecho B.

Em relação aos dias de equipes, é possível identificar na coluna 3, que a nova programação possui uma folga de 21 dias de equipes, sendo 24 dias a mais para o trecho A e 3 dias a menos para o trecho B.

No que se trata de dias produtivos, pode-se observar uma redução de 278 dias em todos os pacotes, sendo esses dias representados por ganhos ou perdas, ou seja pacote por pacote. Em relação a dias improdutivos, não houveram ganhos, as duas programações possuem a mesma quantidade.

Vale reiterar que para ser possível realizar essa comparação, os pacotes criados com base na programação original, possuem as mesmas atividades e equipes da nova programação, sendo essas equipes de atuação exclusiva nos pacotes que a pertence.

Outro parâmetro que é tão importante quanto os desenvolvidos nos parágrafos anteriores desta subseção, é o histograma de dias de equipes. Na Figura 55 pode ser observado o comparativo entre os histogramas provenientes da programação original e por Linha de Balanço.

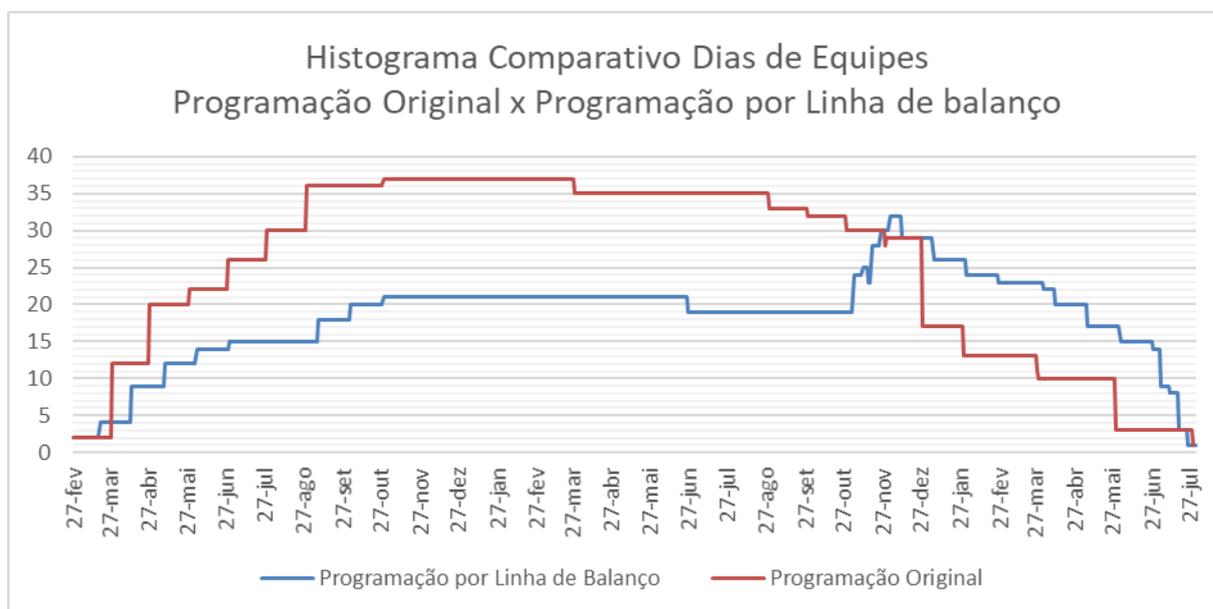


Figura 55 - Comparativo entre histogramas de dias de equipes das programações original e por linha de balanço. (Fonte: Próprio Autor)

Analisando a Figura 55, pode-se observar que a distribuição de recursos (equipes) do planejamento original segue um preceito da curva S, onde nas fases iniciais e finais o trabalho é bem menor se comparado a fase intermediária. Analisando a linha de distribuição de recursos

da programação por Linha de Balanço, é possível identificar que ela possui 2 picos de equipes, o que condiz com a programação elaborada, onde temos duas segmentações claras de serviços devido a diferenças de ritmos. O primeiro pico seria no auge da execução dos serviços de terraplenagem e pavimentação e o segundo no início dos serviços de sinalização, drenagem superficial e outros que podem ser vistos na Figura 52.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 Considerações Iniciais

Neste trabalho foi elaborada uma sistematização da aplicação da técnica Linha de Balanço em obras rodoviárias já planejadas. Esse estudo vem apresentar o poder desta de técnica de programação, pouco utilizada no âmbito rodoviário, quando comparadas com outras técnicas.

A possibilidade de aplicação da técnica Linha de Balanço ao planejamento de uma obra rodoviária, de maneira prática e fácil, técnica essa que traz o conceito de fluxo contínuo, transparência do fluxo de execução e visibilidade ao planejamento, pode facilitar a execução da programação de obra por parte dos planejadores de obra rodoviárias. A partir dos resultados apresentados nos estudos de caso, ficou evidenciado que a aplicação da técnica da Linha de Balanço, sem realizar quaisquer alterações, se tratando de uma simples reorganização da programação original, é capaz de gerar grandes resultados a execução da obra.

Em geral, o melhor resultado de reprogramação, foi a aplicação do estudo de caso da empresa “A”. Considera-se que pelo motivo de o planejamento base fornecido estar mais detalhado e que as técnicas usadas, como diagrama tempo-caminho e PERT/CPM associado com GANTT, que não possuem uma apresentação amigável do planejamento, deixam o planejador mais suscetível cometer enganos, gerando assim horas improdutivas, folgas livres e constantes atividades de mobilização e desmobilização.

Na reprogramação da obra da empresa “B”, foi identificado que o planejamento pouco detalhado, elaborado a partir do anteprojeto, deu poucos subsídios para sua melhoria com apenas uma reorganização, sendo necessário, para alcançar melhores resultados, trabalhar com redimensionamento de equipes afim de ajustar o ritmo das atividades sem ter que usar apenas um fato de multiplicação para elas.

Apesar dos resultados apresentados no estudo de caso “B” estarem bem mais aquém dos resultados obtidos pela aplicação da sistemática no estudo de caso “A”, pode-se considerar satisfatórios, porém para calcular o real reflexo dos ganhos e perdas, seria necessário realizar sua monetização e verificar quanto financeiramente seria o impacto dessa aplicação no planejamento da obra.

Cabe ressaltar que o trabalho se trata da reprogramação do planejamento de longo prazo de obras rodoviárias, mas não descartando a possibilidade de adaptação da sistemática para sua utilização em obras civis.

5.2 Contribuição da Dissertação

As principais contribuições da dissertação foram:

- a. elaboração da sistemática de aplicação da técnica da Linha de Balanço na reprogramação de obras rodoviárias já planejadas;
- b. aplicação da sistemática em dois estudos de caso reais.

5.3 Limitações do Estudo

O estudo possui algumas limitações. A principal limitação do estudo refere-se a necessidade de automatização da aplicação da sistemática, uma vez que a elaboração da Linha de Balanço é um processo manual e lento, dando margem para erros durante a execução do processo.

Outra limitação é que para a elaboração do estudo, muitas considerações foram feitas, sendo as principais, que toda unidade básica teria a mesma quantidade de serviços e que todos os serviços planejados eram compostos por uma equipe. Essas considerações foram realizadas pelo motivo de não ter tido acesso ao projeto e aos recursos do planejamento original.

5.4 Recomendações para Trabalhos Futuros

Para estudos futuros sugere-se o prosseguimento deste, com pesquisas relacionadas a influência de outras variáveis na aplicação da sistemática. Como exemplos, a influência do tamanho da unidade básica, plano de ataque da obra e dimensionamento de equipes.

Sugere-se também um estudo a sobre o impacto dos tempos de folga, gerados pela programação de recursos, na execução da obra, verificando a viabilidade das programações elaboradas.

E por fim, sugere continuar esse estudo aplicando variáveis econômicas para avaliar financeiramente os ganhos e perdas para cada estudo de caso.

REFERÊNCIAS

ABRAM, I. **Planejamento de Obras Rodoviárias**. Salvador, BA: Ed. ANEOR, 2011.

ARDITI, D.; TOKDEMIR, O. B.; SUH, K. Challenges in line-of-balance scheduling. **Journal of construction engineering and management**, v. 128, n. 6, p. 545-556, 2002.

ASSUMPCÃO, J. F. P. **Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios**. 1996. p. 206. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARRIE, D. S.; PAULSON JUNIOR, B. C. **Professional construction management**, p. 232-233, New York: McGraw-Hill Inc, 1978.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

BHUSHAN R. S.; SRINIVASA RAGHAVAN V. Line of balance - a contractor friendly scheduling technique, engineering, **Indian Journal of Applied Research**, v. 3, n. 6, June, 2013.

BIRRELL, G. S. Construction planning-beyond the critical path, **Journal of the Construction Division**, v. 106, n. 3, p. 389-407, 1980.

CARR, R. I.; MEYER, W. L. Planning construction of repetitive building units, **Journal of the Construction Division**, v. 100, n. 3, p. 403-412, 1974.

CHRZANOWSKI JUNIOR, E. N.; JOHNSTON, D. W. Application of linear scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 112, n. 4, p. 476- 491, 1986.

DEPEXE, M. *et al.* Aplicação da técnica da linha de balanço segundo os princípios da Lean Construction. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENTAC 2006, 2006.

DRESSLER, J. Construction management in West Germany. **Journal of the Construction Division**, v. 106, n. 4, p. 477-487, 1980.

GORMAN, J. E. How to get visual impact on planning diagrams, **Roads and Streets**, v. 115, n. 8, p. 74-75, 1972.

HALPIN, D. W.; WOODHEAD, R. W. **Design of construction process operations**. New York, N.Y: John Wiley & Sons, 1976.

HARRIS, F. C.; EVANS, J. B. Road Construction-Simulation Game for Site Managers. **Journal of the Construction Division**, v. 103, p. 406-414, 1977.

HINZE, J. W. **Construction planning and scheduling**. Pearson Higher Ed, 2011.

INSFRÁN, A. A. L. **Um sistema para Planejamento Operacional de Obras de Rodovias**. 2001. Tese de mestrado, Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ISATTO, E. *et al.* **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

JOHNSTON, D. W. Linear scheduling method for highway construction. **Journal of the Construction Division**, v. 107, n. 2, p. 247-261, 1981.

JUNQUEIRA, L. *et al.* **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0**. São Paulo, 2006.

LAUFER, A. Essentials of project planning: owner's perspective. **Journal of Management in Engineering**, v. 6, n. 2, p. 162-176, 1990.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, v. 5, n. 3, p. 243-266, 1987.

LEVITT, R. E.; KARTAM, N. A.; KUNZ, J. C. Artificial intelligence techniques for generating construction project plans. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 3, p. 329-343, 1988.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Livros Técnicos e Científicos, 1997.

LOBÃO, E. C.; PORTO, A. J. V. Proposta Para Sistematização de Estudo de Simulação. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-ENEGEP. Gramado, RS, 1997.

Anais Eletrônicos... Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T1101.PDF>. Acesso em: 11 fev. 2017.

LUMSDEN, P. **The line-of-balance method**. Pergamon Press Limited, 1968.

LUTZ, J. D.; HALPIN, D. W. Analyzing linear construction operations using simulation and line-of-balance. **Transportation Research Record**, n. 1351, p. 48-56, 1992.

MADERS, B. **Técnica de programação e controle da construção repetitiva, linha de balanço, estudo de caso de um conjunto habitacional**. 1987.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. Pini, 2010.

MAZIERO, L. **Aplicação do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas: um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação**. 1990. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990.

MENDES JUNIOR, R.; HEINECK, L. F. M. Towards production control on multi-story building construction sites. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley, 1999, p. 313 - 324.

MENDES JUNIOR, R. *et al.* **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. 1999.

MOURA, R. S. L. M.; HEINECK, L. F. M. **Linha de Balanço—Síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Maceió, AL: 2014.

NAAMAN, A. E. Networking Methods for Project Planning and Control. **Journal of the Construction Division**, v. 100, n. Proc. Paper 10814, 1974.

O'BRIEN, J. J. VPM scheduling for high-rise buildings, **Journal of the Construction Division**, v. 101, n. 4, p. 895-905, 1975.

O'BRIEN, J. J. **Scheduling handbook**. New York: McGraw-Hill Inc., 1969.

PACHECO, M. T. G.; HEINECK, L. F. M. Redução do tempo de atravessamento em programação por linha de balanço através da redução da unidade de repetição sobre influência do efeito aprendido: uma visão enxuta. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2008.

PEER, S. Network analysis and construction planning, **Journal of the Construction Division**, v. 100, n. 3, p. 203-210, 1974.

PINHEIRO, M. B. **Considerações gráficas sobre a ligação entre a Linha de Balanço e o Sistema Toyota de Produção**. 2009. Monografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RUSSELL, A. D.; CASELTON, W. F. Extensions to linear scheduling optimization, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 1, p. 36-52, 1988.

SARRAJ, Z. M. A. Formal Development of Line-of-Balance Technique. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 116, p. 689-704, 1990.

SELINGER, S. Construction planning for linear projects, **Journal of the Construction Division**, v. 106, n. 2, p. 195-205, 1980.

STRADAL, O.; CACHA, J. Time space scheduling method, **Journal of the Construction Division**, v. 108, n. 3, p. 445-457, 1982.

SUHAIL, S.; NEALE, R. CPM/LOB: New Methodology to Integrate CPM and Line of Balance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 120, n. 3, p. 667-684, 1994.

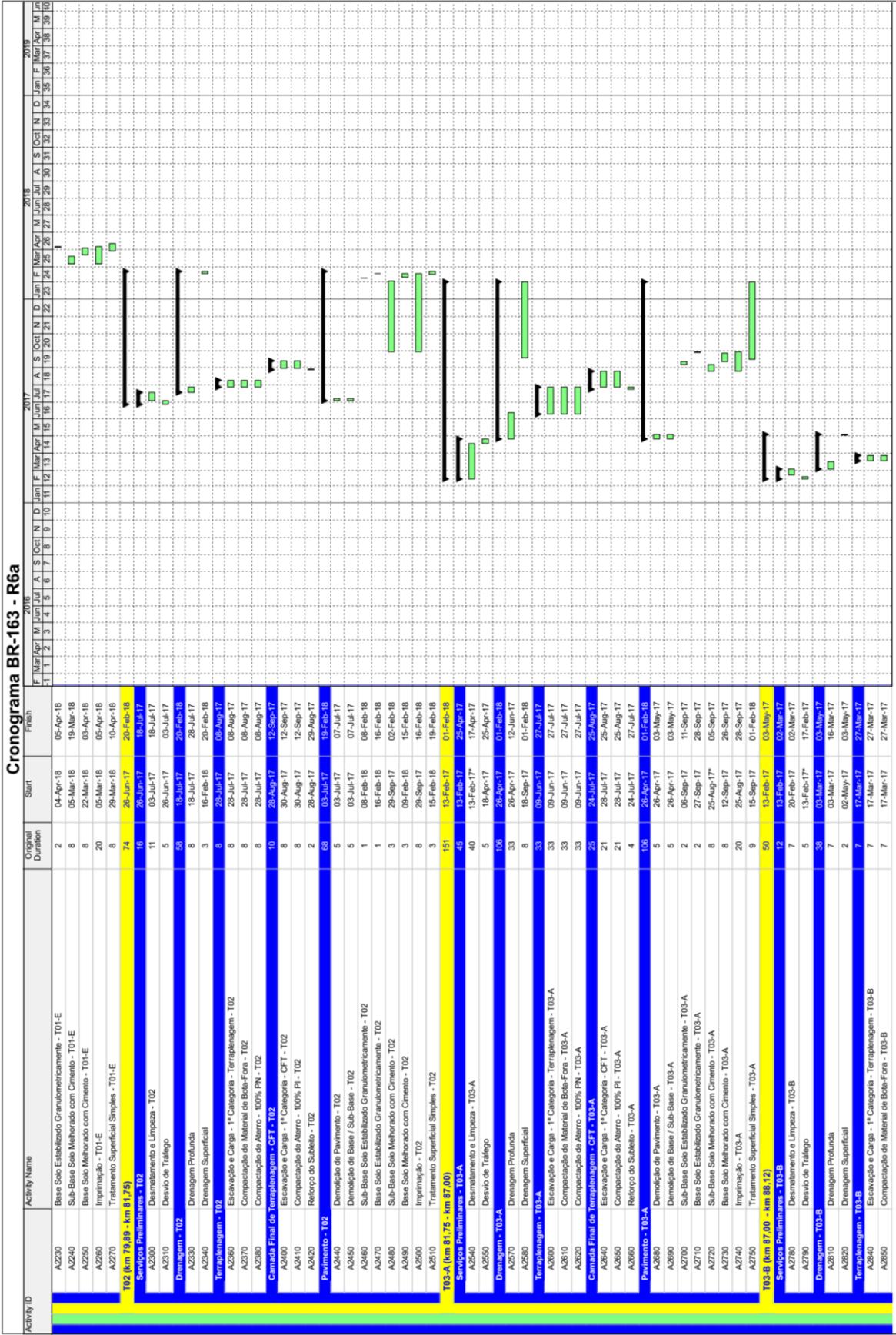
THABET, W. Y.; BELIVEAU, Y. J. HVLS: horizontal and vertical logic scheduling for multistory projects, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 120, n. 4, p. 875-892, 1994.

TOMMELEIN, I. D. Discrete-event simulation of lean construction processes. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Goald Coast, Australia. **Proceedings**... Goald Coast: Griffith University, 1997. p. 121-136.

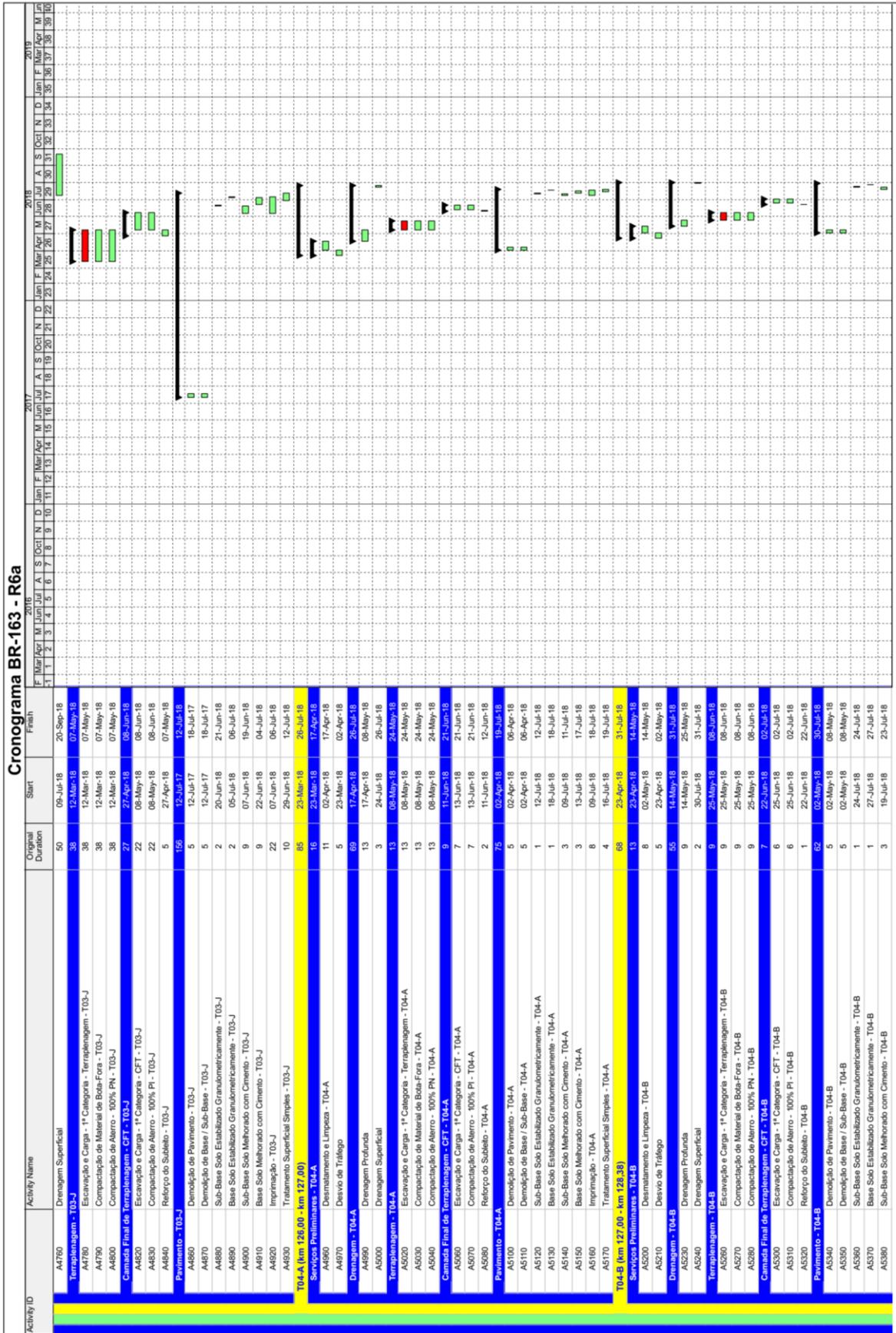
WHITEMAN, W. E.; IRWIG, H. G. Disturbance scheduling technique for managing renovation work, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 2, p. 191-213, 1988.

ZACOEB, A. **Planning and Analysis Construction Operation**: Malang. Brawijaya University, 2014. 11 slides.

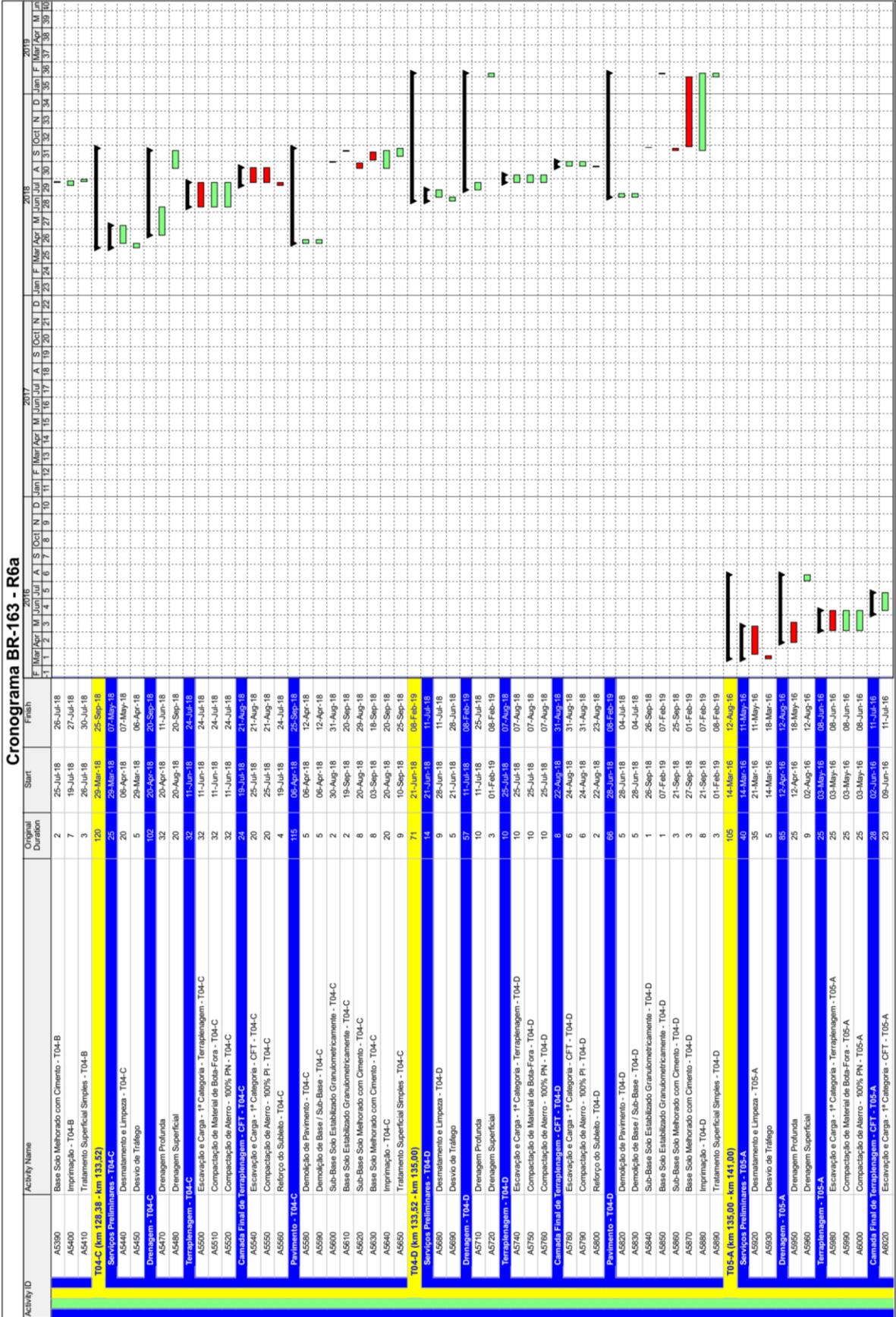
Cronograma BR-163 - R6a



Cronograma BR-163 - R6a



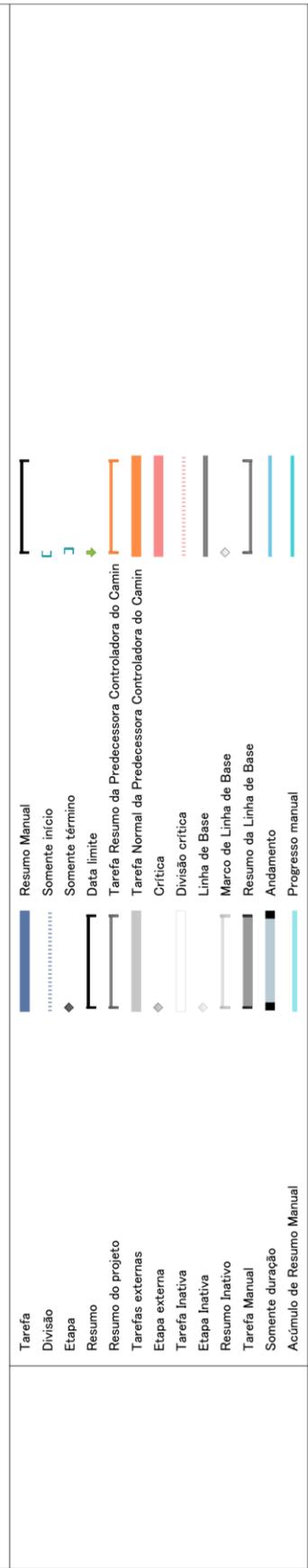
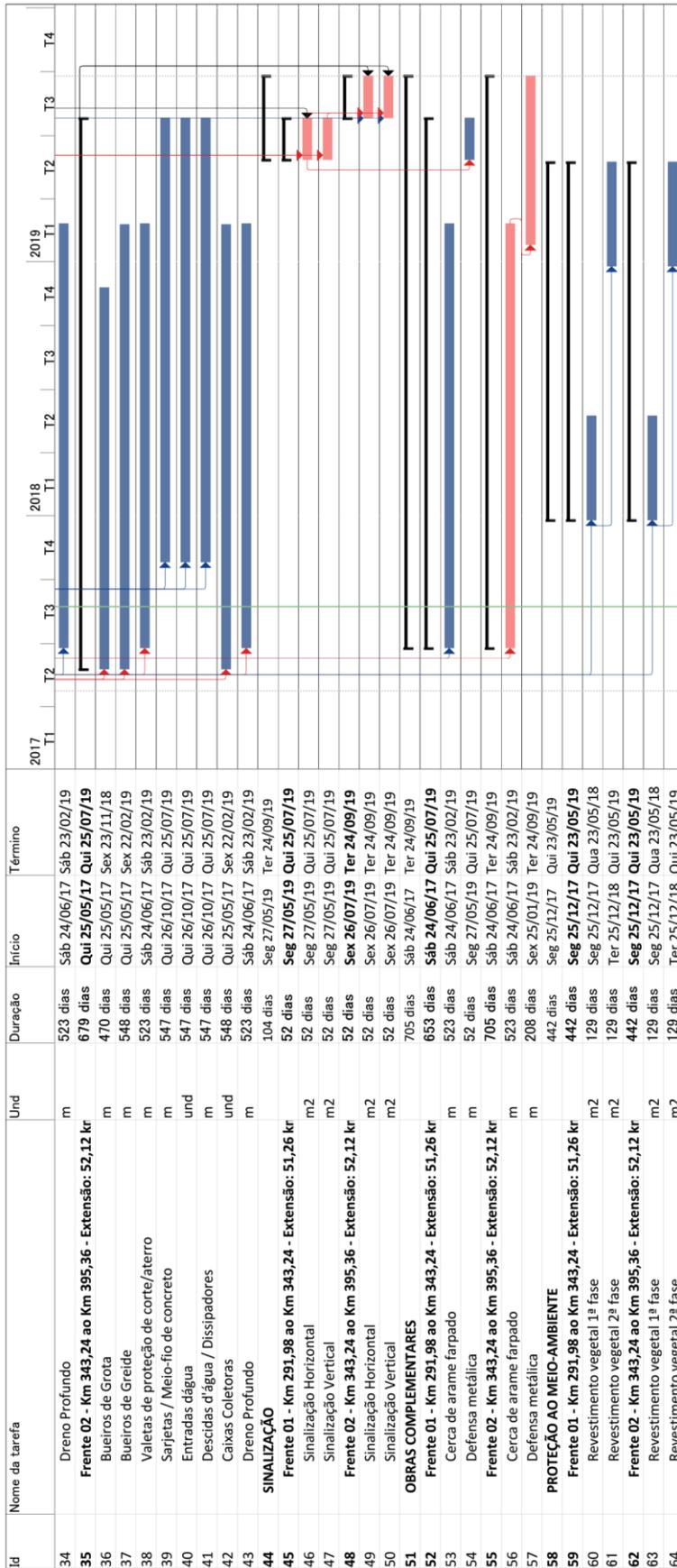
Cronograma BR-163 - R6a



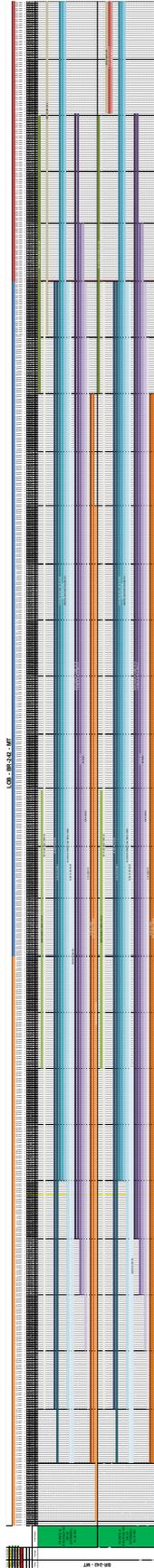
APÊNDICE 2



[Clique para baixar arquivo em PDF](#)



APÊNDICE 4



[Clique para baixar arquivo em PDF](#)