

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS

**USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO EM GESTÃO DE
PROJETOS**

KARINE GOMES BEZERRA DE ALCÂNTARA

Setembro de 2012

USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO EM GESTÃO DE PROJETOS

KARINE GOMES BEZERRA DE ALCÂNTARA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Sibelius Lellis Vieira

Setembro de 2012

USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO EM GESTÃO DE PROJETOS

KARINE GOMES BEZERRA DE ALCÂNTARA

Esta Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em SETEMBRO DE 2012.

Prof. Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sibelius Lellis Vieira
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Simões de Albuquerque, Ph.D.

Prof. Dra. Solange da Silva

Prof. Dr. Clarimar José Coelho

Goiânia – Goiás
Setembro de 2012

Alcântara, Karine Gomes Bezerra de
Uso de técnicas de planejamento em gestão de
projetos. Goiânia: PUC Goiás/MEPROS,
201.
141p.: il.; 29,7 cm.
Orientador: Sibelius Lellis Vieira
Dissertação (mestrado) – PUC Goiás/ MEPROS/
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
e Sistemas, 2012.
Referências Bibliográficas: p 112-119
1. Nivelamento de Recursos 1. 2. CPM 2. 3. Linha de
Balanço; 3. I. Alcântara, Karine Gomes Bezerra. II. Pontifícia
Universidade Católica de Goiás, MEPROS, Programa de
Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas.

Podia ter feito mais, mas diante do cenário atual, fiz o que pude.

Descobri que na vida sempre podemos ir um pouco mais além, obedecendo nossos limites.

Aprendi grandes lições, focadas a dedicação, determinação, concentração e a lidar com o planejamento profissional, acadêmico e familiar.

Muitos desacreditaram, admiraram, não compreenderam.

Mas enfim, esse é o produto de um sonho, cheio de frustrações, desânimos, descobertas e muitas alegrias.

Mas enfim aqui finda mais uma etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A quem deu origem a tudo isso.

A Deus, só o Senhor sabe dos meus sentimentos mais profundos, das minhas angustias, dos meus anseios, está comigo em tudo, em todos os momentos, meu maior confidente, que a cada desânimo me fortalece, obrigada meu Deus não por mais uma etapa vencida, mas por tudo.

Aos meus grandes ídolos, que me apoiam e pelo contínuo apoio na busca dos meus ideais.

Aos meus Pais Iraídes Gomes e Joaquim Bezerra, pois sem eles não teria chegado até aqui, pelo enorme apoio e amor que tem por mim, nunca saberei expressar os meus sentimentos por eles.

Aos meus filhos.

Isabela Vitória e João Lucas, pela ausência e por todos os transtornos que aconteceram nesses últimos anos, perdão por não ter dado mais de mim a vocês, espero muito recompensá-los nos anos que virão.

Ao meu companheiro.

Júlio Calimério, tão difíceis foram esses dias, que se tornaram tão extensos, obrigado pela compreensão, tudo um dia na vida termina, essa etapa não retornará mais, meu muito obrigada de coração.

A minha família como um todo.

Aos meus irmãos Patrícia Gomes e Fabrício Gomes, primos e tios, deixei de participar de vários momentos em função deste trabalho, amo muitos vocês.

Por me ajudarem nas horas de sufoco.

Lourdes, Regina Queiroz, Nide Alcântara, obrigada pela força com a família, por me ajudarem a manter as coisas sobre controle.

Ao meu orientador.

Sibelius Lellis Vieira, pela compreensão, considerações, sugestões e apoio em todos os momentos e atenção que a mim foi dada durante essa longa jornada.

Por entenderem a importância e o significado dessa dissertação para meu crescimento profissional.

Ao meu chefe Leandro Ungarelli, pela especial compreensão, e toda minha equipe de trabalho, Sirlene Carvalho, Lívia Veloso, Ceila Rodrigues, Carolina Barbosa, por serem mais que colegas, muito mais.

Pelo apoio na resolução dos problemas gerados durante minhas pesquisas e dúvidas constantes.

Jorge Albernaz Martins, Rogério Jansen, Debora Foratini e Hailton David, Andreia Alves, muito obrigada pela grande prestatividade, vocês são exemplo de profissionais.

A minhas velhas e queridas amigas.

Kharita Magalhães, Licia Kellen, Magda Roso, Maria José, a distância foi constante neste período, mas obrigada ao Msn, Facebook, Gtalk, por permitir que não nos afastasse.

Finalmente, aqueles que não citei diretamente, não são menos importantes por isso, mas não posso descrever o nome de inúmeras pessoas que gostaria de agradecer.

Muito Obrigada.

Resumo da Dissertação apresentada ao MEPROS/PUC Goiás como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas (M.Sc.)

USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO EM GESTÃO DE PROJETOS

KARINE GOMES BEZERRA DE ALCÂNTARA

Setembro de 2012

Orientador: Sibelius Lellis Vieira

O setor da construção, apesar de ser um dos maiores setores da economia, tem características próprias em especial pela grande movimentação de recursos financeiros e absorção de mão de obra. Apesar de sua importância, apresenta grandes falhas quanto ao processo de planejamento de empreendimentos residenciais. Existem poucas técnicas que auxiliem na programação de produção direcionadas a obras verticais e horizontais seriadas. O método CPM, por utilizar regras heurísticas de programação, possibilita ao gestor a visualização do cenário construtivo. Essa técnica, associada ao conceito de nivelamento de recursos permite sanar problemas comuns de atrasos de obras e uso excessivo de recursos para a execução de projetos. A linha de balanço, técnica também empregada, permite visualizar as falhas e folgas de produção, reduzindo a ociosidade de mão de obra e o nivelamento do ritmo de produção. O objetivo deste trabalho é comparar técnicas de planejamento de obras horizontais seriadas, para a obtenção do melhor desempenho produtivo com base na redução de tempos e otimização de recursos. Neste estudo, foram desenvolvidas análises e demonstrações da eficácia do planejamento tático e operacional de quatro empreendimentos com características particulares e diferenciadas entre si, visando a comparação e o tratamento dos dados obtidos pelos cenários executivos dos gestores das obras, demonstrando assim a melhor alternativa de execução para a tipologia do empreendimento de estudo. Conclui-se que as técnicas propostas são de fácil aplicação, possuem desempenhos específicos, possuem visualizações gráficas complementares e mostraram-se muito eficazes no processo de tomada de decisões, gerando excelentes resultados para obras de natureza repetitivas.

Palavras Chave: Nivelamento de Recursos, CPM, Linha de Balanço.

Abstract da Dissertação apresentada ao MEPROS/PUC Goiás como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas (M.Sc.)

USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO EM GESTÃO DE PROJETOS

KARINE GOMES BEZERRA DE ALCÂNTARA

Setembro de 2012

Orientador: Sibelius Lellis Vieira

Despite the construction sector being one of the largest sectors in the economy, it has its own specific characteristics with abundant movement of financial resources and absorption of labor. Even though its importance, it has major flaws regarding the planning process for residential development. There are few techniques that assist in production schedule aimed at producing vertical and horizontal sequential works. The CPM method, by utilizing heuristic rules of programming, enables the manager to view constructive scenarios. This technique associated with the concept of resource leveling remedies common problems of construction delays and excessive use of resources for project execution. Also, line of balance, a technique used in this study, displays the flaws and gaps in production, reducing the idleness of labor and the leveling of the rate of production. The objective of this study is to compare planning techniques of vertical sequential works, in order to get better performance based on the reduction of time and resource optimization. This study developed analysis and demonstrations of the effectiveness of tactical and operational planning of four enterprises with particular characteristics and differentiated from each other in order to test and process the data obtained by the work scenarios of executive managers, showing the best alternative of execution for the type of enterprise studied. Therefore it is concluded that the proposed techniques are easy to use, have specific performance, feature complementary graphical visualizations and proven to be very effective in making decisions. Both associated techniques generate excellent results for works of a repetitive nature.

Keywords: Resource Leveling, CPM, Line of Balance.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xix
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xxi
1 Introdução	1
1.1 Apresentação.....	1
1.2 Motivação	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Estrutura da dissertação	5
2 Referencial teórico	7
2.1 O processo de planejamento da produção.....	7
2.2 Níveis de planejamento	10
2.3 Planejamento e estimativas	12
2.4 Programação de tarefas em gestão de projetos.....	13
2.5 Técnicas de planejamento e programação	15
2.5.1 Técnicas auxiliares.....	16
2.5.1.1 Diagrama de barras (Gráfico de Gantt)	16
2.5.2 Técnicas de programação.....	18

2.5.2.1	Programa de Avaliação e Análise Técnica (PERT)	18
2.5.2.2	Método do Caminho Crítico (CPM).....	20
2.5.2.3	Técnica de Revisão e Avaliação Gráfica - GERT	24
2.5.2.4	Linha de Balanço (LB).....	25
2.5.2.5	Definição da técnica.....	27
2.5.2.6	Balanceamento das atividades.....	30
2.6	Alocação e nivelamento de recursos	34
2.6.1	Recursos.....	34
2.6.2	Alocação de Recursos	34
2.6.3	Nivelamento de Recursos	36
2.6.4	Microsoft Project	39
2.6.4.1	Aplicações do Programa	40
2.6.4.2	Características Básicas do Microsoft Project.....	42
2.6.5	Work Task.....	44
3	Material e métodos.....	45
3.1	Metodologia de trabalho	46
3.2	Descrição das empresas de estudo	51
3.3	Descrição dos empreendimentos.....	53
4	Descrição dos cenários de estudo.....	55

4.1	Definições gerais do processamento dos dados	55
4.2	Detalhamento da estrutura das redes lógicas	57
4.3	Organização do planejamento e cenários construtivos	63
4.3.1	Empreendimento E1	63
4.3.2	Empreendimento E2	65
4.3.3	Empreendimento E3	67
4.3.4	Empreendimento E4	69
5	Resultados e Discussões	71
5.1	Empreendimento E1	71
5.1.1	Cenário E1A.....	72
5.1.2	Cenário E1B.....	75
5.1.3	Cenário E1C	77
5.1.4	Análise final da duração final dos empreendimentos.....	79
5.2	Empreendimento E2	81
5.2.1	Cenário E2A.....	81
5.2.2	Cenário E2B.....	84
5.2.3	Cenário E2C	86
5.2.4	Análise final da duração final dos empreendimentos.....	88
5.3	Empreendimento E3	90

5.3.1	Cenário E3A.....	90
5.3.2	Cenário E3B.....	93
5.3.3	Cenário E3C	95
5.3.4	Análise final da duração final dos empreendimentos.....	98
5.4	Empreendimento E4	99
5.4.1	Cenário E4A.....	100
5.4.2	Cenário E4B.....	103
5.4.3	Cenário E4C	105
5.4.4	Análise final da duração final dos empreendimentos.....	107
6	Conclusão	109
7	Referências bibliográficas	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do processo decisório do planejamento e controle da produção, (ARMANDO, 1996).....	8
Figura 2 – Estrutura do Planejamento de acordo com os níveis hierárquicos. (Fonte: Adaptado, LIMA JUNIOR, 1990).....	11
Figura 3 – Modelo de gráfico de <i>Gantt</i> , (Adaptado ICHIHARA, 1998).....	18
Figura 4 – Modelo gráfico PERT. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998).....	20
Figura 5 – Modelo de diagrama de flechas (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998.	22
Figura 6 – Modelo de interdependência entre atividades (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)	22
Figura 7 – Modelo de atividade fantasma. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)	23
Figura 8 – Modelo de nó ou evento. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)	23
Figura 9 – Modelo de uma rede CPM. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998).....	24
Figura 10 – Linha de Balanço conceitual para um processo (Fonte: Adaptado MENDES JUNIOR, 1999).....	28
Figura 11 – Linha de Balanço conceitual para dois processos, curvas de produção (Fonte: MENDES JUNIOR, 1999).....	28
Figura 12 – Informações do diagrama da Linha de Balanço. (Fonte: Adaptado MENDES JUNIOR, 1999).....	28
Figura 13 – Linha de Balanço conceitual para um processo (Fonte: CAVALCANTE, 2010)	29

Figura 14 – Linha de Balanço conceitual para dois processos, curvas de produção (Fonte: CAVALCANTE, 2010)	29
Figura 15 – Diferenças entre a programação paralela e programação natural. (Fonte: Adaptado, KRAWCZY FILHO, 2003).....	30
Figura 16 – Programação paralela (Fonte: MENDES JUNIOR, 1999)	31
Figura 17 – Programação natural (Fonte: MENDES JUNIOR, 1999)	32
Figura 18 – Cenário de recursos para programação natural. (Fonte.: MENDES JUNIOR, 1999).....	32
Figura 19 – Cenário de recursos para programação paralela. (Fonte.: MENDES JUNIOR, 1999).....	32
Figura 20 – Modelo de rede. (Adaptado SACOMANO, 2004).....	38
Figura 21 – Programação de tarefas, planejamento tradicional. (Adaptado SACOMANO, 2004).....	38
Figura 22 - Programação de tarefas, com recursos nivelados. (Adaptado SACOMANO, 2004).....	38
Figura 23 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.	46
Figura 24 – Apresentação da estrutura dos resultados gerados em cada cenário.....	51
Figura 25 – Sequência de planejamento	55
Figura 26 – Sequência de nivelamento da produção	56
Figura 27 – Gráfico PERT-CPM de uma rede construtiva.....	58
Figura 28 – Apresentação das atividades referentes às etapas construtivas.	59

Figura 29 – Modelo do diagrama de redes de uma unidade habitacional gerado pela ferramenta de planejamento.....	60
Figura 30 – Modelo das etapas das redes de planejamento – programada em <i>Microsoft Project</i>	61
Figura 31 – Modelo das subetapas das redes de planejamento – programada em <i>Microsoft Project</i>	61
Figura 32 – Modelo das Sub-etapas das redes para todas as unidades.....	62
Figura 33 – Método construtivo modular – empreendimento E1	64
Figura 34 – Premissas construtivas – empreendimento E1	64
Figura 35 – Método construtivo modular – empreendimento E2.....	66
Figura 36 – Método construtivo modular – empreendimento E3.....	67
Figura 37 – Premissas construtivas – empreendimento E3	68
Figura 38 – Método construtivo modular – empreendimento E4.....	69
Figura 39 – Premissas construtivas – empreendimento E4	70
Figura 40 – Programação em CPM – Cenário E1A	72
Figura 41 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E1A	73
Figura 42 – visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E1A.....	74
Figura 43 – visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E1A.....	74
Figura 44 – Programação em CPM – Cenário E1B	75
Figura 45 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E1B	76

Figura 46 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E1B	76
Figura 47 – visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E1B.....	76
Figura 48 – Programação em CPM – Cenário E1B	77
Figura 49 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E1C	78
Figura 50 – Visualização parcial (A) da programação em LB – Cenário E1C	78
Figura 51 – Visualização parcial (B) da programação em LB – Cenário E1C	78
Figura 52 – Programação em CPM – Cenário E2A	82
Figura 53 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E2.....	83
Figura 54 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E2A.....	83
Figura 55 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E2A	83
Figura 56 – Programação em CPM – Cenário E2B	84
Figura 57 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E2B	85
Figura 58 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E2B	85
Figura 59 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E2B	85
Figura 60 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E2B.....	86
Figura 61 – Programação em CPM – Cenário E2C	86
Figura 62 – Visualização geral da programação em LB – Cenário E2C.....	87
Figura 63 – Visualização parcial (A) da programação em LB – Cenário E2C	87
Figura 64 – Visualização parcial (B) da programação em LB – Cenário E2C	88

Figura 65 – Programação em CPM – Cenário E3A	91
Figura 66 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E3A	91
Figura 67 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E3A	92
Figura 68 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E3A	92
Figura 69 – Programação em CPM – Cenário E3B	93
Figura 70 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E3B	93
Figura 71 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E3B	94
Figura 72 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E3B	94
Figura 73 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E3B	95
Figura 74 – Programação em CPM – Cenário E3C	96
Figura 75 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E3C	96
Figura 76 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E3C	96
Figura 77 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E3C	97
Figura 78 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E3C	97
Figura 79 – Programação em CPM – Cenário E4A	100
Figura 80 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E4A	101
Figura 81 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E4A	101
Figura 82 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E4A	102
Figura 83 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E4A	102

Figura 84 – Programação em CPM – Cenário E4B	103
Figura 85 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E4B	104
Figura 86 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E4B	104
Figura 87 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E4B	104
Figura 88 – Programação em CPM – Cenário E4C	105
Figura 89 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E4C	106
Figura 90 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E4C	106
Figura 91 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E4C	106
Figura 92 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E4C	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Técnicas de Programação e Planejamento. (Fonte: SILVA, 1999)	16
Tabela 2- Diferenças básicas entre modelos. (Fonte: MEREDITH, 2003)	24
Tabela 3 - Classificação de recursos (Adaptado, (ICHIHARA, 1998).....	34
Tabela 4 – Descrição dos empreendimentos alvo de estudo.....	47
Tabela 5 – Ficha de coleta de dados de campo.	49
Tabela 6 – Empreendimentos de estudo.	50
Tabela 7 – Descrição dos ambientes de estudo	53
Tabela 8 – Descrição das etapas das redes lógicas dos empreendimentos.	57
Tabela 9 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E1	65
Tabela 10 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E2.....	66
Tabela 11 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E3.....	68
Tabela 12 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E4.....	70
Tabela 13 – Análise de duração do empreendimento E1.....	79
Tabela 14 – Análise uso de recursos empreendimento E1	80
Tabela 15 – Análise de duração do empreendimento E2.....	89
Tabela 16 – Análise uso de recursos empreendimento E2.....	89
Tabela 17 – Análise de duração do empreendimento E3.....	98

Tabela 18 – Análise uso de recursos empreendimento E3	99
Tabela 19 – Análise de duração do empreendimento E4.....	107
Tabela 20 – Análise uso de recursos empreendimento E4	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPM – *Critical Parth Method*

CYCLONE – *Cycle Operations Networks System*

EAP – *Estrutura Analítica do Projeto*

GERT – *Técnica de Revisão e Avaliação Gráfica*

II – *Início-Início*

ISO – *International Organization for Standardization*

IT – *Início-Término*

LB – *Linha de Balanço*

PBPQ-H – *Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade*

PCP – *Programação e Controle da Produção*

PDM – *Precedence Diagram Method*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

SUP – *Superior*

TE – *Térreo*

TI – *Término-Início*

TT – *Término-Término*

WBS – *Work Breakdown Structure*

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A indústria da construção civil é um dos setores mais importantes da economia brasileira, segundo (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2011). Sua taxa de crescimento representa 6,10%, ficando atrás apenas do setor de serviços industriais e de utilidade pública com 6,70%. Isoladamente pode ser considerado o maior empregador do país. É composta por construtoras, incorporadoras, incluindo também os segmentos do comércio dos produtos e serviços.

Possui características marcantes por ser muito heterogênea, beneficia diretamente desde a micro e pequena empresa até grandes fornecedores, além de oferecer produtos para comercialização bem diversificados, incluindo desde o padrão popular ao alto luxo. Pode ser considerada uma indústria altamente fragmentada, possuindo grande número de empresas de portes variados, envolvendo uma enorme diversidade de intervenientes.

As características do setor justificam plenamente a formulação e desenvolvimento de técnicas de planejamento interligadas a um controle gerencial que permita as pequenas empresas atuar com sucesso e adaptar-se às mudanças do ambiente competitivo. A arte de construir reúne um conjunto de profissionais, máquinas, equipamentos e materiais que, associados, produzem, com efeito, a obra desejada.

Planejar não está associado apenas à produção de orçamentos, programações, entre outros documentos de controle, referentes às etapas a serem seguidas durante a execução de um empreendimento como afirma (MOREIRA, 2001), não se pode, portanto, interpretar o planejamento como sendo resultado da geração de planos, obtidos a partir de programação ou cronograma geral da obra.

Segundo (ASSUMPÇÃO, 1996) o planejamento está associado à busca de estratégias que viabilizem ou que potencializem os resultados de um empreendimento. Portanto, seu objetivo é implementar alternativas de menor impacto no custo, prazo e qualidade do produto, permitindo visualizar cenários futuros que subsidiam a tomada de decisão.

Diversos pesquisadores vêm trabalhando no sentido de aprimorar os processos de construção e acompanhamento de obras existentes na realidade dos canteiros de obras. Alguns conceitos tem como base a teoria da Construção enxuta (*Lean Construction*), que é um marco quanto aos estudos publicados sobre planejamento e controle (MENDES JUNIOR, 1999). A partir de publicações e desenvolvimento de pesquisas no setor da produção civil, algumas ferramentas são incorporadas, tais como o PERT¹ e CPM² que procuram apresentar técnicas simples e efetivas para uso diretamente nos canteiros de obras.

Segundo (MENDES JUNIOR, 1999), percebe-se que ao analisar os processos gerenciais de empresas de construção civil, na sua grande maioria, há a necessidade de desenvolver ferramentas práticas para facilitar a coordenação de atividades. Neste aspecto justifica-se o crescimento de pesquisas relacionadas a análise do processo de planejamento

¹ PERT é uma técnica de planejamento que permite a visualizar a sequência de tarefas necessárias do projeto, assim como calcular os tempos de realização das atividades, retratadas no referencia teórico.

² O CPM (Método do Caminho Crítico) ou Técnica de avaliação e revisão de projetos, é uma ferramenta para programação de projetos através de um modelo gráfico, será abordada com mais ênfase na revisão bibliográfica.

de obras. Porém, a aplicação de práticas já existentes são raramente implantadas, visto que muitos gestores focam apenas para a agilidade do processo construtivo.

Duas técnicas de planejamento são abordadas com ênfase neste trabalho, visando dimensionar e alocar corretamente tarefas e recursos no momento certo de acordo com as premissas do planejamento operacional, aprimorando o controle de empreendimentos habitacionais. A primeira é o CPM, que é um termo criado para designar um conjunto de tarefas vinculadas a uma ou mais tarefas que não têm margem de atraso. Trata-se de uma técnica de controle baseado no tempo. A segunda é a LB³ (Linha de Balanço) (LUTZ, 1990), que foi desenvolvida para atender as necessidades de planejamento da indústria de manufatura e posteriormente foi adaptada e utilizada por empresas de construção européias.

1.2 MOTIVAÇÃO

O presente trabalho iniciou-se com questionamentos técnicos originados da vivência em canteiro de obras, onde grande parte das estimativas de execução propostas sempre finalizam em prazos distintos do esperado. Portanto, fundamentou-se a hipótese de manipular cenários construtivos através de ferramentas computacionais existentes, visando reconhecer a origem dos problemas com programação de projetos e contribuir em alternativas práticas.

A necessidade da redução de perdas de tempo e ausência de controle de produção em canteiro de obras e no controle da produção foram abordadas em diversos trabalhos (COLARES, 2010; CAVALCANTE, 2010; AKKARI, 2009; MENDES JR, 1999; COLE, 1991). Em geral embora existam várias ferramentas disponíveis no mercado que usem o PERT e CPM, técnica mais conhecida, observa-se que seu uso é bem reduzido, na prática de

³ A Linha de Balanço assim como o CPM é uma técnica de planejamento adequada à programação de projetos repetitivos, a técnica será apresentada no decorrer deste trabalho.

canteiros de obras, visto que o planejamento está muitas vezes associado apenas ao conceito de tempo de execução, sem foco em otimizar tempo e recursos, mantendo o controle da obra a nível computacional.

O esforço de se manter o planejamento e controle é de grande importância para o sucesso de um projeto. Porém, focar apenas no controle pode não aumentar a eficiência do planejamento. A pesquisa está inserida no enfoque de estudo de sistemas de programações de produção a nível tático e operacional visando propor alternativas para resolver problemas de programação de produção em canteiro de obras.

1.3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal comparar técnicas de planejamento, visando a obtenção dos melhores desempenhos baseados na otimização do tempo e dimensionamento adequado de recursos, fazendo uso de duas técnicas de planejamento a linha de balanço e programação por CPM.

Para realizar a comparação é feito a análise do cenário construtivo de quatro empreendimentos habitacionais, de natureza horizontal em forma de condomínio. A análise de cenários utilizando as técnicas de CPM e Linha de Balanço, aliadas a ao tratamento de conflitos de produção permitem a visualização dos problemas de nivelamento do projeto.

Os dados estudados foram coletados in loco, visando a real descrição dos cenários construtivos. Posteriormente esses dados foram analisados, processados e tabulados com a finalidade de comparar os resultados obtidos em cada empreendimento, os problemas e

soluções encontradas antes e depois da apresentação da proposta de nivelamento⁴ dos recursos.

Os objetivos específicos do projeto são:

- Coletar dados reais do planejamento de obras em execução;
- Analisar os cenários em estudo, diferenciando os empreendimentos entre si, de acordo com os cenários identificados;
- Analisar o fluxo de produção das obras;
- Processar os dados, tempos de execução e recursos utilizados por cada obra, criando as redes individuais de cada obra;
- Definir quais atividades provocam interrupção do fluxo de produção e avaliar qual atividade pode ser reprogramada;
- Definir pontos críticos do planejamento adotado pelos gestores;
- Apresentar os modelos de planejamento mais eficazes diante dos resultados obtidos;

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

No **capítulo 2** são discutidos aspectos teóricos do processo de programação, como técnicas de planejamento, teorias para aplicação de nivelamento e alocação de recursos, ferramentas computacionais disponíveis e suas características.

No **capítulo 3** são apresentados os pontos que nortearam a pesquisa, quanto ao problema identificado, classificação da pesquisa e apresentação do cenário de estudo, assim como os materiais e métodos empregados para o desenvolvimento da mesma.

⁴ Nivelamento de recursos é uma técnica de análise de rede do cronograma aplicada a um modelo de cronograma que já foi analisado pelo método do caminho crítico, ou seja, é utilizado para reanalisar um planejamento anterior.

No **capítulo 4** são apresentadas as diversas fases do desenvolvimento da pesquisa, abordando os aspectos práticos do método de planejamento desenvolvido e como foram divididos os cenários de estudos para a obtenção dos resultados.

No **capítulo 5** são realizadas as análises dos cenários de estudo, apresentado os resultados de cada empreendimento e comparando-os entre si, permitindo assim visualizar os resultados referentes aos objetivos que conduziram a pesquisa.

Finalmente, no **capítulo 6**, são apresentadas as conclusões do trabalho e as considerações referentes ao que foi proposto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Existem inúmeras teorias disponíveis na literatura para definir planejamento. Neste trabalho o termo planejamento visa descrever o processo de tomada de decisões que resultam num conjunto de ações necessárias para a execução de diversas tarefas, no menor tempo possível, de forma otimizada e racionalizada.

O conceito de planejamento adotado neste trabalho com foco no planejamento de obras civis tem características similares às definições disponíveis sobre planejamento de produção, com origens na manufatura. Tal similaridade se dá visto que um processo produtivo sempre envolve ações administrativas semelhantes, desde a produção de uma caneta a produção de casas, visto que envolve uma série de recursos e um planejamento prévio de como o processo será conduzido, visando à obtenção de um produto de qualidade, com o menor preço possível, no menor prazo, diferenciando entre-si apenas o produto final.

Fazendo uma abordagem do planejamento quanto a aspectos da engenharia de produção, (ZACARELLI, 1979), denomina a Programação e Controle da Produção (PCP), definindo-o como "*... um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa*". Ele

afirma que dificilmente se encontra, na prática, dois sistemas de planejamento e controle da produção. Os principais fatores responsáveis por esta diferenciação são: tipo da empresa, tamanho da empresa e diferenças entre estruturas administrativas.

Neste setor define-se que o planejamento é realizado com base em informações de diversas áreas do sistema de manufatura. A figura 1 relaciona as áreas e as informações fornecidas ao PCP, onde define o planejamento em longo, médio e curto prazo. A longo prazo, o planejamento refere-se em nível macro, em médio prazo, obtém-se diretrizes básicas do planejamento de como será a administração da produção em linhas gerais e a curto prazo, observa-se que é realizado o detalhamento da produção e planejamento de recursos, com mais detalhamento para fins de execução.

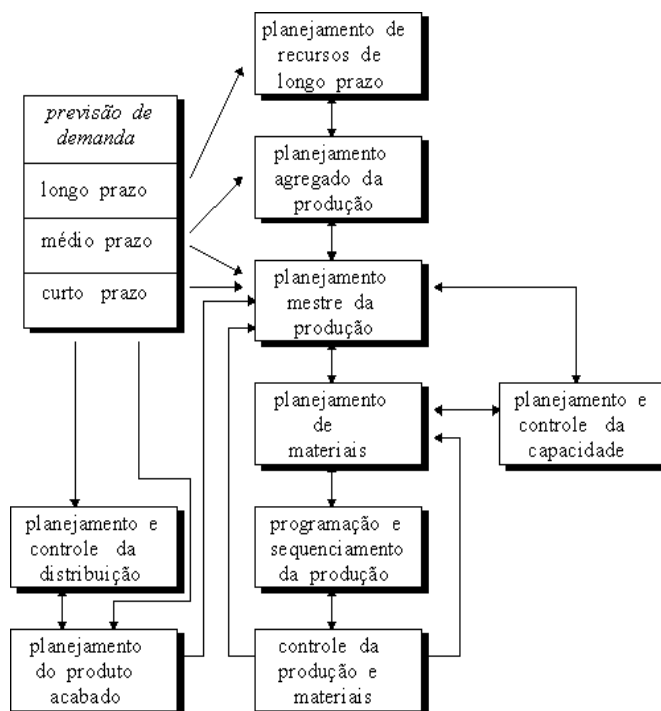


Figura 1 – Estrutura do processo decisório do planejamento e controle da produção, (ARMANDO, 1996).

No setor da construção civil o planejamento tem um papel fundamental para o sucesso do empreendimento, seja em obras de infraestrutura, construção civil, sendo necessário realizar um planejamento inicial para a obra desde a elaboração de seus

projetos, execução e entrega, de modo a evitar os excessivos gastos por falta de dimensionamento de insumos de materiais à mão-de-obra.

O planejamento é um instrumento fundamental na construção civil, e pode ser simples ou necessitar de pessoas especializadas, pois à medida que o planejamento passa a ocupar um lugar de destaque no cenário da construção tornam-se mais indispensáveis à formação de profissionais. Segundo (CIMINO, 1987) o planejamento visa à organização do trabalho, procurando sempre a utilização racional e econômica da mão-de-obra associada aos equipamentos e materiais de construção, assegurando o bom desempenho na execução das atividades.

Pode-se verificar como o planejamento e controle (físico-financeiro) de uma obra estão diretamente ligados a outros setores importantes para todo o tipo de empreendimento. O planejamento da obra é parte de um processo que tem interfaces com outros processos e sistemas internos da empresa.

Neste caso o planejamento pode ser definido como uma sequência de atividades ou eventos, com início e fim, definidos e dirigidos por pessoas que se destinam a alcançar um dado objetivo dentro de parâmetros de custo, tempo, recursos e qualidade. Todavia é único. Mesmo que haja alguma similaridade com um empreendimento executado, há características específicas e diferenciadoras.

Segundo (ÁVILA, 2006), o controle gerencial nada mais é que a comparação sistemática entre o previsto e o realizado, tendo como objetivo fornecer subsídios para as análises físicas, econômicas e financeiras e estabelecer critérios lógicos para a tomada de decisões⁵.

⁵ O Processo de tomada de decisão pode ser definido como o processo de identificação e resolução de problemas e definições de plano de ações baseados em vários cenários, ambientes, análises e fatores.

2.2 NÍVEIS DE PLANEJAMENTO

O planejamento é uma ferramenta administrativa que permite avaliar caminhos e decisões a serem tomadas, em vários níveis da gerência administrativa. Segundo (OLIVEIRA, 1999) o mesmo pode ser dividido em três níveis hierárquicos:

- **Planejamento estratégico:** elaborado geralmente pela alta gerência e abrange toda a estrutura organizacional de uma empresa (longo prazo);
- **Planejamento tático:** desenvolvido por profissionais da média gerência e aplica-se a departamentos específicos, tem objetivo otimizar⁶ resultados. Portanto, trabalha com decomposições dos objetivos propostos pelas estratégias e políticas estabelecidas no planejamento anterior (médio prazo).
- **Planejamento operacional:** considerado como formalização, principalmente através de documentos escritos das metodologias de desenvolvimento e implantações estabelecidas a ser desenvolvido pelos baixos níveis de gerência (curto prazo).

Direcionando os sistemas para o setor da construção civil, o planejamento estratégico, abrange todo o período de construção e tem como objetivo a definição dos ritmos de execução das atividades que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento, como a estrutura, alvenaria ao acabamento. Além disso, as instruções são dadas para a coordenação das atividades de acordo com o fluxo financeiro da empresa.

Segundo (KRAWCZY FILHO, 2003), o planejamento tático visa vincular as metas fixadas no planejamento estratégico com o operacional, ou seja, é elaborado visando a identificação de tarefas a ser realizadas na semana, ou mês, ou seja em breve, servindo

⁶ Neste contexto a palavra otimizar significa melhorar, deixar no cenário ideal, ou seja melhorar até o máximo possível os cenários de planejamento.

como base para a programação do planejamento operacional. Neste planejamento são definidos os pacotes de trabalho⁷ necessários para a determinar a quantidade trabalho para realizar da atividades, tornando-se tarefas.

No planejamento de operacional⁸, as tarefas de fato são executadas pela equipe de produção. Neste momento, os materiais, ferramentas, equipamentos devem estar disponíveis para a execução das tarefas planejadas. O comprometimento da equipe de trabalho, do mestre de obras ao ajudante é de grande importância para a conclusão dos trabalhos de acordo com o planejado.

O sistema de planejamento se repete com características semelhantes em diferentes organizações. Muitas vezes terão pontos em comum, porém apresentam desenhos diferentes, representando as características individuais de cada organização. A figura 2 sintetiza a geração dos planos de ação nos diferentes níveis.

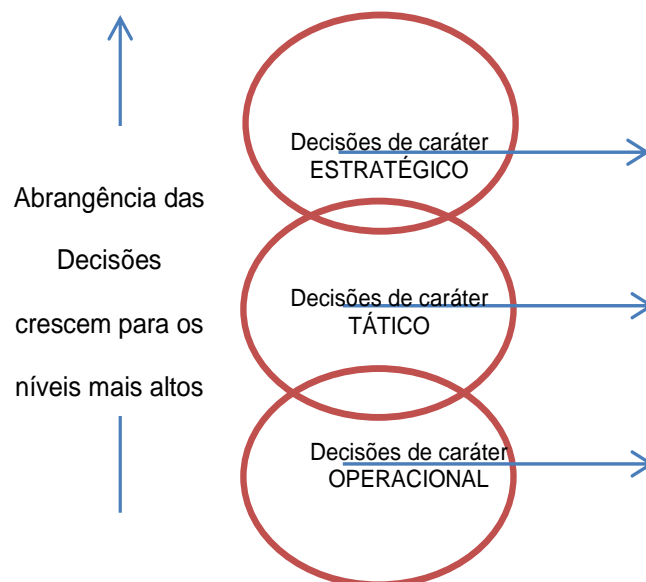


Figura 2 – Estrutura do Planejamento de acordo com os níveis hierárquicos. (Fonte: Adaptado, LIMA JUNIOR, 1990).

⁷ Pacotes de trabalho são unidades de trabalho, onde cada uma constitui uma ação continuada tomada por um operário ou grupo de operários, sem interrupções por outras equipes de trabalho (FORMOSO, 1999).

2.3 PLANEJAMENTO E ESTIMATIVAS

O planejamento é um processo utilizado para determinar as necessidades e pré-requisitos necessários para a realização de um projeto ou atividade, estabelecendo métodos e planos de ação para a execução de cada processo. Para isso é necessário realizar estimativas determinando dimensões, durações e tipos de trabalho a ser executados.

Segundo (MOREIRA, 2001) o planejamento está associado a estimativas. Essas estimativas, no setor da construção, se dividem em duas categorias: as preliminares e detalhadas. As estimativas preliminares são obtidas através de informações limitadas, tais como, planos, especificações preliminares, descrições gerais de uma obra e as detalhadas são declarações reais e precisas possíveis das atividades, sendo que elas podem ser:

- Estimativas de elemento de trabalho
- Estimativa de materiais
- Estimativa de equipamentos
- Estimativa de mão de obra
- Estimativa de programação
- Estimativa de controle

O processo de planejamento é muito mais organizacional do que técnico, envolvendo diversas etapas: coleta de dados, geração de plano (no qual são aplicadas as técnicas), controle, avaliação e replanejamento.

Em todas as áreas de atuação o planejamento e controle são atividades essenciais. Na construção civil, a execução de qualquer empreendimento exige uma combinação de recursos (materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital), os quais estão sujeitos a limites e restrições. A alocação de recursos no devido tempo e o fornecimento de dados e fatos

para o controle somente são possíveis através de um eficiente sistema de planejamento e programação

Segundo (FORMOSO, 1999) o controle gerencial refere-se à comparação sistemática entre o previsto e o realizado, tendo como objetivo fornecer subsídios para as análises físicas, econômicas e financeiras e estabelecer os critérios lógicos para a tomada de decisões.

O processo de planejamento e controle não deve ser confundido com a aplicação de técnicas de planejamento, pois tem um âmbito muito mais amplo, muito mais organizacional do que técnico, envolvendo diversas etapas: coleta de dados, geração de plano (no qual são aplicadas as técnicas), controle, avaliação e replanejamento.

2.4 PROGRAMAÇÃO DE TAREFAS EM GESTÃO DE PROJETOS

Gerenciar é um termo utilizado para descrever controle, coordenação de todas as fases de um projeto. Pode ser definido também como um conjunto de ferramentas, técnicas. O projeto, portanto é uma sequência clara e lógica de eventos possui, portanto início, meio e fim, sendo que cada um possui suas particularidades, gargalos e métodos de execução próprios.

De acordo com (DISMORE, 2009), os conhecimentos e práticas voltados ao gerenciamento de projetos são compostas por várias áreas do conhecimento, sendo elas:

- Gerenciamento de Integração (integração de vários elementos do projeto)
- Gerenciamento do Escopo (atividades necessárias do projeto)
- Gerenciamento de Tempo
- Gerenciamento de Custos
- Gerenciamento da Qualidade

- Gerenciamento de Recursos Humanos
- Gerenciamento de Comunicações
- Gerenciamento de Riscos
- Gerenciamento de Aquisições

Dentre as nove áreas citadas, o tempo em um projeto possui aspectos particulares que são primordiais para a execução do cronograma geral do empreendimento, tarefa, projeto em si. Os demais aspectos são relevantes, mas em especial o tempo é o controlador da correlação entre as atividades, merecendo assim destacadamente seu estudo.

Segundo (KRAWCZY FILHO, 2003) ao se iniciar um projeto independente do setor de implantação, busca-se identificar prazos e custos para sua execução. Portanto, tudo se inicia no planejamento e estudo dos tempos totais do projeto através da implantação de um cronograma, onde é iniciada a conversão do seu plano de ação em uma programação operacional, fazendo o controle de todas as atividades para a execução final do projeto.

O cronograma é um instrumento de planejamento e controle semelhante a um diagrama, em que são definidas e detalhadas minuciosamente as atividades a serem executadas durante um período estimado. Em nível gerencial, um cronograma é um artefato de controle importante para levantamento dos custos de um projeto e, a partir deste artefato, pode ser feita uma análise de viabilidade antes da aprovação final para a realização do projeto. O cronograma, portanto tem uma importância maior que uma operação em curso, pois todo o processo deverá ter uma sequência lógica e interligada.

Para que um cronograma seja gerenciável é necessário um adequado detalhamento das atividades e uso de técnicas de análise de prazos e programação. Atualmente é imprescindível o uso de uma ferramenta visual de formatação e controle das atividades.

Segundo (LIMMER, 1997), a complexidade crescente dos projetos gerou demanda por técnicas de planejamento com o objetivo de aperfeiçoar a eficiência de execução de projetos. Como consequência desta necessidade surgindo, algumas técnicas básicas e outras foram se adaptando ao longo dos anos através de alguns conceitos iniciais de programação de tarefas, como:

- Gráfico de Grantt
- PERT
- CPM
- GERT
- PDM
- Linha de balanço (LB)

Atualmente pode-se fazer uso de alguns programas computacionais como *Microsoft Project*, Primavera, QGert, entre muitos outros disponíveis no mercado, que auxiliam no planejamento de projetos, permitindo assim maior interatividade do gerente de projetos com as atividades e recursos disponíveis.

2.5 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO

Segundo (SILVA, 1999), a programação é um instrumento utilizado para gerar informações sobre o objeto do gerenciamento, dando suporte ao processo de tomada de decisões, partindo do pressuposto que exista um sistema hierárquico, seja ele responsável para apresentar diretrizes ou controle, o sistema de planejamento está voltado para a geração de informações capazes de suportar seu sistema decisório.

De forma sucinta pode-se dizer que o sistema de planejamento eficaz necessita de um sistema de programação, pois o mesmo manipula as informações, apresentando seu

comportamento para os gestores, permitindo a formulação de informações para a tomada de decisão, a tabela abaixo apresenta as técnicas de programação mais utilizadas, sendo que as de maior relevância serão detalhadas nos tópicos posteriores. A tabela 1 classifica as técnicas de programação e planejamento para maior compreensão das abordagens.

Tabela 1- Técnicas de Programação e Planejamento. (Fonte: SILVA, 1999)

Técnicas Auxiliares	Técnicas de Programação	Técnicas de Suporte
Definição das Técnicas		
Servem como instrumento de apoio a programação	São métodos de programação que por si só, são factíveis de serem empregados como apoio ao gerenciamento de empreendimentos	São técnicas avançadas usadas em suporte a determinados métodos de programação, na solução de problemas específicos
Técnicas existentes		
<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Barras (Gráfico de <i>Gantt</i>) • WBS • Curva ABC 	<ul style="list-style-type: none"> • CPM (<i>Critical Path Method</i>) • GERT (<i>Graphical Evaluation and Review Technique</i>) • CYCLONE (<i>Cycle Operations Network System</i>) • LB (Linha de Balanço) 	<ul style="list-style-type: none"> • Programação Linear • Teoria da Simulação • Teoria dos Grafos

2.5.1 TÉCNICAS AUXILIARES

As técnicas auxiliares são técnicas que permitem a visualização gráfica da programação realizada. Não são consideradas métodos de programação, apenas permitem apoio visual ao processo de planejamento, estruturando e organizando as tarefas.

2.5.1.1 DIAGRAMA DE BARRAS (GRÁFICO DE GANTT)

Segundo (BERNARDES, 2001) o gráfico de *Gantt*, também conhecido como diagrama de barras, trata-se de uma técnica de planejamento, que trabalha a modelagem das tarefas em formato de barras, permitindo a ilustração gráfica do avanço das diferentes etapas de um projeto e usada para visualizar às estimativas de tempo previsto versus o realizado.

De maneira geral é usado para ilustrar o avanço das diferentes etapas de um projeto, onde os intervalos de tempo representam o início e fim de cada fase, aparecem como barras coloridas sobre o eixo horizontal do gráfico, nele podem ser visualizadas as tarefas de cada membro de uma equipe, bem como o tempo utilizado para cumpri-la. Assim, pode-se analisar o empenho de cada membro no grupo, desde que os mesmos sejam associados, à tarefa, como um recurso necessário ao desempenho da mesma.

Apesar do diagrama de *Gantt* ser um auxiliar importante do planejador e do programador, por apresentar facilidade em controlar o tempo e em reprogramá-lo ele não resolve todas as questões, principalmente as relacionadas com:

- Atrasos de tarefas
- Apresentação dos custos no diagrama
- Visualização das tarefas críticas do projeto.

A figura 3 mostra um gráfico de barras onde existe uma relação entre atividade em função do tempo, cada tarefa é representada por uma linha, enquanto as colunas representam os dias, semanas ou meses de duração do projeto, ou seja, apresenta uma relação entre uma atividade em função do tempo. O tempo atribuído a uma tarefa é modelado por uma barra horizontal cuja extremidade do calendário de acordo com a de esquerda é posicionadas sobre a data prevista de arranque e a extremidade direita sobre a data prevista de fim de realização. As tarefas podem ligar-se sequencialmente ou ser executadas em paralelo.

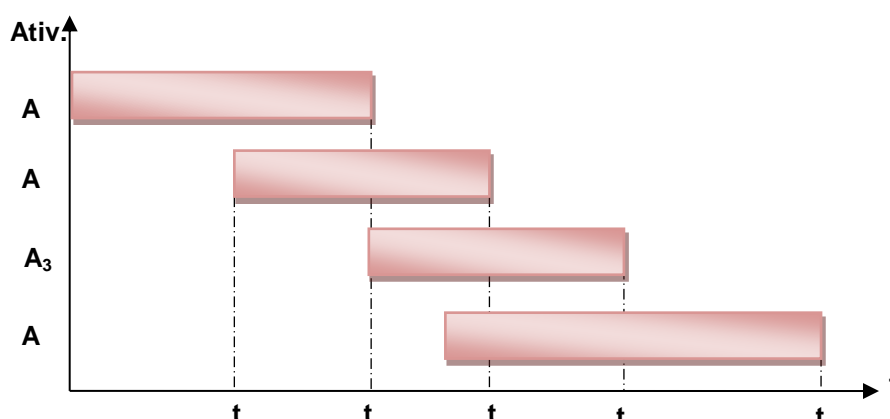


Figura 3 – Modelo de gráfico de *Gantt*, (Adaptado ICHIHARA, 1998).

Segundo (LIMMER, 1997) um dos aspectos negativos do diagrama de Gannt é que ele não apresenta a relação de interdependência das atividades. Suas barras são construídas a partir das informações de início e fim das atividades e suas respectivas folgas, para resolver as questões que o diagrama de *Gantt* não consegue solucionar, foram criadas alternativas para sanar suas deficiências como métodos PERT/CPM, entre outras técnicas de planejamento de projetos.

2.5.2 TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO

2.5.2.1 PROGRAMA DE AVALIAÇÃO E ANÁLISE TÉCNICA (PERT)

O método PERT é uma ferramenta de planejamento que permite representar de forma gráfica a interligação das atividades que favorecem alcançar o objetivo do projeto, fazendo o uso de redes⁹ para sua representação, sendo assim possível determinar tempos e atribuições do projeto como um todo. Suas estimativas de duração podem ser incertas pois ele faz uso de um método probabilístico ou estocástico.

⁹ O termo redes neste trabalho, refere-se ao conjunto de atividades, tarefas, interligadas, que compõem um projeto.

De maneira geral, o método PERT implica, em sua fase preliminar que seja atribuído uma coerência das informações, ou seja:

- Fazer uma segmentação precisa do projeto em tarefas;
- Definir e estimar a duração de cada tarefa;
- Nomear um responsável pelo projeto, encarregado de assegurar o acompanhamento do projeto, informando se necessário às tomadas de decisões em caso de desvio em relação às previsões.

Segundo (MUBARAK, 2010), ele faz uma interpretação dos dados probabilística, baseada na distribuição beta para cada atividade de tempo, usando portanto, essa metodologia em projetos onde o percentual das atividades já finalizadas é praticamente impossível de determinar. O método tem fundamentos estatísticos para calcular a média e a variância (desvio padrão) do tempo necessário para completar a cadeia de eventos que levam à conclusão substancial, com um certo nível de confiança (probabilidade).

Para a formação das redes o PERT, faz-se uso de três tipos de estimativas: a estimativa otimista, onde a previsão assume tudo que irá ocorrer de acordo com o planejado, (geralmente se atribui 1% de probabilidade de ocorrer), a pessimista assume que tudo que irá ocorrer de forma oposta ao que foi planejado (faz uso de 1% de probabilidade de ocorrer) e a mais provável onde assume que parte das atividades do projeto irá ocorrer de acordo com o planejado.

É necessário levar em consideração suas informações antes de transformar essas estimativas em uma equação. Duas informações básicas são utilizadas: a primeira é o desvio padrão, que corresponde a um sexto da variação do tempo necessário e a segunda corresponde a utilização da distribuição beta para as estimativas de tempo para as atividades. A fórmula abaixo descreve como o PERT calcula os tempos mencionados.

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

onde, t_e corresponde ao tempo esperado, a refere-se a previsão otimista, m a previsão provável e b a previsão pessimista. O sistema calcula o desvio padrão de cada atividade e posteriormente obtém a raiz quadrada da soma dos desvios, obtendo o desvio total.

A partir do cálculo dos tempos e desvio padrão pode-se compreender as relações entre os eventos e as previsões otimista, mais provável e pessimista de cada atividade, como ilustra a figura 4.

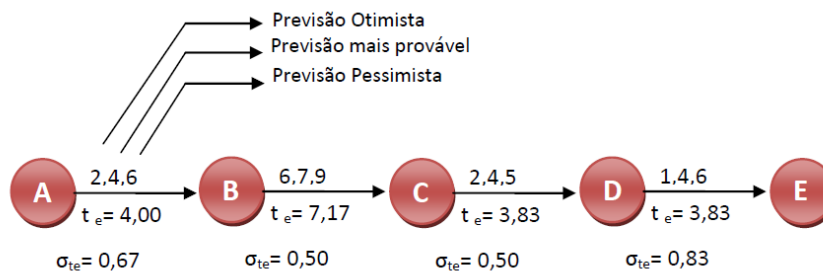


Figura 4 – Modelo gráfico PERT. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)

2.5.2.2 MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO (CPM)

Uma tarefa é considerada crítica do ponto de vista matemático quando o tempo mais cedo da tarefa é igual ao tempo mais tarde que a tarefa pode ter, sem alterar a data final do projeto. O caminho crítico é a seqüência de atividades que devem ser concluídas nas datas programadas para que o projeto possa ser concluído dentro do prazo final. Se o prazo final for excedido, é porque no mínimo uma das atividades do caminho crítico não foi concluída na data programada.

Segundo (O'BRIEN, 2006) o CPM é um dos vários métodos de análise de planejamento de projetos. Sua característica principal é que está diretamente ligado no

planejamento do tempo, com o objetivo de reduzir o tempo da duração total do projeto. As atividades ou tarefas críticas definem assim o caminho crítico, ou seja, revela a sequência de tarefas que condicionam a duração total do projeto. Por esse motivo é possível fornecer informações úteis para a elaboração de um projeto atendendo os recursos necessários em função das restrições aliados às tarefas críticas, permitindo assim o equilíbrio da gestão de recursos ao longo do projeto.

Segundo (O'BRIEN, 2006) o CPM não oferece clarividência, mas reúne todas as informações para o projeto de gestão de equipe. Um dos motivos de sua boa reputação é que ele utiliza o planejador conhecimentos, experiências e instintos em uma maneira lógica primeiro plano e, em seguida, faz uso da programação. Com sua utilização é possível economizar tempo através de um melhor planejamento e em construção.

O gráfico de barras pode ser uma ferramenta utilizada em CPM, porém é limitado nas informações e nas datas de conclusão desejadas, por esse motivo nem sempre isso é real, não é possível com seu uso fazer inter-relações e interdependências. Portanto, a apresentação visual da programação em CPM pode ser semelhante ou associada ao gráfico de barras. O CPM oferece os meios para resolver as diferenças com informações específicas em vez de generalidades.

Para a construção visual de uma rede de planejamento em CPM pode-se ilustrar as sequências e correlações das atividades, fazendo uso de estruturas gráficas, tais como: diagrama de flechas, a atividade fantasma, o nó ou evento.

O diagrama de flechas é um gráfico das operações, em que cada operação é representada por uma flecha. Cada flecha tem uma ponta e uma cauda. A cauda representa o início da operação e a ponta marca o seu final. As flechas são usadas para expressar as relações entre as operações e definir uma ou mais das seguintes situações:

- a operação deve preceder algumas operações;
- a operação deve suceder algumas operações;
- a operação pode ocorrer simultaneamente a outras operações.

A figura 5 apresenta alguns modelos de interligações e interdependências de atividades.

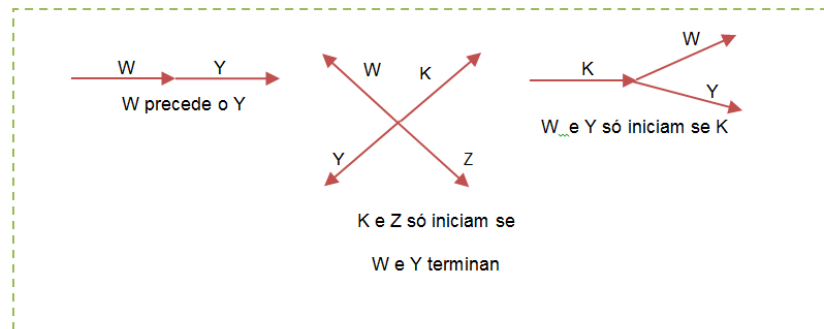


Figura 5 – Modelo de diagrama de flechas (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998).

A figura 6 apresenta algumas das sequências possíveis para a aplicação das interdependências entre as atividades. Em um projeto, algumas atividades estão totalmente interligadas, onde não é possível iniciar uma tarefa A antes de iniciar a tarefa B e assim sucessivamente, como ilustra a figura 6A. A figura 6B, exemplifica uma situação onde algumas tarefas B e C só têm início a partir de uma tarefa inicial A.

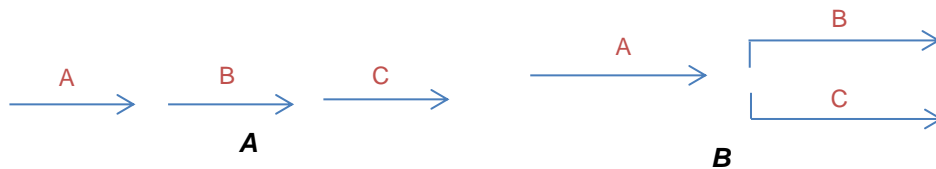


Figura 6 – Modelo de interdependência entre atividades (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)

O nó ou evento são círculos desenhados no início e no final de cada flecha. Têm o objetivo de facilitar a visualização e os cálculos de tempo. Devem ser numerados e sua

numeração é aleatória. O nó não deve ser confundido com uma atividade que demande tempo. Ele é um instante, isto é, um limite entre o início de uma atividade e o final de outra.

A atividade fantasma é uma flecha tracejada usada como artifício para identificar a dependência entre operações. É também chamada de operação imaginária e não requer tempo, como ilustrado na figura 7.

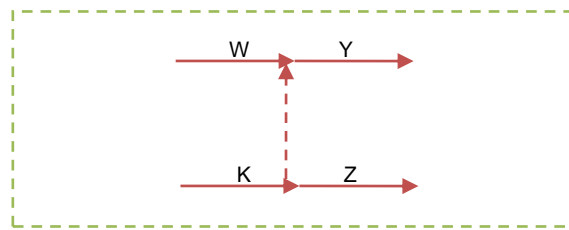


Figura 7 – Modelo de atividade fantasma. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)

As setas contínuas representam a dependência entre as atividades, onde uma atividade deve preceder a outra, possuindo passos sequenciais e tempos de execução, enquanto a atividade fantasma (seta tracejada) é utilizada para fazer um ajuste do cronograma, isto é depende apenas da programação correta. A figura 8 mostra um modelo de rede, no qual existe uma atividade fantasma.

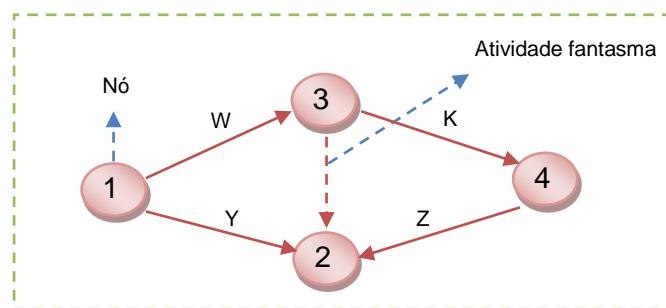


Figura 8 – Modelo de nó ou evento. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)

Segundo (O´BRIEN, 2006), para construir o diagrama são necessários alguns pré-requisitos, como construir a lista das atividades, os tempos e a sequência lógica. Em seguida, realizar o posicionamento das flechas e os nós, obedecendo a sequência lógica e

as relações de dependência. Debaixo de cada flecha, coloca-se o tempo da operação e acima, a identificação da operação. A figura 9 exemplifica um modelo de rede CPM.

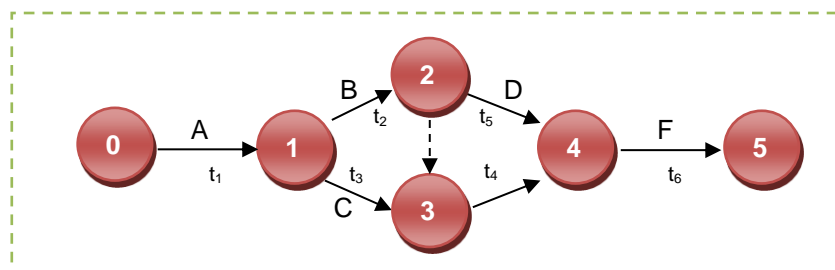


Figura 9 – Modelo de uma rede CPM. (Fonte: Adaptado, ICHIHARA, 1998)

2.5.2.3 TÉCNICA DE REVISÃO E AVALIAÇÃO GRÁFICA - GERT

O GERT é um modelo similar ao PERT e CPM também chamada de técnica de revisão e avaliação gráfica (*Graphical Evaluation Review Technique*), porém possui como característica própria o controle relacionados aos laços, ou seja quando é necessário inspecionar um projeto várias vezes. Portanto trata-se de um modelo de rede designado para enfrentar situações mais complexas em situações de modelagem.

Segundo (MEREDITH, 2003) o método utiliza a mesma estrutura, fazendo a combinação da teoria dos fluxos de sinais gráficos, das redes probabilísticas do PERT/CPM e da árvore de decisões. Esses fluxos são representados por nós lógicos e arcs diretos, com análise da probabilidade de que determinado arco é realizado e de que a distribuição descreverá o tempo necessário para cada atividade.

Suas diversas melhorias constituem-se de simulações de computador, ao contrário das redes PERT e CPM que tentam otimizar os problemas de redes. A tabela 2 compara o modelo GERT com o modelo PERT/CPM, levando em consideração as vantagens e desvantagens e diferenças básicas entre os modelos.

Tabela 2- Diferenças básicas entre modelos. (Fonte: MEREDITH, 2003)

GERT	PERT/CPM
A ramificação a partir de um nó é probabilística	A ramificação a partir de um nó é determinística
Várias distribuições de probabilidade são possíveis para estimar o tempo.	Somente a distribuição beta é possível para a estimativa de tempo.
Flexibilidade na realização de um nó	Nenhuma flexibilidade na realização de um nó
O caminho de retorno para eventos é aceitável	Não é permitido caminho de retorno para eventos anteriores
Dificuldade de se utilizar um ferramenta de controle	Facilidade de se utilizar um ferramenta de controle
Arcos podem representar tanto tempo, custo, confiabilidade	Arcos somente significam tempo.

Para modulação de uma rede GERT existem vários passos a serem seguidos, podendo ser executados em todos os tipos de projetos desde programações para um grupo de escoteiro até um projeto governamental. Para iniciar a programação em GERT é necessário seguir alguns passos iniciais como: a) fazer a conversão qualitativa das ações do projeto em uma rede e posteriormente obter dados para descrever os arcos, ou seja, quaisquer atividades que venham a existir, b) determinar a função equivalente em uma rede, converter a função da rede em duas atividades: a probabilidade de que nós específicos sejam realizados e a função de geração do momento dos tempos de arco, e finalmente fazer a análise de inferência no sistema.

2.5.2.4 LINHA DE BALANÇO (LB)

A linha de balanço é uma ferramenta de planejamento, que se baseia nos conceitos propostos pela Construção Enxuta. Segundo (LORENZON, 2008), a técnica vem sendo utilizada, desde 1993, pelo *International Group for Lean Construction*, referindo-se à aplicação de táticas do sistema de Produção Enxuta no setor da construção civil. A construção enxuta tem três objetivos principais: a entrega do produto, a maximização do valor e a redução do desperdício. Assim, propõe uma melhor organização do processo, eliminando a mão de obra ociosa e otimizando os recursos disponíveis.

Segundo (ICHIHARA, 1998), a Linha de Balanço é um dos métodos mais conhecidos entre os pesquisadores para a programação de projetos lineares. Sua origem é derivada da

indústria de manufatura (*Goodyear*) na década de 40, e foi posteriormente desenvolvida pelo *U.S. Navy Department* nos anos 50, com objetivos de atingir ou avaliar a taxa de fluxo de produtos acabados em uma linha de produção.

O LOB é uma ferramenta orientada para a programação de recursos e graficamente revela divergências entre o programa e o progresso real das atividades, habilitando a administração à avaliação quantitativa (Khristy, 1970). Lumsden (1968) modificou a técnica básica desta ferramenta e a aplicou na programação de construção residencial; em seu trabalho, encontram-se os princípios do método, sua representação e análise. Khisty (1970) a aplicou na produção e suprimento de concreto e em obras de reparo de um porto; Carr e Meyer (1974) descreveram o LOB na sua forma atual; Arditi e Albulak (1986), descrevem um experimento de uso em projetos de construção de estradas; Sarraj (1990), apresentam uma formalização matemática para o método, preenchendo uma lacuna na literatura (ICHIHARA, 1998).

Alguns pesquisadores vêm procurando diversas formas de difundir o uso da Linha de Balanço em vários países. A técnica pode ser utilizada para a programação e planejamento de obras em conjuntos habitacionais, edifícios altos, construção de túneis, estradas, obras de rede de água e esgoto. As unidades em estudo, ou seja as repetições se aplicam dentro da técnica, analisando a execução de casas, anéis, seções, juntas, pavimentos, de acordo com a tipologia produtiva.

Segundo (MENDES JUNIOR, 1999), em nível macro, os gerentes do empreendimento e engenheiros de planejamento utilizam a ferramenta com o intuito de visualizar a organização do projeto e a sequência das atividades a serem seguidas. No nível micro os administradores da obra, engenheiros e mestres usam a técnica para acompanhar

os passos a serem seguidos, buscando a conclusão do trabalho de acordo com o planejado em nível operacional.

Essa filosofia de produção entende os processos como a interação de atividades de conversão e de fluxo, devendo as primeiras serem otimizadas e as de fluxo minimizadas, ou eliminadas, quando possível. Os planos são realizados a partir de do uso de técnicas de programação, onde informações a respeito do início e fim das atividades são respeitadas, bem como a duração máxima necessária para a execução do projeto.

Em resumo, a Linha de Balanço permite atender às necessidades de programação de uma obra tradicional, a melhoria da produtividade na forma clássica (taylorista – repetição e volume de trabalho) ou o apoio à gestão moderna da produtividade e qualidade. A sua estratégia de produção, atendendo aos objetivos da empresa, é que irá determinar quais os benefícios mais importantes e qual a ênfase a ser dada na aplicação da Linha de Balanço.

2.5.2.5 DEFINIÇÃO DA TÉCNICA

Sua metodologia se resume no conceito de que as tarefas são repetidas inúmeras vezes ao longo de uma unidade de repetição. Sua aplicação é simples principalmente por desenvolvimento que pode ser feita graficamente, para substituir a linearidade do da tarefa, podendo ser visualizada num gráfico espaço x tempo, indicando a unidade e quando a tarefa é executada nesta unidade, como ilustram as figuras 10 e 11.

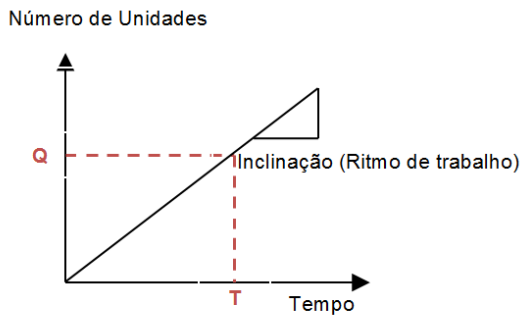


Figura 10 – Linha de Balanço conceitual para um processo (Fonte: Adaptado MENDES JUNIOR, 1999)

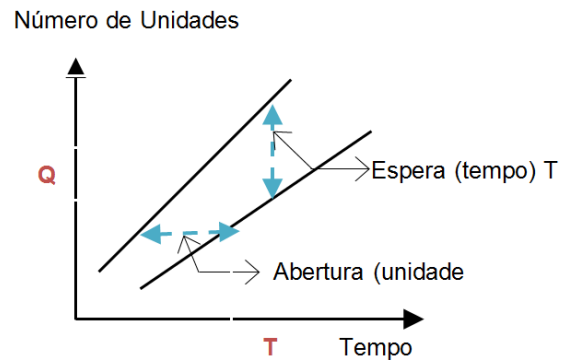


Figura 11 – Linha de Balanço conceitual para dois processos, curvas de produção (Fonte: MENDES JUNIOR, 1999).

Basicamente é necessário traçar em um par de eixos cartesianos linhas que representam atividades e seu respectivo andamento. No eixo das abscissas encontra-se representado o tempo e no das ordenadas, os valores acumulados do andamento do planejado para cada unidade. A figura 12 ilustra graficamente a disposição das atividades em uma programação em linha de balanço.

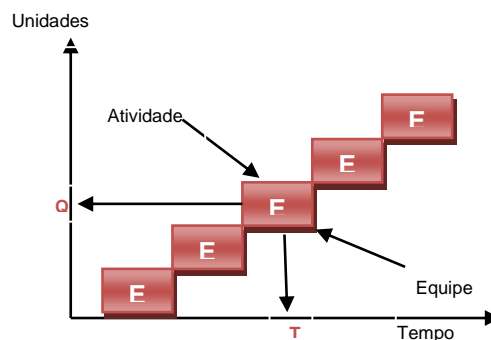


Figura 12 – Informações do diagrama da Linha de Balanço. (Fonte: Adaptado MENDES JUNIOR, 1999)

Para maior compreensão, as figuras 13 e 14 ilustram o processo de planejamento em Linha de Balanço. As linhas perpendiculares referem-se as atividades conforme mostra a figura 13 e o ângulo entre elas referem-se ritmo de produção entre as atividades como ilustra a figura 14.

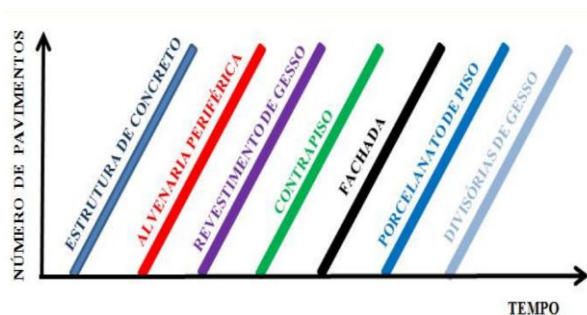


Figura 13 – Linha de Balanço conceitual para um processo (Fonte: CAVALCANTE, 2010)

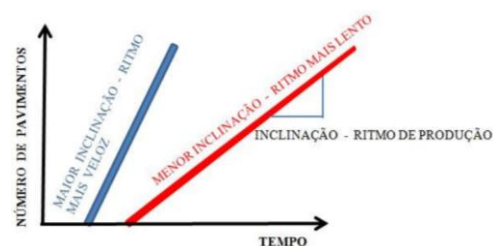


Figura 14 – Linha de Balanço conceitual para dois processos, curvas de produção (Fonte: CAVALCANTE, 2010)

Segundo (JUNQUEIRA, 2006) por meio da Linha de Balanço é possível ter uma visão mais simples da execução das atividades servindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade, podendo dispor de uma técnica eminentemente gráfica (visual) que será um valioso aliado nas suas comunicações entre projetos, entre outras decisões gerenciais que a Linha de Balanço pode apoiar de uma forma mais efetiva do que outras técnicas de planejamento e controle.

O balanceamento das linhas pode ser obtido através da:

- Eliminação de conflitos entre equipes pela mudança da precedência de uma atividade ou pela mudança de ritmo;
- Eliminação dos gargalos do projeto-tarefas que são executadas com ritmo lento atrapalhando as demais;
- Definição de estratégias de execução que permitam o espalhamento das atividades, diminuindo o tempo de ocupação ou de entrega de um serviço ou etapa.

Segundo (JUNQUEIRA, 2006), através da adoção do conceito da Linha de Balanço as atividades podem seguir ritmos de produção definidos, nesta situação diz-se que a

produção está balanceada. Este balanceamento possibilita definir quando uma atividade será concluída em um determinado tempo, permitindo o estudo de reaproveitamento de equipes, melhor programação das equipes, evitar interrupções do trabalho de uma equipe melhorando sua produtividade, minimização dos estoques e produtos em processo, melhores possibilidades de implantação do trabalho em grupo (células de produção), pacotização do trabalho com melhor definição de tarefas, e uma gerência facilitada – visual, entre os benefícios mais importantes.

2.5.2.6 BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES

Balancear significa dizer que todas as atividades serão executadas sem interferência entre elas. A decisão sobre a melhor solução a se adotar, usualmente, não leva em conta apenas a duração total das atividades, mas também a disponibilidade de recursos. As programações podem ser realizadas de duas formas: paralela e natural. A figura 15 apresenta a diferença básica entre a programação paralela e a programação natural, visto que são os tipos de programações usuais em linha de balanço. Pretende-se, portanto, ilustrar os cenários, para facilitar a diferenciação entre os tipos de programações.

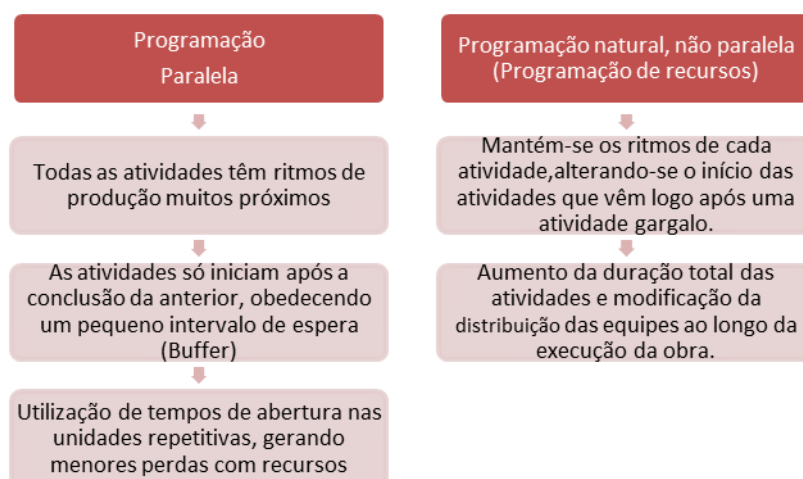


Figura 15 – Diferenças entre a programação paralela e programação natural. (Fonte: Adaptado, KRAWCZY FILHO, 2003).

Os intervalos de espera, citados na Programação Paralela, são também conhecidos como *Buffers*, que em definição são folgas de programação, segundo (KRAWCZY FILHO, 2003).

Buffers são folgas planejadas de recursos (material, tempo, capacidade ou espaço) necessárias para proteger a produção contra a incerteza e variabilidade. São estoques dispostos nos locais de trabalho, projetados de maneira a garantir o fluxo de trabalho planejado.

As figuras 16 e 17 ilustram a diferença dos cenários quanto à definição apresentada. Observa-se que na figura 16, o tempo médio de execução de uma unidade repetitiva na programação paralela é o menor possível e praticamente constante, sem variações no ritmo de produção.

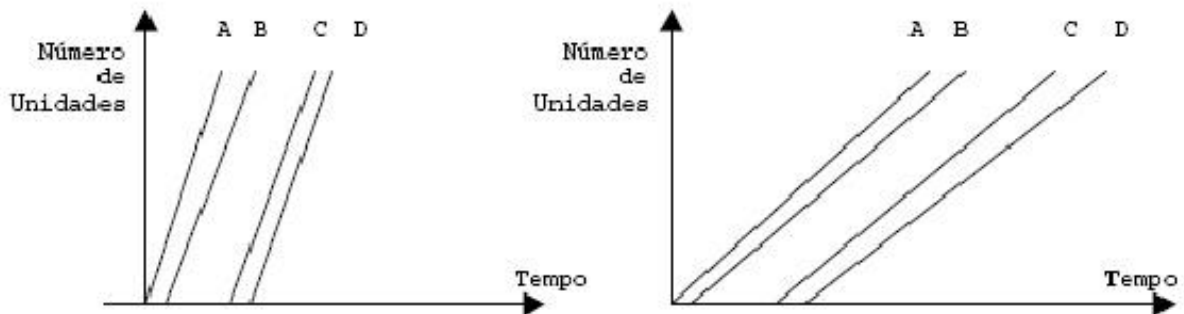


Figura 16 – Programação paralela (Fonte: MENDES JUNIOR, 1999)

Já na programação não paralela, como apresentado na figura 17, os tempos de execução de uma unidade repetitiva são maiores, variando com o ritmo de produção das atividades e com o número de unidades.

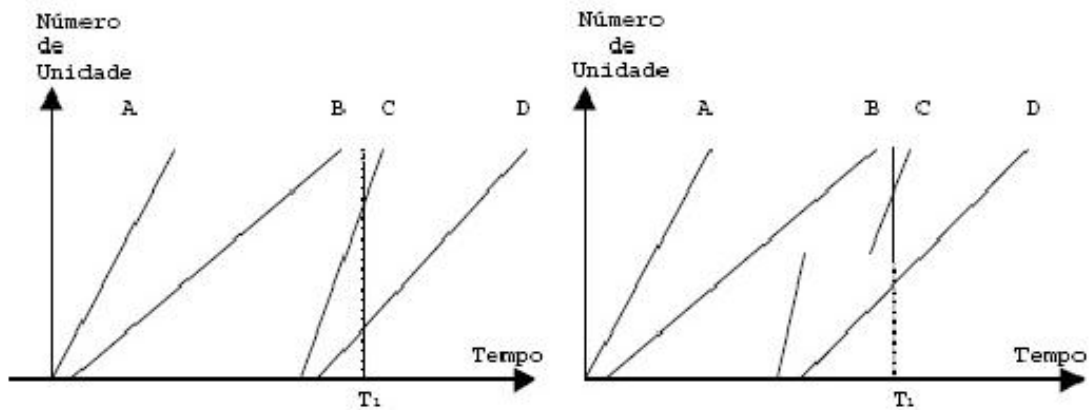


Figura 17 – Programação natural (Fonte: MENDES JUNIOR, 1999)

As figuras 18 e 19 apresentam uma breve ilustração do comportamento dos recursos humanos, ou seja, de mão de obra, diferenciado a programação natural, apresentada na figura 18 da programação paralela, conforme figura 19. Observa-se, que há uma mudança no comportamento das programações, onde a programação natural apresenta uma distribuição de mão de obra, não uniforme. Já a programação paralela possui formato trapezoidal, onde a distribuição é mais homogênea.

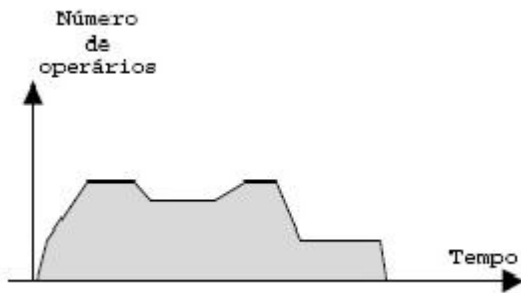


Figura 18 – Cenário de recursos para programação natural. (Fonte.: MENDES JUNIOR, 1999).

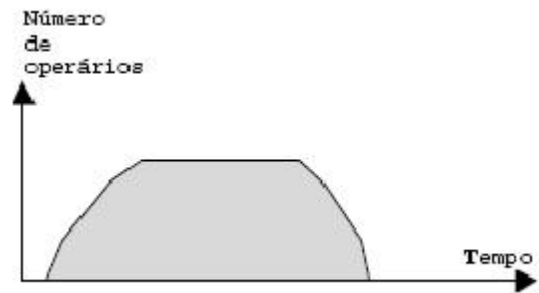


Figura 19 – Cenário de recursos para programação paralela. (Fonte.: MENDES JUNIOR, 1999).

Segundo (ALVES, 2000), alguns parâmetros podem ser levados em consideração para a programação em linha de balanço tais como:

- Repetição dos ciclos;
- Continuidade, sincronização e engrenamento das operações;

- Senso de urgência e aproximação do cliente interno e externo;
- Sequência flexível de montagem;
- Produção puxada (*Just-in-time*¹⁰);
- Aumento da velocidade de trabalho e do conseqüente ritmo;
- Identificação da sequência e do caminho crítico;
- Paralelismo das operações;
- Redução do tempo de atravessamento;
- Polivalência (multifuncionalidade dos recursos humanos);
- Pacotização do trabalho;
- Identificação e redução do tempo de *set-up*;
- Programação e uso judicioso das folgas (buffers).

Um dos princípios básicos da LB, afirma que uma linha devidamente balanceada, não possui folgas de produção, ou seja, folga entre o término de uma atividade e início de outra. O termo sincronização é empregado para indicar ritmos de produção. A sincronização entre operações indica que os ritmos de produção são semelhantes. A técnica busca determinar o número de recursos necessário, visando a continuidade do trabalho através das unidades repetitivas.

¹⁰ O *Just in time* significa “no momento certo”, ou seja, exatamente no momento estabelecido. Trata-se de um método de gestão de produção baseado no sistema Toyota de Produção que determina que tudo deverá ser executado no momento certo e na quantidade certa, evitando assim desperdícios, e melhorando o processo de controle da produção.

2.6 ALOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE RECURSOS

2.6.1 RECURSOS

Em gerenciamento de projetos, usa-se o termo recursos para indicar três categorias principais: o trabalho (humano), materiais e equipamentos. Em última análise, tudo se traduz em uma quantidade monetária que pode ser uma parte dos recursos financeiros. Segundo (ICHIHARA, 1998) os recursos são classificados em três categorias conforme mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Classificação de recursos (Adaptado, (ICHIHARA, 1998)

Renovável (Renewable)	O recurso em análise é limitado em quantidade, mas renovável de período a período.	Ex: mão-de-obra, quando não há nova contratação durante a vida do projeto.
Não-renovável (Non-Renewable)	A soma do recurso analisado é limitada para o projeto como um todo, não havendo renovação por período.	Ex: o orçamento de um projeto, quando em condições assim determinadas.
Duplamente Restrito (Doubly Constrained)	O recurso destinado ao projeto é limitado duplamente, na soma total e por período	Ex: o recurso financeiro disponível para a execução de um projeto.

É possível que em um projeto utilize apenas um único recurso ou todos os recursos envolvidos sob apenas uma denominação. Em ambos os casos, diz-se que o recurso é único.

2.6.2 ALOCAÇÃO DE RECURSOS

A alocação de recursos significa atribuir a quantidade correta de recursos para cada atividade no momento certo. Alocar significa programar uma atividade designada a um recurso individual durante um período específico de tempo. De maneira geral, o objetivo é interligar cada atividade com a quantidade de recursos necessários, utilizados em um determinado período de tempo, obtendo um custo específico para executar a atividade programada.

Geralmente, os cronogramas são elaborados com base no tempo das atividades a serem executadas e não levando em consideração a disponibilidade de recursos disponíveis para a realização do projeto. Portanto, para o desenvolvimento de um planejamento real e confiável das atividades é necessário que se estabeleça relacionamento entre progresso, tempo e disponibilidade/uso do recurso. A alocação de recursos permite que a gerência possa visualizar qual a demanda de um projeto ou conjuntos de projetos e o que representa nos recursos da empresa.

Segundo (SACOMANO, 2004), os pontos extremos entre o uso do tempo e uso do recurso, são: tempo limitado e recurso limitado, no tempo limitado, deve-se determinar um tempo estimado fazendo o uso do mínimo de recursos possíveis para a execução do projeto, e não fazer uso do recurso. Já no recurso limitado o projeto deve ser completado o mais cedo possível, mas sem exceder algum nível específico do uso do recurso ou alguma limitação geral do recurso. Pode-se dizer que o ponto entre esses dois extremos, representa as trocas entre o uso do recurso/tempo.

Todo projeto parte de um plano de ação. A partir deste é possível iniciar o dimensionamento e alocação de recursos, visto que o mesmo é a fonte de informações em precedências de atividades, durações e requisitos de recursos, ligando diretamente a programação às demandas de recursos específicos.

A alocação de recursos tem fundamentos em regras heurísticas de programação, ou seja, seu desempenho se baseia em avaliações prévias, uma regra heurística consiste na aplicação de um processo, o qual deve ser de fácil utilização e capaz de reduzir esforços para se atingir uma determinada solução.

2.6.3 NIVELAMENTO DE RECURSOS

O nivelamento de recursos tem como objetivo eliminar picos de utilização de recursos e suavizar a sua flutuação no tempo. Para que isso ocorra, as folgas associadas às tarefas não críticas são utilizadas. O nivelamento resulta em uma duração projetada que é mais longa do que o cronograma preliminar do projeto. Além disso, a restrição do prazo (para atender aos prazos desejados) provoca uma compressão no cronograma.

Segundo (SACOMANO, 2004), a compressão busca reduzir o cronograma sem mudar o escopo do projeto para atender restrições de datas impostas e outros objetivos. Nesta condição, passa a existir uma superalocação de recursos. A superalocação acontece por déficit de mão-de-obra disponível para a condição considerada. Por este motivo, faz-se necessário dimensionar os recursos para atendimento aos prazos desejados para este portfólio.

Nivelamento de recursos define-se, basicamente como uma técnica de análise de rede do cronograma aplicada a um modelo de cronograma que já foi analisado pelo método do caminho crítico. O nivelamento de recursos é usado para abordar as atividades do cronograma que precisam ser realizadas para atender às datas de entrega especificadas, para abordar situações em que recursos necessários críticos ou compartilhados estão disponíveis somente em determinados períodos ou em quantidades limitadas ou para manter a utilização de recursos selecionados em um nível constante durante períodos de tempo específicos do trabalho do projeto. Essa abordagem de nivelamento da utilização de recursos pode fazer com que o caminho crítico original mude.

Segundo (SACOMANO, 2004), o cálculo do método do caminho crítico produz um cronograma preliminar de início mais cedo e um cronograma preliminar de início mais tarde que podem exigir mais recursos durante determinados períodos de tempo do que os

disponíveis ou podem exigir mudanças nos níveis de recursos que não sejam gerenciáveis. É possível alocar os recursos escassos primeiro às atividades de caminho crítico para desenvolver um cronograma do projeto que reflita essas restrições.

O nivelamento de recursos frequentemente resulta em uma duração projetada do projeto que é mais longa do que o cronograma preliminar do projeto. Esta técnica é algumas vezes chamada de método baseado em recursos, especialmente quando é implementada usando *software* de gerenciamento de projetos para otimização do cronograma.

A realocação de recursos das atividades não críticas para as críticas é uma forma utilizada para fazer com que o projeto volte a ter a duração total originalmente pretendida, ou o mais próximo possível dela. Também é possível considerar a utilização de horas extras, fins de semana ou vários turnos para os recursos selecionados, usando calendários de recursos diferentes para reduzir as durações das atividades críticas. Aumentos na produtividade dos recursos constituem outra forma de diminuir as durações que estenderam o cronograma preliminar do projeto.

Alguns projetos podem ter um recurso do projeto crítico e finito. Nesse caso, o recurso é agendado de modo inverso a partir da data de conclusão do projeto, o que é conhecido como elaboração inversa de cronogramas de alocação de recursos e que pode não resultar em um cronograma do projeto ideal. A técnica de nivelamento de recursos produz um cronograma limitado por recursos, às vezes chamado de cronograma restrito por recursos, com datas de início e de término agendadas.

Para se resolver problemas com superalocação de recursos, muitas vezes é necessário aumentar a contratação de mão de obra ou designar corretamente as atividades direcionadas ao recurso humano, evitando superalocação. Muitas vezes a idéia está associada diretamente ao aumento de custos. Uma forma de resolver este problema é trabalhar com recursos em multiprojetos.

Segundo (MUBARAK, 2010), para o nivelamento adequado dos recursos é necessário deslocar atividades não críticas dentro prazo disponível, tentando uniformizar os recursos. A figura 20, 21 e 22 apresenta um modelo de uma atividade planejada utilizando critérios gerais e a figura 24, apresenta um gráfico com recursos nivelados.

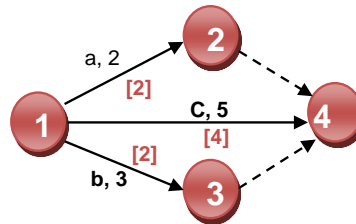


Figura 20 – Modelo de rede. (Adaptado SACOMANO, 2004)

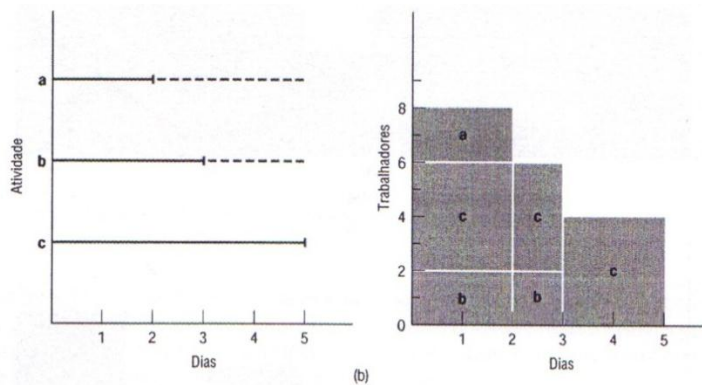


Figura 21 – Programação de tarefas, planejamento tradicional. (Adaptado SACOMANO, 2004)

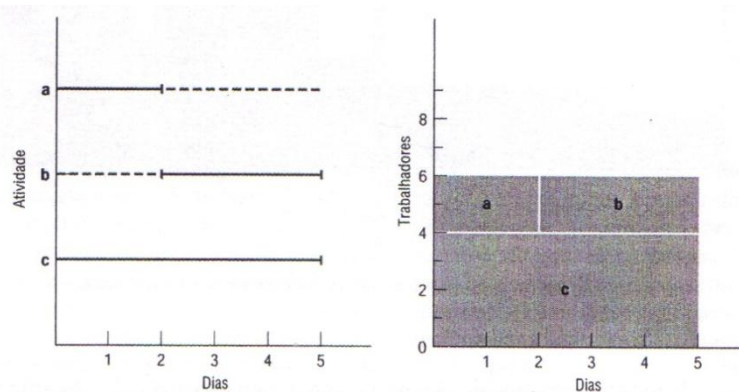


Figura 22 - Programação de tarefas, com recursos nivelados. (Adaptado SACOMANO, 2004)

No nivelamento o que se pretende é o resolver os conflitos de produção, ou seja, sanar as interferências internas do projeto, permitindo a análise e cálculo de atrasos e

atualização automática de tarefas. Nivelar os recursos significa dizer que as atividades são programadas até que os recursos fiquem disponíveis. Em ambientes mais complexos, os recursos poderão ser alocados em múltiplos projetos, exigindo, portanto, o processo de redistribuição de recursos a serem executados em nível empresarial.

2.6.4 MICROSOFT PROJECT

O *Microsoft Project* é um *software* de Gerenciamento de Projetos desenvolvido pela *MICROSOFT Corporation*. Sua primeira versão foi desenvolvida em 1985 e nos anos posteriores sofreu grandes mudanças. Constitui uma das ferramentas mais utilizadas pelo mercado em função dos recursos de gerenciamento e gestão de projetos. Assim como muitos *softwares* de gerenciamento, ele realiza o processamento de planejamento utilizando as Técnicas de Caminho Crítico (PERT/CPM), como ferramenta base.

São vários os focos do *Microsoft Project* (datas, duração do projeto, calendário de trabalho), Gráfico de *Gantt*, modelo probabilístico (para cálculos relacionados à planejamento), Diagrama da Rede, Custos (fixos, não fixos, outros) e uma gama de relatórios.

Segundo (VARGAS,2011), o *software* trabalha com tarefas vinculadas ou seja com a dependência entre tarefas. Os quatro tipos de dependência são: Término-a-Início (TI), Término-a-Término (TT), Início-a-Início (II) e Início-a-Término (IT) ou das subtarefas. Uma subtarefa é parte de uma tarefa de resumo. As informações sobre a subtarefa são consolidadas na tarefa de resumo. É possível designar subtarefas usando a funcionalidade de estrutura de tópicos do *Microsoft Project*.

2.6.4.1 APLICAÇÕES DO PROGRAMA

O *Microsoft Project* trata-se de uma ferramenta que pode ser aplicada aos mais diversos tipos de Projetos, desde a implementação e manutenção de empreendimentos de Engenharia ao Planejamento estratégico ou gestão de projetos na área de Gestão Empresarial.

Dentro da Engenharia Civil tem-se como principais aplicações:

Construção Civil

- Identificação dos serviços que impactam diretamente sobre o prazo de entrega da obra;
- Distribuição de recursos humanos e equipamentos;
- Estudo de simulações para avaliar prazos e custos; visualização de longo prazo do empreendimento;
- Localização de gargalos em processos próprios da obra ou que envolva terceiros,
- Coordenação dos esforços logísticos.

Projetos

- Determinação da estrutura de divisão dos trabalhos;
- Identificação do caminho crítico do projeto;
- Administração do volume de trabalho dos colaboradores;
- Visualização simples da evolução do empreendimento, e
- Coordenação de múltiplos projetos.

Trata-se de uma ferramenta eficaz e flexível, além de contar com interface gráfica e amigável, vem sofrendo melhorias e dispondo de novos e poderosos recursos para permitir a administração de projetos, sejam simples ou complexos.

O *Microsoft Project* é uma ferramenta de planejamento para:

- Organizar o plano e ajudá-lo a organizar os detalhes que devem ser feitos;
- Agendar metas que devem ser alcançadas;
- Agendar as tarefas nas sequências corretas;
- Alocar recursos e custos e agendá-los de forma correta sem sobre alocá-los, fazendo uma sintonia final no plano satisfazendo o orçamento;
- Preparar relatórios explicativos para os clientes, gerentes, trabalhadores e fornecedores.

Uma vez que o trabalho tenha sido iniciado o *Microsoft Project* permite:

- Acompanhar o progresso e comparar o "realizado" com o "planejado" para verificar se tudo ficará dentro do orçamento e tempo;
- Revisar o agendamento para acomodar mudanças não previstas;
- Testar diversos cenários antes de mudar o plano;
- Comunicar automaticamente os afetados por mudanças feitas no projeto e solicitar um retorno sobre os seus progressos;
- Colocar atualizações instantâneas do seu projeto na Internet ou intranet;
- Produzir relatórios sobre o sucesso do projeto e sobre problemas que venham afetando o mesmo.

2.6.4.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO MICROSOFT PROJECT

O *Microsoft Project* armazena todas as informações de um projeto na sua base de dados. Emprega essa informação para calcular e controlar a programação, os custos e os outros elementos do projeto através de um planejamento. Quanto mais informação é disponibilizada, mais será preciso o planejamento.

De forma similar a uma planilha de cálculo, o *software* mostra os resultados dos cálculos de forma imediata. Para tanto, é necessária a inserção das informações essenciais das tarefas que compõem o projeto.

Em termos gerais, o *Microsoft Project*, destaca-se, por apresentar os seguintes recursos:

- Baseia-se no modelo Diagrama de Rede (ou diagrama de precedências): as tarefas do projeto são criadas na forma de blocos interligados, formando uma rede;
- Utiliza tabelas no processo de entrada de dados. Existe um conjunto padrão de tabelas e o usuário pode criar suas próprias tabelas. Em muitas situações, um Gráfico de *Gantt* é gerado automaticamente, auxiliando o processo de entrada de dados;
- Aceita relações de precedências entre tarefas tipo Fim-Início, Início-Início, Fim-Fim;
- Permite tarefas recorrentes (ocorrem de forma repetitiva).
- Permite estabelecer níveis hierárquicos através de “tarefas de resumo”. Este aspecto é muito útil na criação da estrutura de decomposição do Trabalho;
- Permite uso de subprojetos;

- Possui recursos para agrupar, filtrar e classificar tarefas;
- Possui um conjunto padrão de relatórios e o usuário pode criar seus próprios relatórios;
- Permite a inclusão de “campos do usuário”, que aceitam diversos tipos de operação.

Quanto ao tempo (Datas e Folgas), tem-se:

- O cálculo da rede é feito automaticamente com a entrada de dados. Esta opção pode ser desativada, caso conveniente;
- Permite definição de “semana de trabalho”, expediente de trabalho e feriados;
- O cálculo da rede pode ser feito “do início para o fim” ou “do fim para o início”;
- Permite o uso de “datas programadas” para as tarefas;
- Permite o uso do modelo probabilístico.

Em relação aos recursos, tem-se:

- Os recursos são ligados diretamente às tarefas;
- Permite redistribuição de recursos (ou nivelamento de recursos), manual ou automática.

Em relação aos custos, tem-se:

- Os custos são ligados diretamente às tarefas na forma de custos fixos ou de custos dos recursos alocados.

2.6.5 WORK TASK

O *Work task* é uma ferramenta criada pelo núcleo de desenvolvimento e pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, utilizada para realizar planejamento de médio e curto prazo para obras civis. Sua origem é oriunda da teoria da *Lean Construction*¹¹ (construção enxuta).

De acordo com (BERNARDES E SALVADOR, 2004) o *software* foi desenvolvido em *visual basic*¹², é distribuído gratuitamente com o objetivo de implementar conceitos da sistemática *last planner*¹³ nas empresas de construção civil. O *software* permite a integração de etapas de planejamento, análise de restrições, automatizar tarefas, além de gerar relatórios de diversos.

Por ser uma ferramenta relativamente nova, apresenta certas limitações de uso. Alguns dos aspectos negativos são que a programação semanal das tarefas é limitada, não permitindo a inserção de atividades semanais, segundo (FERREIRA, 2010) uma série de pontos fortes e fracos do *software* é apresentada. Como pontos fortes tem-se, cálculo automático de indicadores e gráficos, aproveitamento dos dados na geração de novos planos, ligação entre curto e médio prazo, limitações o número de empresas e equipes e demora no processamento dos dados.

¹¹ *Lean Construction*, também conhecida como Construção Enxuta pode ser denominada uma filosofia de gestão de produção, originada do Sistema Toyota de Produção - STP e adaptada para a construção civil, o objetivo da técnica é a identificação e eliminação de perdas, inclusive perdas de recursos, mão de obra e equipamentos em atividades que não geram valor.

¹² Visual basic, é uma linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento de *softwares*.

¹³ Sistema de controle de produção que visa medir a eficácia do planejamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse capítulo apresenta a descrição do desenvolvimento da pesquisa e suas principais etapas, visando expor a metodologia, as abordagens, técnicas e processos utilizados para resolver o problema exposto no objetivo.

Segundo (MIGUEL, 2010), a pesquisa em questão quanto a sua natureza pode ser classificada como aplicada devido seu interesse prático, isto é, os resultados podem ser aplicados ou servir de embasamento para sua aplicação em problemas que ocorrem na realidade.

Quanto aos objetivos exploratórios, para a realização da mesma, foram coletados dados, classificados e analisados, tornando-a de quantitativa e qualitativa, podendo a mesma ser entendida como abordagem combinatória, devido à característica do problema, ou seja, o enfoque quantitativo justifica-se pela abordagem descritiva dos levantamentos e do uso das técnicas de planejamento, e o enfoque qualitativo é relacionado ao uso da estratégia de pesquisa, que é o estudo de caso, pois segundo (MIGUEL, 2010), envolve uma certo grau de conhecimento do assunto.

O trabalho parte da hipótese de verificar a validade de respostas para problemas típicos de planejamento no setor da construção civil, problemas estes objetos de diversos pesquisadores na busca pela otimização de tempo e redução de recursos em canteiro de obras.

3.1 METODOLOGIA DE TRABALHO

A figura 23 apresenta a estrutura do desenvolvimento do trabalho, obedecendo aos reais procedimentos adotados para a obtenção dos resultados finais.



Figura 23 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.

Todo o trabalho foi desenvolvido baseado no referencial teórico utilizado quanto ao uso de técnicas de planejamento referentes a Linha de Balanço e o uso do CPM. Posteriormente, iniciou-se a etapa de coleta de dados, tabulação e processamento a fim de caracterizar e apresentar os resultados do planejamento de cada empreendimento, como ilustra a figura 23.

A pesquisa iniciou-se com o levantamento das possíveis empresas que constroem unidades habitacionais horizontais seriadas, térreas e de dois pavimentos, na cidade de Goiânia. Foram detectados 23 empreendimentos em andamento e em fase final de construção. Alguns empreendimentos foram executados pela mesma empresa, pois, o que se pretende analisar é o gerenciamento individual de cada obra.

Alguns contatos telefônicos foram estabelecidos para a verificação da possibilidade de visita aos canteiros de obra para apresentação da proposta de estudo. Diante deste obstáculo, tentou-se manter contato das empresas de acordo com a maior familiaridade. Para a primeira delas, o contato foi estabelecido pela relação de trabalho ocorrida em períodos anteriores e as demais foram apresentadas por colegas de trabalho que atuam nas mesmas.

Os primeiros contatos com as empresas foram realizados em âmbito administrativo, sendo que após apresentação da proposta e aceitação do gerente geral, as orientações de acompanhamento e liberação das visitas nas obras foram repassadas as responsáveis técnicos pela execução. As primeiras visitas foram agendadas e posteriormente o acesso aos canteiros tornou-se mais facilitado devido à abertura do contato inicial.

Deste momento em diante os responsáveis pelo acompanhamento executivo dos empreendimentos forneceram informações durante as visitas de grande importância para a caracterização dos cenários construtivos como: cronogramas, diários de obras, acesso ao número de funcionários, registro de funções, conversas informais com os funcionários para verificação dos tempos de execução.

A tabela 4 caracteriza e define os cenários alvos de estudo, de acordo com o número de unidades em execução em cronograma. Cada empreendimento foi nomeado a fim de obter uma identificação própria.

Tabela 4 – Descrição dos empreendimentos alvo de estudo.

CÓD.	OBRA	EMPRESA	NÚMERO DE UNIDADES	PREVISÃO (Meses)	PADRÃO	
					MÉDIO	ALTO
E 1	Obra 1	Empresa A	30	19		X
E 2	Obra 2	Empresa A	42	24		X
E 3	Obra 3	Empresa A	33	21		X
E 4	Obra 4	Empresa A	24	18	X	
E 5	Obra 5	Empresa A	26	24		X
E 6	Obra 1	Empresa B	30	20	X	
E 7	Obra 2	Empresa B	33	22	X	
E 8	Obra 3	Empresa B	34	18	X	
E 9	Obra 4	Empresa B	28	18	X	
E 10	Obra 2	Empresa C	30	18		X
E 11	Obra 3	Empresa C	40	24	X	
E 12	Obra 6	Empresa C	65	33	X	
E 13	Obra 4	Empresa C	45	26	X	

Os empreendimentos possuem de 24 a 65 unidades geminadas e individuais, sendo que a soma das áreas construídas giram em torno de 5.000 a 11.000 metros quadrados, incluindo área de lazer, guarita e demais instalações e serviços exclusivos do condomínio, sendo que o cronograma geral das obras gira em torno de dezoito a trinta e três meses para a entrega do empreendimento.

As áreas comuns dos empreendimentos, porém, não foram analisadas, visto que são consideradas atividades que podem ser executadas paralelamente a construção das unidades habitacionais. Todos os treze empreendimentos habitacionais apresentados na tabela 4, estavam em andamento ou em fase final de construção sendo que cada um apresentava um percentual executivo diferenciado.

Porém, para possibilitar o método comparativo, percentuais de obras não foram considerados, apenas a metodologia construtiva de cada empreendimento como diferenciador do processo de planejamento.

As empresas foram alvo de estudo, visto que, assim como outras grandes empresas do ramo, são visíveis os problemas de atraso na entrega dos empreendimentos. Grande parte dos problemas relacionados com atrasos de obras são gerados na fase de planejamento, devido a escassez de mão de obra especializada, ou por falta dela, onde muitas vezes, o responsável pela execução da mesma não consegue alocar os recursos disponíveis de forma otimizada.

Vale ressaltar que para o setor é um grande risco iniciar um empreendimento sem previsões de quantitativos gerados através de orçamentos e quantificação de materiais, pois com base nesta informação é possível obter índices de produção. Observou-se que o custo do empreendimento foi formulado a partir do custo unitário da construção civil, instrumento que permite mensurar custos através multiplicação direta de custo unitário, área construída, para obtenção do valor final do empreendimento.

A tabela 5 apresenta de forma sintetizada a estrutura de coleta de dados padronizada e formatada, usada para preenchimento dos dados de atividades, tempo e mão de obra, necessários para a execução de uma unidade habitacional, como apresentado no Anexo I. A ficha foi formatada em planilha de dados, seguindo os passos executivos de uma unidade habitacional, compreendendo as etapas desde a fundação ao acabamento de um sobrado.

Tabela 5 – Ficha de coleta de dados de campo.

N	ATIVIDADE	ATIVIDADE ANTERIOR	TEMPO DE EXECUÇÃO	MÃO DE OBRA NECESSÁRIA
1	Serviços Preliminares		1 dia	Ajudante[2]
2	Infraestrutura	2	1 dia	Pedreiro [2] Ajudante[2] Carpinteiro[2] Armador [2]}
3	Superestrutura	3	1 dia	Pedreiro [2] Ajudante[2] Carpinteiro[2] Armador [2]}
4	Paredes e Painéis	4	1 dia	Pedreiro;Ajudante[2]

Durante a pesquisa de campo procurou-se analisar os empreendimentos caracterizando cada ambiente e expondo suas particularidades, ao longo da metodologia e resultados. Foram abordados aspectos referentes à identificação, definição de redes, indicadores de desempenho e definição de prazos, visando apresentar e propor as melhores soluções de planejamento para tipologias semelhantes aos empreendimentos em estudo.

Os dados coletados em campo após preenchimento da tabela de coleta de dados foram programados em *Microsoft Project*, ferramenta que permite ordenar redes construtivas permitindo a visualização de várias interfaces gráficas. Observou-se que após a discrição dos cenários, alguns empreendimentos apresentavam características muito semelhantes, pois as técnicas usadas pelos gestores das obras eram muito semelhantes.

Dado que um dos objetivos da pesquisa é fazer a análise de vários cenários construtivos, foram selecionados dos treze empreendimentos quatro projetos com características semelhantes, mas que apresentavam certas particularidades no planejamento. A tabela 6 ilustra os empreendimentos que diferenciam a amostra coletada.

Tabela 6 – Empreendimentos de estudo.

CÓD.	OBRA	EMPRESA	NÚMERO DE UNIDADES	PREVISÃO (Meses)	PADRÃO	
					MÉDIO	ALTO
E 1	Obra 1	Empresa A	30	19		X
E 2	Obra 2	Empresa A	42	24		X
E 3	Obra 3	Empresa B	33	21		X
E 4	Obra 4	Empresa C	65	33	X	

No que diz respeito ao tratamento dos dados apenas os quatro empreendimentos foram tratados, devido as particularidades citadas anteriormente. A pesquisa foi baseada na obtenção de doze resultados finais de planejamento de obras, ou seja, foram estudados quatro empreendimentos onde em cada um deles foram trabalhados três cenários construtivos.

Os resultados apresentados referem-se a doze redes distintas. Em todos os empreendimentos os critérios para geração das redes lógicas e obtenção dos resultados de balanceamento da produção obedeceram aos procedimentos citados a seguir:

- Cenário 1 – A rede lógica é construída a partir dos dados coletados em campo, visando verificar a eficácia do planejamento do gestor da obra, tendo sido delimitada a estrutura lógica sem planejamento e nivelamento de recursos.
- Cenário 2 – A rede é tratada visando a redução das folgas visualizadas nas ferramentas de estudo.
- Cenário 3 – O critério de planejamento é semelhante ao cenário 2, visto que são tratadas as atividades simultâneas que balanceavam a produção.

A figura 24 ilustra a estrutura de trabalho no processamento e tratamento das redes lógicas. Para o empreendimento E1, por exemplo, analisou-se três cenários distintos, obtendo três resultados de planejamento possíveis de serem aplicados, com a apresentação de duas interfaces gráficas em cada cenário, uma representando o comportamento da obra através do gráfico de *Gantt* e a outra pela linha de balanço.

Em síntese, três resultados de planejamento são obtidos, sendo que cada um possui duas visualizações, visando a complementação gráfica da técnica.

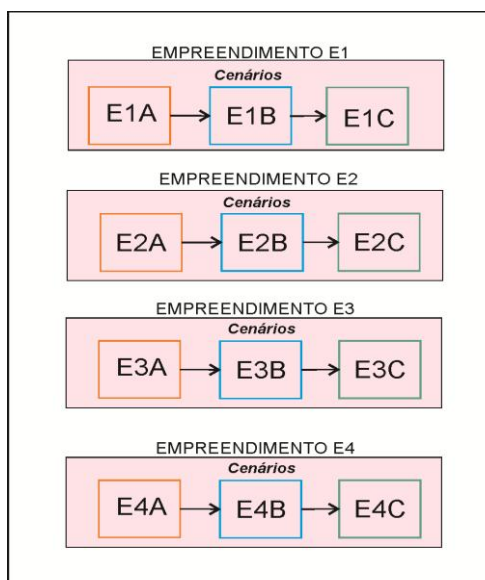


Figura 24 – Apresentação da estrutura dos resultados gerados em cada cenário

3.2 DESCRIÇÃO DAS EMPRESAS DE ESTUDO

As empresas selecionadas estão localizadas na cidade de Goiânia, estado de Goiás. A empresa A teve início de suas atividades em 2002. Anteriormente, suas atividades eram focadas para a incorporação¹⁴, ou seja, gerenciava empreendimentos sem a preocupação

¹⁴ Incorporação significa reunir ou juntar, duas ou mais coisas, num só corpo ou em uma única estrutura, se tratando do setor da construção civil, pode ser entendida de acordo com a lei 4.591, de 16 de dezembro de 1964, será incorporador toda pessoa (quer física, quer jurídica) que de alguma forma se responsabilize pela entrega, dentro de prazo, preço e condições determinadas, as obras concluídas. Ainda é considerado incorporador aquele que contrate a construção de prédios para a constituição de condomínios

de gerir os recursos diretamente, através da terceirização de serviços. Desde 2009, vem executando unidades habitacionais sob administração direta. Não possui nenhuma certificação referente a ISO e PBQP-H. Por ser uma empresa de investimento, segue apenas uma política de qualidade rigorosa, visando a qualidade final do produto.

Suas obras são gerenciadas por mestres de obras e encarregados de serviços elétricos e hidrossanitários, possuindo dois engenheiros, um responsável pela supervisão geral dos empreendimentos e responsável técnico e o outro destinado ao acompanhamento geral da qualidade e execução dos serviços.

A empresa B foi fundada em 2007. É uma empresa relativamente nova e possui característica social diversificada como incorporação imobiliária, construção de imóveis, compra e venda de imóveis, associação com terceiros para realização de empreendimentos imobiliários, locação, gerência e demais transações com bens próprios, perfurações e execuções de fundações destinadas à construção civil, terraplanagem e outras movimentações de terra, edificações (residenciais, industriais e comerciais), administração de obras entre outros serviços trata-se, portanto, de uma empresa que não atua apenas na construção de unidades habitacionais.

A empresa C foi fundada em 2003, com origens em um grupo imobiliário fundado em 1974, que durante anos de experiência na aprovação, planejamento e execução de obras e projetos de infraestrutura em loteamentos. Em 2007, decidiram criar uma construtora para gerir esta demanda que necessita de mão-de-obra especializada.

Nos anos de 2003 a 2006 a empresa C continuou a dedicar suas atividades ao nicho de loteamentos, mas com o pensamento na construção civil, seguindo a mesma filosofia de poder proporcionar as pessoas o sonho de sair do aluguel, antes adquirindo um lote, e agora a aquisição da casa própria.

Ainda durante este trabalho a empresa C entregou dois empreendimentos de casas de padrão médio, sendo que mais três empreendimentos estavam em fase inicial de construção, sendo um deles o empreendimento E4, citado na tabela 7. Observou-se também assim como as demais empresas, que suas obras são planejadas pelos mestres de obras sendo que a função do engenheiro refere-se apenas a aspectos técnicos executivos.

3.3 DESCRIÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS

Para cada empreendimento foi analisado escopo e a modelagem da rede lógica adotada. Assim, foi possível avaliar os critérios propostos e analisar cada uma delas para os diferentes tipos de empreendimento. Os empreendimentos foco de estudo deste trabalho, estão descritos na tabela 7, sendo que a empresa A possui dois empreendimentos, a empresa B um e a C uns empreendimentos habitacionais todos eles em construção.

Tabela 7 – Descrição dos ambientes de estudo

CÓD.	OBRA	EMPRESA	NÚMERO DE UNIDADES	PREVISÃO (Meses)	PADRÃO	
					MÉDIO	ALTO
E 1	Obra 1	Empresa A	30	19		X
E 2	Obra 2	Empresa A	42	24		X
E 3	Obra 3	Empresa B	33	21		X
E 4	Obra 4	Empresa C	65	33	X	

O empreendimento E1 é um empreendimento residencial de sobrados geminados de dois pavimentos, sendo os mesmos executados de dois em dois totalizando 15 unidades e 30 residências individuais, composto por: 3 quartos, 2 banheiros, lavabo, sala, cozinha, garagem e escaninho, possui área construída de 148,36 m² com área de terreno de 262,00 m².

O empreendimento E2 é um empreendimento residencial de sobrados geminados de dois pavimentos semelhantes ao E1, sendo os mesmos executados de dois em dois totalizando 21 unidades e 42 residências individuais, composto por: 3 quartos, 2 banheiros,

lavabo, sala, cozinha, garagem e escaninho, possui área construída de 148,36 m² com área de terreno de 262,00 m².

O empreendimento E3 é um empreendimento de sobrados geminados de dois pavimentos, construídos fazendo a divisão das paredes laterais, totalmente geminados, com 33 residências, sendo que os quintais e garagens são individuais, compostos por: 3 quartos, 2 banheiros, lavabo, sala, cozinha, garagem, possui área construída de 151,10 m² com área de terreno de 262,00 m².

O empreendimento E4 é um empreendimento de sobrados geminados de dois pavimentos, construídos fazendo a divisão das paredes laterais, totalmente geminados, com 65 unidades individuais, compostos por: 4 suítes, lavabo, sala dois ambientes, cozinha, garagem, possui área construída de 193,88 m².com área de terreno de 158,86 m².

4 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS DE ESTUDO

4.1 DEFINIÇÕES GERAIS DO PROCESSAMENTO DOS DADOS

Foram utilizadas duas ferramentas distintas para geração dos gráficos: CPM e LB. A figura 25 ilustra a ordem em que as visualizações gráficas das obras foram geradas. Primeiramente, foi realizado o tratamentos dos cenários A de todas as redes em *Microsoft Project*, visto que sua interface permite gerar as atividades predecessoras e alocar os recursos em um ambiente de mais facilidade de manipulação e geração das redes iniciais.

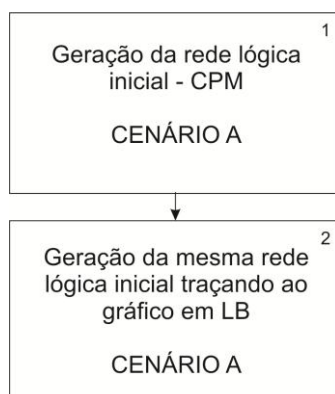


Figura 25 – Sequência de planejamento

Após a geração do cenário A dos empreendimentos, inicia-se a programação em *Microsoft Project* e linha de balanço dos cenários B e C, visto que o presente estudo visa comparar programações diferentes para o mesmo cenário, indicando, em cada um deles, o cenário ideal.

Como as ferramentas computacionais não permitem a indicação da melhor proposta de execução para os cenários, por serem consideradas ferramentas de apoio e não de geração de resultados, foi necessário definir características próprias de planejamento e balanceamento da produção obedecendo a sequência definida na figura 26, visando simular os cenários até obter o melhor resultado com base na redução do tempo e redução de folgas na produção.

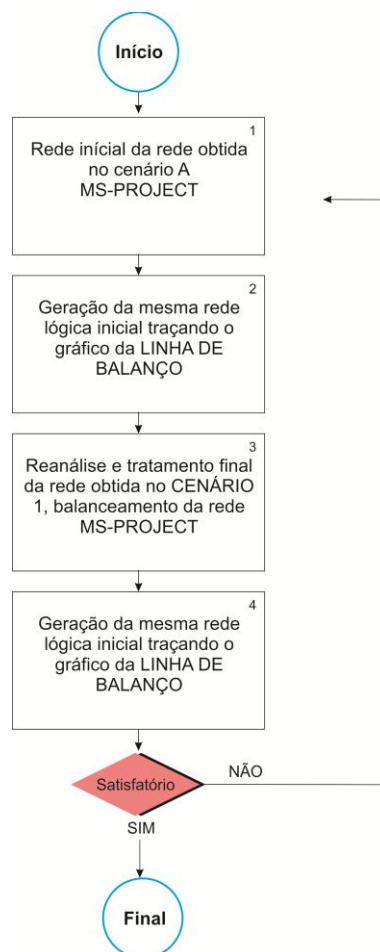


Figura 26 – Sequência de nivelamento da produção

O que se propõe é encontrar o melhor cenário construtivo, através de simulações, sendo que a decisão de quando parar as tentativas de novos cenários é individual de cada gestor.

4.2 DETALHAMENTO DA ESTRUTURA DAS REDES LÓGICAS

Após o encerramento dos trabalhos de pesquisa, coleta e tabulação de dados, iniciou-se a programação das redes dos quatro empreendimentos, para sua caracterização e definição de precedências, com base no planejamento operacional de cada uma delas.

Foram geradas as redes individuais de cada obra, visando retratar o cenário executivo de cada empreendimento, considerando que todos os gestores possuem uma característica em comum, ambos obedecem apenas parâmetros referentes ao prazo de execução e aspectos voltados para qualidade.

As redes foram construídas em uma mesma estrutura de atividades, de acordo com as etapas construtivas, permitindo a comparação entre si dos prazos e recursos adotados por cada uma delas. Iniciou-se o planejamento realizando a programação da rede de uma unidade habitacional, subdividindo as em 13 etapas executivas de construção como exemplifica a tabela 8.

Tabela 8 – Descrição das etapas das redes lógicas dos empreendimentos.

N	DESCRIÇÃO DA ETAPA	DURAÇÃO	INÍCIO	TÉRMINO
	UNIDADE HABITACIONAL	173 dias	02/01/2013	25/07/2013
1	Serviços Preliminares	2 dias	02/01/2013	03/01/2013
2	Infraestrutura	16 dias	04/01/2013	22/01/2013
3	Superestrutura	59 dias	26/01/2013	04/04/2013
4	Paredes e Painéis	33 dias	05/04/2013	15/05/2013
5	Coberturas e Proteções	28 dias	11/05/2013	13/06/2013
6	Instalações Elétricas e Telefônicas	79 dias	19/04/2013	22/07/2013
7	Instalações hidrossanitárias	74 dias	26/04/2013	23/07/2013
8	Revestimentos	38 dias	07/05/2013	20/06/2013
9	Pisos	28 dias	03/05/2013	04/06/2013
10	Bancadas e aparelhos	49 dias	16/05/2013	12/07/2013
11	Esquadrias	21 dias	25/06/2013	18/07/2013
12	Pintura e Acabamentos	43 dias	31/05/2013	20/07/2013
13	Inspeção final	18 dias	05/07/2013	25/07/2013

A figura 27 apresenta o gráfico PERT-CPM de uma das unidades habitacionais em estudo conforme etapas descritas na tabela 9, para ilustração dos passos de processamento dos dados realizados. O gráfico permite visualizar as etapas construtivas e o tempo e a precedência de execução das mesmas.

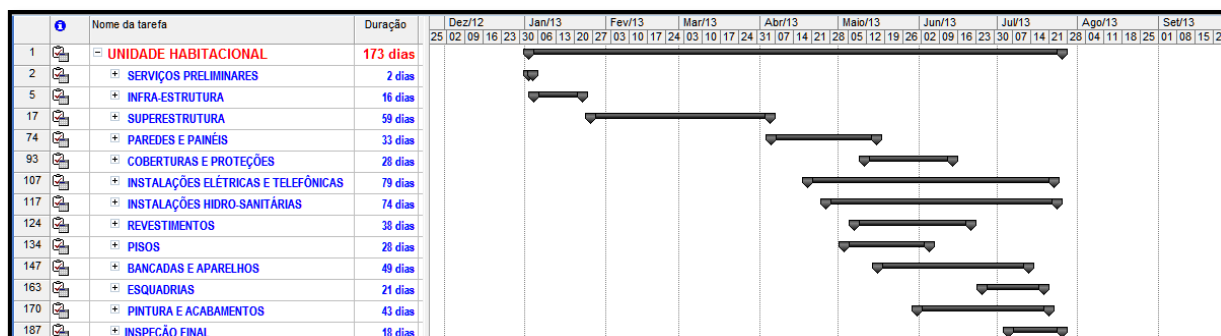


Figura 27 – Gráfico PERT-CPM de uma rede construtiva.

Em cada etapa de construtiva existem atividades relacionadas a execução real das unidades, ou seja na etapa de infraestrutura, estão listadas a atividades que a compreendem a total execução da mesma, como marcação e elevação de alvenaria, montagem da armação da fundação da armação, concretagem dos tubulões¹⁵ e estacas¹⁶ e assim sucessivamente, como apresentado na figura 28.

¹⁵ Tubulões são elementos de fundação profunda, cilíndrico ou retangular, executado com ou sem revestimento, manual ou mecanicamente. Consiste na escavação manual ou mecânica, de um poço, até encontrar um solo com a tensão admissível prevista em projeto, e na abertura de uma base alargada neste terreno a fim de transmitir a carga do pilar através de uma pressão compatível com as características do terreno.

¹⁶ Estacas são elementos estruturais que são enterrados no solo, providenciam estabilidade.

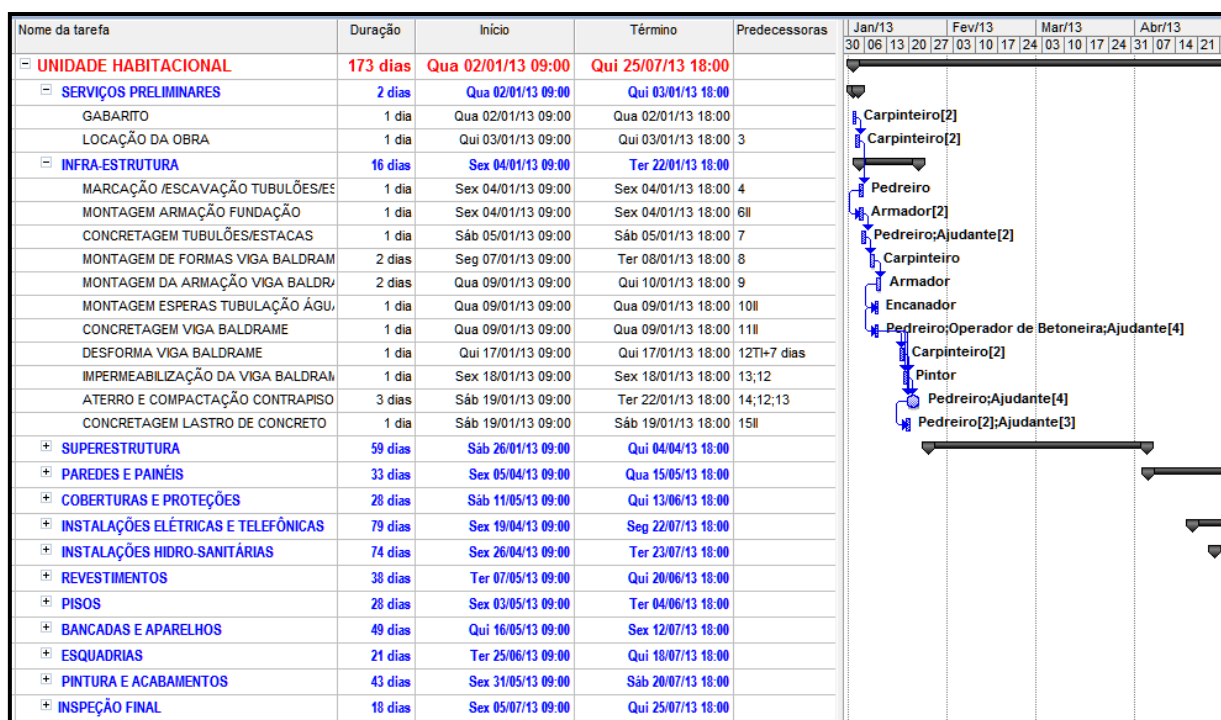


Figura 28 – Apresentação das atividades referentes às etapas construtivas.

As redes individuais foram retratadas em ambiente *Microsoft Project*. Para as programações, conceitos essenciais definidos pela ferramenta foram obedecidos, como a programação das atividades antecessoras e sucessoras, dimensionamento de recursos, análise do diagrama de rede de acordo com o processo executivo. A figura 29 mostra a rede unitária de um dos empreendimentos.

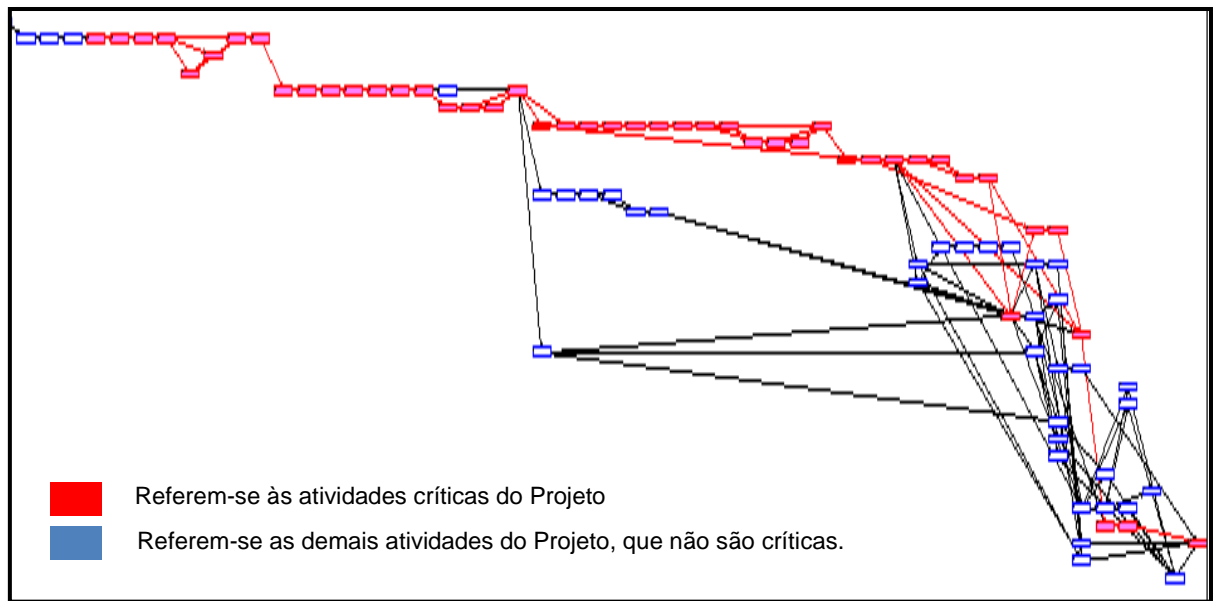


Figura 29 – Modelo do diagrama de redes de uma unidade habitacional gerado pela ferramenta de planejamento.

A programação das redes ocorreu em duas etapas. A primeira foi a geração das redes iniciais conforme planejamento operacional repassado pelos mestres de obra. Como as unidades habitacionais apresentam as mesmas características físicas, as quatro redes unitárias geradas apresentavam cerca de 84 atividades a serem realizadas. Porém, para retratar o cenário real de um canteiro de obras, foi necessário em uma segunda etapa gerar a rede das unidades totais, ou seja, das, 30, 33,42 e 65 unidades, como descrito em cada empreendimento.

Esse processo foi realizado através de um recurso de programação do *Microsoft Project*, onde é possível trabalhar com multiprojetos, inserindo projetos unitários em um projeto geral. Uma programação de uma única residência apresenta 84 atividades, sendo que com a utilização do recurso, quando se aplica a técnica de multiprojetos, o projeto passa a apresentar 1077 atividades a ser monitoradas, e não mais 84. Ou seja passa-se a monitorar, por exemplo, no item serviços preliminares como mostra a figura 30, 31 e 32, os serviços de todas as unidades a ser construída e não mais de uma unidade apenas.

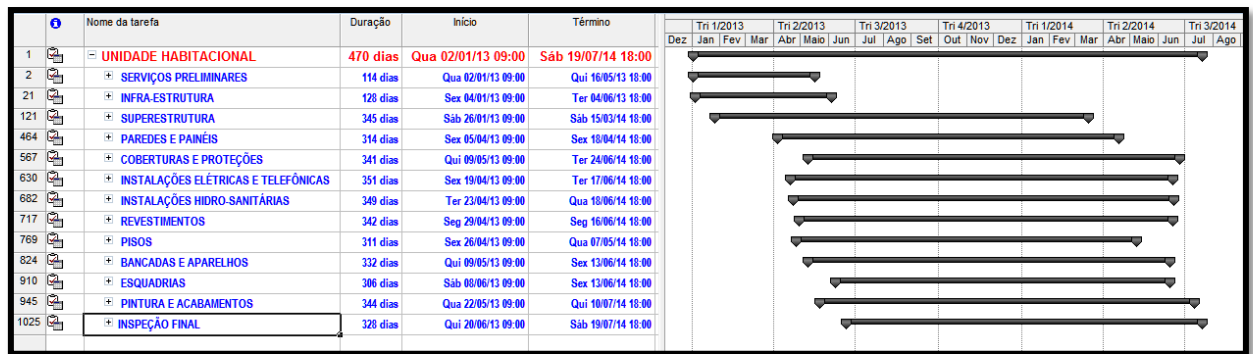


Figura 30 – Modelo das etapas das redes de planejamento – programada em *Microsoft Project*



Figura 31 – Modelo das subetapas das redes de planejamento – programada em *Microsoft Project*

A figura 34 mostra que no ítem gabarito e infra-estrutura, serão monitorados o serviços referentes ao gabarito de oito módulos construtivos, e não de uma residência isolada.

	Nome da tarefa	Duração	Início
1	UNIDADE HABITACIONAL	470 dias	Qua 02/01/13 09:00
2	SERVIÇOS PRELIMINARES	114 dias	Qua 02/01/13 09:00
3	GABARITO	113 dias	Qua 02/01/13 09:00
4	GABARITO -TE 1	1 dia	Qua 02/01/13 09:00
5	GABARITO -TE 2	1 dia	Seg 21/01/13 09:00
6	GABARITO -TE 3	1 dia	Sex 08/02/13 09:00
7	GABARITO -TE 4	1 dia	Qua 27/02/13 09:00
8	GABARITO -TE 5	1 dia	Seg 18/03/13 09:00
9	GABARITO -TE 6	1 dia	Sex 05/04/13 09:00
10	GABARITO -TE 7	1 dia	Qui 25/04/13 09:00
11	GABARITO -TE 8	1 dia	Qua 15/05/13 09:00
12	LOCAÇÃO DA OBRA	113 dias	Qui 03/01/13 09:00
21	INFRA-ESTRUTURA	128 dias	Sex 04/01/13 09:00
22	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS	113 dias	Sex 04/01/13 09:00
23	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 1	1 dia	Sex 04/01/13 09:00
24	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 2	1 dia	Qua 23/01/13 09:00
25	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 3	1 dia	Seg 11/02/13 09:00
26	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 4	1 dia	Sex 01/03/13 09:00
27	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 5	1 dia	Qua 20/03/13 09:00
28	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 6	1 dia	Seg 08/04/13 09:00
29	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 7	1 dia	Sáb 27/04/13 09:00
30	MARCAÇÃO /ESCAVAÇÃO TUBULÕES/ESTACAS -TE 8	1 dia	Sex 17/05/13 09:00
31	MONTAGEM ARMAÇÃO FUNDAÇÃO	113 dias	Sex 04/01/13 09:00
40	CONCRETAGEM TUBULÕES/ESTACAS	113 dias	Sáb 05/01/13 09:00
49	MONTAGEM DE FORMAS VIGA BALDRAME	114 dias	Seg 07/01/13 09:00

Figura 32 – Modelo das Sub-etapas das redes para todas as unidades.

4.3 ORGANIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CENÁRIOS CONSTRUTIVOS

4.3.1 EMPREENDIMENTO E1

O empreendimento E1 refere-se à construção das 30 unidades habitacionais compostas por duas unidades cada. A figura 20 exemplifica a metodologia construtiva adotada pelo gestor da obra, que foi dividida em oito módulos, visando o melhor acompanhamento das etapas e controle, visto que são etapas fundamentais do processo executivo sendo que a obra não possui encarregados, apenas o mestre geral.

O planejamento é executado obedecendo duas relações básicas: a primeira é a sequencia modular, como mostra a figura 35, e a segunda define que a infraestrutura¹⁷ e supraestrutura¹⁸ do módulo devem ser concluídas para iniciar o módulo seguinte, como ilustra a figura 33 de forma esquemática a disposição das unidades no terreno.

¹⁷ Infraestrutura, neste trabalho, refere-se a toda a etapa de execução da fundação da edificação, até o contrapiso de concreto.

¹⁸ Supraestrutura, refere-se a etapa de execução dos elementos estruturais da unidade, como: pilares, vigas, ou seja, os elementos estruturais da unidade.

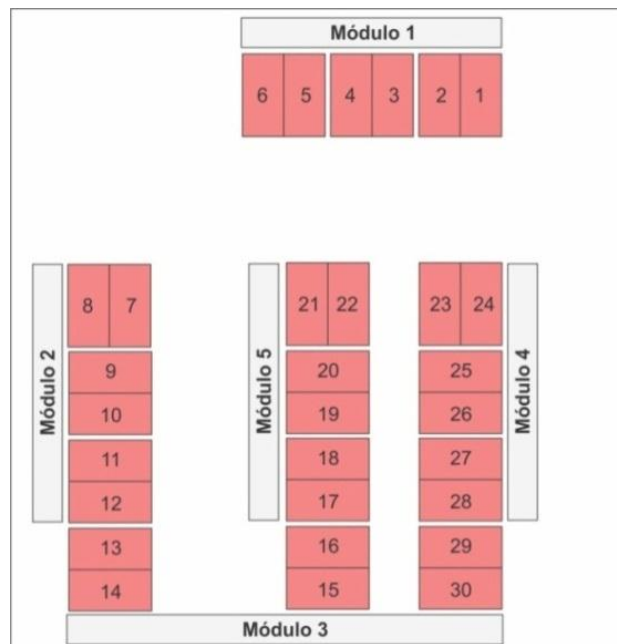


Figura 33 – Método construtivo modular – empreendimento E1

Por exemplo, inicia-se a construção da casa 1,2 e 3,4, referentes ao módulo I do projetos e no período de cura da laje do pavimento térreo da casa 1 e 2, inicia-se a laje do pavimento térreo da casa 3 e 4 e assim sucessivamente. Após a conclusão de toda a infra e supra estrutura do módulo que inicia-se as etapas sucessoras, como alvenaria, instalações e acabamentos. Portanto, logo que a infra e supra estrutura do módulo atual são concluídas inicia-se um novo módulo. A figura 34 apresenta as características particulares de execução, utilizada pelo gestor da obra.

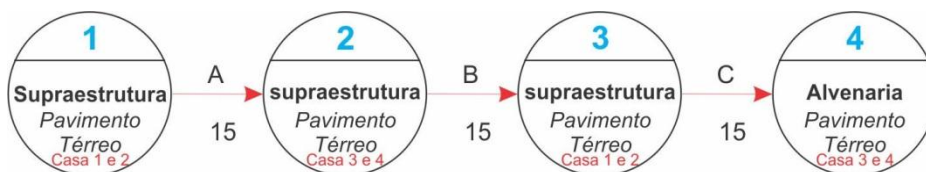


Figura 34 – Premissas construtivas – empreendimento E1

Para a execução do empreendimento E1 o gestor da obra conta com o quadro de 43 funcionários com exceção dos cargos administrativos, como apresentado na tabela 9. A mão de obra é incorporada de acordo com a necessidade de início das atividades. Alguns

serviços são terceirizados. A quantidade de recursos não foi considerada neste caso, visto que a contratação é dada pelo serviço em si e não pelo número de profissionais.

Uma característica particular do empreendimento quanto ao uso da mão de obra é que o mestre não utiliza ajudantes com grupos de profissionais, exceto para o profissional pedreiro, ou seja, para os serviços de carpintaria, armação, hidrossanitário e elétrica, o mesmo trabalha com grupos de dois a três profissionais. A tabela 9 apresenta o número de profissionais contratados para a execução do empreendimento.

Tabela 9 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E1

FUNÇÃO	TIPO ¹⁹	CATEGORIA	QUANTIDADE
Ajudante	Trabalho	Ajudante	14
Armador	Trabalho	Especialista	2
Carpinteiro	Trabalho	Especialista	3
Eletricista	Trabalho	Especialista	2
Encanador	Trabalho	Especialista	2
Pedreiro	Trabalho	Especialista	15
Pintor	Trabalho	Especialista	3
Operador de Betoneira	Trabalho	Ajudante	2
Vidraçeiro	Custo	Terceirizado	
Gesseiro	Custo	Terceirizado	
Marceneiro	Custo	Terceirizado	
Calheiro	Custo	Terceirizado	
			43

4.3.2 EMPREENDIMENTO E2

O empreendimento E2 refere-se à construção das 42 unidades habitacionais compostas por duas unidades cada, totalizando 21 unidades individuais. A obra não

¹⁹ TIPO representa se o serviço será realizado com mão de obra própria ou terceirizado, Trabalho é utilizado para representar que o serviço será realizado com mão de obra própria em horário normal conforme calendário do projeto e Custo representa que o serviço será terceirizado e não há necessidade de mensurar mão de obra para a realização do mesmo.

apresenta característica modular, ou seja, as etapas são sucessivas. Logo, no decorrer da obra é possível visualizar várias etapas desde a infraestrutura a serviços de acabamento.

As características arquitetônicas e etapas construtivas são bem semelhantes ao empreendimento E1, como mostra a figura 35, visto que se diferenciam apenas quanto ao número de unidades e algumas particularidades de cada executor.

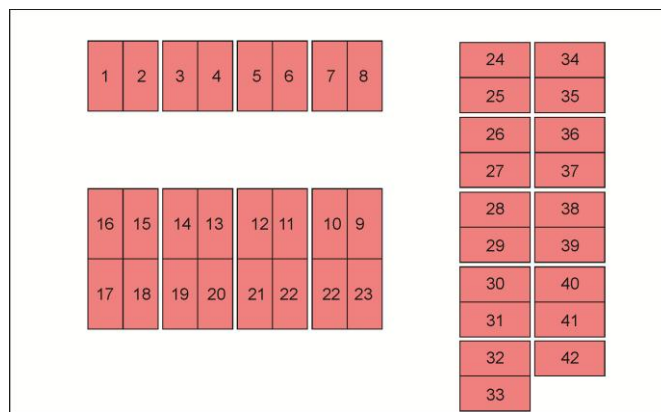


Figura 35 – Método construtivo modular – empreendimento E2

Para a execução do empreendimento E2 o gestor da obra conta com o quadro de 47 funcionários com exceção dos cargos administrativos, como apresentado na tabela 10. A mão de obra é incorporada de acordo com a necessidade de início das atividades. Assim como o empreendimento E1 alguns serviços são terceirizados.

Tabela 10 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E2

FUNÇÃO	TIPO	CATEGORIA	QUANTIDADE
Ajudante	Trabalho	Ajudante	17
Armador	Trabalho	Especialista	2
Carpinteiro	Trabalho	Especialista	3
Eletricista	Trabalho	Especialista	2
Encanador	Trabalho	Especialista	2
Pedreiro	Trabalho	Especialista	16
Pintor	Trabalho	Especialista	3
Operador de Betoneira	Trabalho	Ajudante	2
Vidraçeiro	Custo	Terceirizado	

Gesseiro	Custo	Terceirizado	
Marceneiro	Custo	Terceirizado	
Calheiro	Custo	Terceirizado	
			47

4.3.3 EMPREENDIMENTO E3

O empreendimento E3 refere-se à construção das 33 unidades habitacionais compostas por unidades geminadas individuais. A figura 36 apresenta a metodologia construtiva adotada, sendo que a obra foi dividida em quatro módulos, obedecendo a disposição das casas de acordo com o projeto de implantação do condomínio. As edificações são dispostas nas extremidades da área e as áreas de lazer no centro do condomínio.

Visando a conclusão parcial das unidades o gestor da obra executa 10 unidades no primeiro módulo, 8 unidades no segundo, 10 no terceiro e 5 no quarto e ultimo módulo. As unidades são construídas sequencialmente, visto que as fundações não são independentes, sendo necessário fazer a amarração das mesmas.

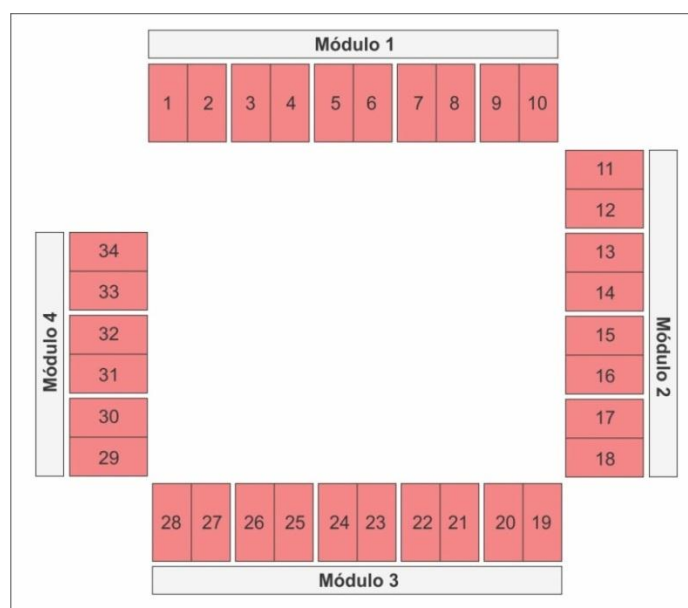


Figura 36 – Método construtivo modular – empreendimento E3

As etapas são sequenciais, sendo executadas as 10 fundações, supraestrutura, alvenaria, cobertura do módulo I e assim sucessivamente para os demais módulos como apresentado na figura 37.



Figura 37 – Premissas construtivas – empreendimento E3

Para a execução do empreendimento E3, o gestor da obra conta com o quadro de 40 funcionários com exceção dos cargos administrativos, como apresentado na tabela 11. A mão de obra é incorporada de acordo com a necessidade de início das atividades. Alguns serviços são terceirizados, portanto a quantidade de recursos não foi considerada neste caso, visto que a contratação é dada pelo serviço em si e não pelo número de profissionais.

Tabela 11 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E3

FUNÇÃO	TIPO	CATEGORIA	QUANTIDADE
Ajudante	Trabalho	Ajudante	14
Armador	Trabalho	Especialista	2
Carpinteiro	Trabalho	Especialista	3
Eletricista	Trabalho	Especialista	2
Encanador	Trabalho	Especialista	2
Pedreiro	Trabalho	Especialista	13
Pintor	Trabalho	Especialista	2
Operador de Betoneira	Trabalho	Ajudante	2
Vidraçeiro	Custo	Terceirizado	
Gesseiro	Custo	Terceirizado	
Marceneiro	Custo	Terceirizado	
Calheiro	Custo	Terceirizado	
			40

4.3.4 EMPREENDIMENTO E4

O empreendimento E4 refere-se à construção das 64 unidades habitacionais compostas por unidades geminadas individuais. A figura 40 apresenta a metodologia construtiva adotada, sendo que a obra foi dividida em vários módulos, obedecendo a disposição das casas de acordo com o projeto de implantação do condomínio. As edificações são dispostas nas extremidades da área e as áreas de lazer no centro do condomínio.

Visando a conclusão parcial das unidades o gestor da obra executa 16 unidades no primeiro módulo, 13 unidades no segundo, terceiro e quarto e 10 no quinto e último módulo. As unidades são construídas sequencialmente, visto que as fundações não são independentes, sendo necessário fazer a amarração das mesmas.

A obra é gerenciada pelo mestre de obras, encarregado de elétrica e hidráulica, contando com um suporte de estagiários no setor de qualidade. Porém, a forma de execução é bem similar a obra anterior, sendo diferenciada apenas pela antecipação de algumas etapas dentro de cada módulo. A figura 38 apresenta esquematicamente a disposição das unidades habitacionais no canteiro de obras.



Figura 38 – Método construtivo modular – empreendimento E4

As etapas de produção são sequenciais assim como o empreendimento E3, sendo executadas as fundações, supraestrutura, alvenaria, cobertura do módulo I e assim sucessivamente, para os demais módulos, como apresentado na figura 39.



Figura 39 – Premissas construtivas – empreendimento E4

Para a execução do empreendimento E4, o gestor da obra conta com o quadro maior de funcionários do que o dos empreendimentos anteriores. São 51 funcionários com exceção dos cargos administrativos, como apresentado na tabela 12. A mão de obra é incorporada de acordo com a necessidade de início das atividades.

Tabela 12 – Descrição dos Recursos (Mão de Obra) – E4

FUNÇÃO	TIPO	CATEGORIA	QUANTIDADE
Ajudante	Trabalho	Ajudante	21
Armador	Trabalho	Especialista	2
Carpinteiro	Trabalho	Especialista	3
Eletricista	Trabalho	Especialista	2
Encanador	Trabalho	Especialista	2
Pedreiro	Trabalho	Especialista	17
Pintor	Trabalho	Especialista	2
Operador de Betoneira	Trabalho	Ajudante	2
Vidraçeiro	Custo	Tercerizado	
Gesseiro	Custo	Tercerizado	
Marceneiro	Custo	Tercerizado	
Calheiro	Custo	Tercerizado	
			51

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui serão discorridos os dados obtidos durante o processamento das informações obtidas em campo. Após tabulação, os mesmos foram processados, visando a criação de novos cenários construtivos referentes a tipologia dos empreendimentos em estudo. Essas novas propostas foram criadas com o objetivo de sugerir alternativas para resolução de problemas clássicos de planejamento.

5.1 EMPREENDIMENTO E1

Com relatado anteriormente, a programação inicial foi construída a partir dos dados coletados com o gestor da obra. O empreendimento não possui nenhum planejamento prévio sendo que os gestores da empresa acreditam que a experiência profissional é suficiente para a conclusão do mesmo. Essa obra, em especial, não possuía orçamento ou quaisquer mecanismos de controle. Os materiais são solicitados de acordo com a necessidade e a mão de obra admitida com a demanda dos serviços.

O gestor da obra adotou uma metodologia particular para esse empreendimento, modulando-o em oito etapas, atestando que permite um melhor controle da execução das atividades.

A programação da rede geral da obra apresentou 1077 atividades. Essas atividades, como mencionado anteriormente, seguem as etapas de execução. De acordo com o

procedimento adotado pelo gestor da obra, o prazo para conclusão foi calculado para 470 dias trabalho, prazo esse previsto se cumprida as metas propostas. Portanto, a intenção em todos os cenários é reproduzir fielmente suas particularidades executivas.

5.1.1 CENÁRIO E1A

Neste cenário o tempo de produção das unidades ficou estimado em 470 dias. O gráfico de *Gantt* permite visualizar como as etapas estão dispostas de acordo com o início e fim das atividades. Observou-se que a partir da Supraestrutura várias atividades estavam sendo executadas simultaneamente.

Algumas atividades, em especial as bancadas e aparelhos, esquadrias, pinturas e acabamentos poderiam ter iniciado mais tardiamente, evitando a contratação e mobilização de mão de obra antecipada, aumentando o custo com contratações e antecipação de aquisição de materiais.

O prazo de conclusão estimado das unidades habitacionais é de 630 dias (21 meses), prazo este determinado junto ao cliente. Neste caso, com o planejamento adotado o gestor da obra conseguiria entregar o empreendimento em 470 dias, prazo este menor que o prazo contratual, como mostra a figura 40.

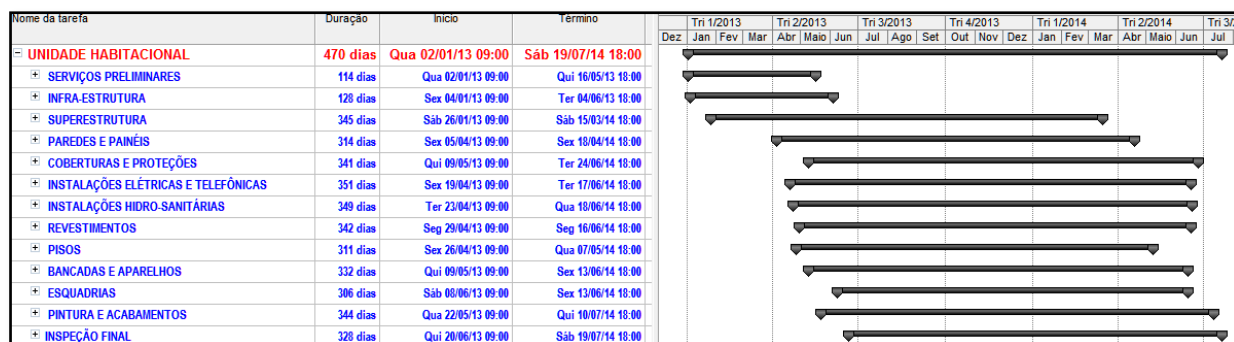


Figura 40 – Programação em CPM – Cenário E1A

Após programação em CPM traçou-se a projeção em linha de balanço do cenário em estudo. A figura 43 apresenta um gráfico em linha de balanço, onde no eixo x, encontram-se os pavimentos por módulo, ou seja, como o empreendimento conta com 8 módulos e estes são compostos por pavimento térreo e superior, foi dada a nomenclatura de TE 1(Pavimento Térreo), SUP 1(Pavimento Superior), TE2, SUP 2 e assim sucessivamente encerrando em SUP8. O eixo y representa os dias produtivos, sendo eles agrupados por mês.

Os blocos amarelos permitem a visualização da modulação do projeto em 8 módulos distintos, como já mencionado anteriormente, e as linhas permitem a visualização de quando inicia e termina uma atividade. Cada cor permite visualizar as etapas de produção. Algumas etapas não críticas são apresentadas na cor preta. As etapas são diferenciadas, usando linhas e cores variadas.

Um dos benefícios da linha de balanço pode ser comprovado neste empreendimento, pois trata-se de uma ferramenta gráfica que permite uma excelente visualização para apoio ao planejamento operacional, uma vez que retrata todo o cenário do empreendimento. A figura 41 ilustra uma obra com vários conflitos de produção e a obra fica comprometida pela desorganização da produção.

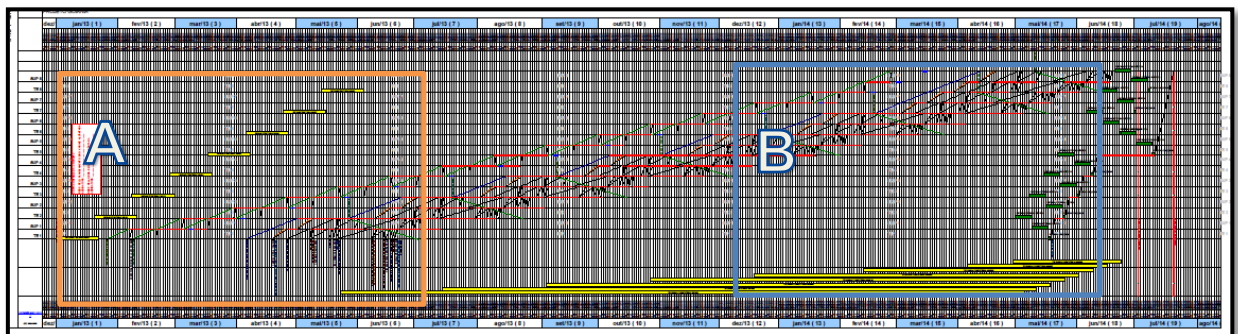


Figura 41 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E1A

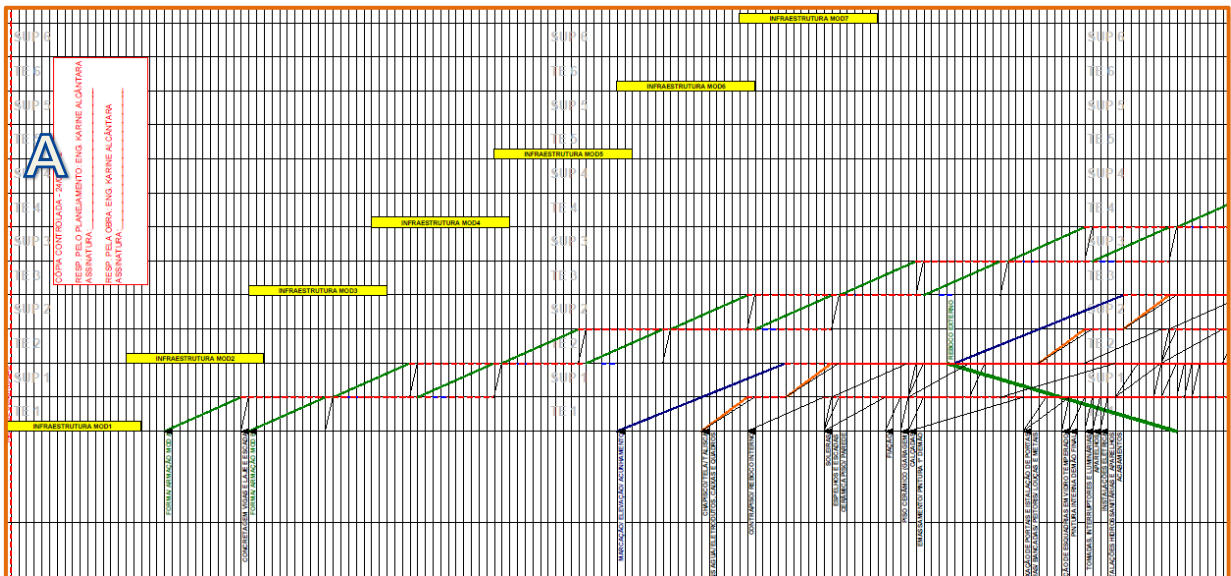


Figura 42 – visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E1A

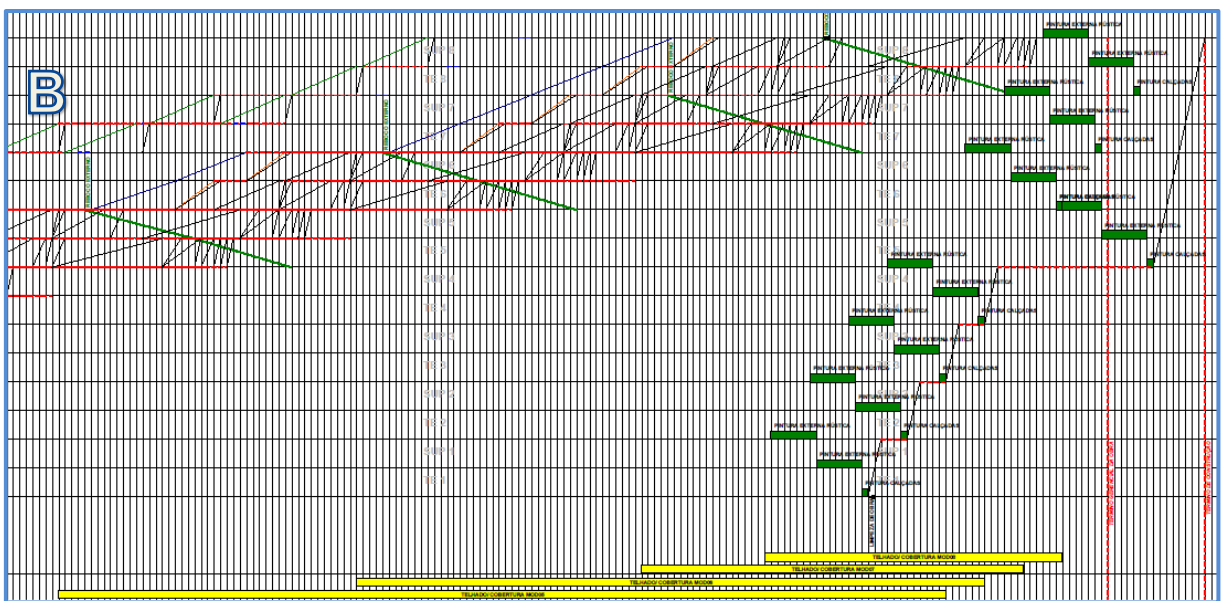


Figura 43 – visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E1A

As figuras 42 e 43 ilustram a ampliação e detalhamento do comportamento das atividades de planejamento projetado em LB. Essa visualização comprova as considerações realizadas no gráfico de *ganttt*, visto que as linhas estão confusas e desordenadas. Muitas atividades poderiam ser antecipadas visto que se acumularam no final do empreendimento, permitindo assim uma desmobilização antecipada de recursos humanos, reduzindo assim custos.

5.1.2 CENÁRIO E1B

Neste cenário foi possível propor reduções de folgas na produção, visto que, no cenário anterior, as atividades estavam sendo executadas simultaneamente. Neste caso, todas as atividades a partir da etapa de supraestrutura sofreram alterações drásticas quanto ao período de execução, reduzindo assim o quadro de funcionários e otimizando a conclusão das etapas.

Como apresentado na figura 40, o prazo do empreendimento E1A estava previsto para 470 dias, apesar do prazo deste cenário ser de 533 dias. Como apresentado na figura 41, sua metodologia de trabalho é mais ordenada como apresentado na figura 44.

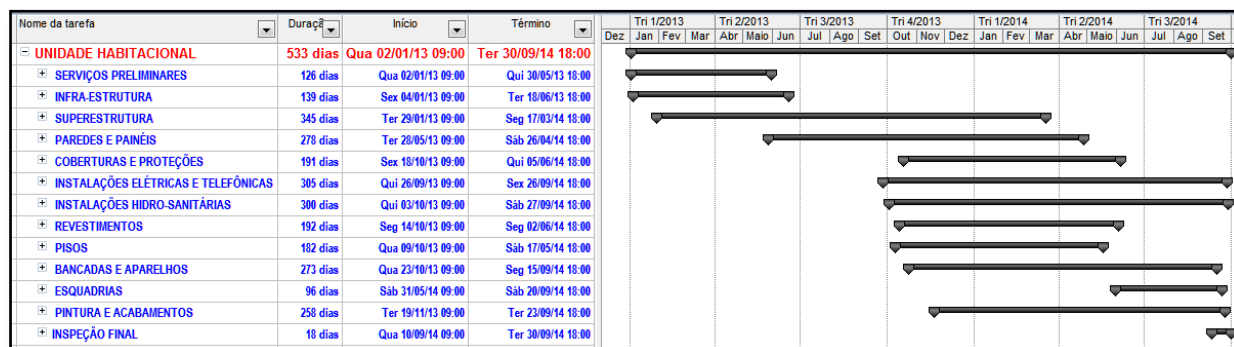


Figura 44 – Programação em CPM – Cenário E1B

A figura 45, 46 e 47, permite visualizar o novo cenário proposto visando a redução das folgas de produção. Analisando rapidamente sem maiores detalhes percebe-se que as linhas de produção estão mais lineares (ritmadas). As equipes estão trabalhando sem paradas de mão-de-obra. Neste caso o que se observa é que nem sempre acelerar a execução sem um planejamento coerente é a melhor alternativa, de forma que não haja conflitos de diferentes serviços no pavimento. Organizando a produção, é possível visualizar o ritmo de cada atividade, entender a estratégia de execução do empreendimento (metodologia construtiva) e definir alternativas que atendam essa estratégia.

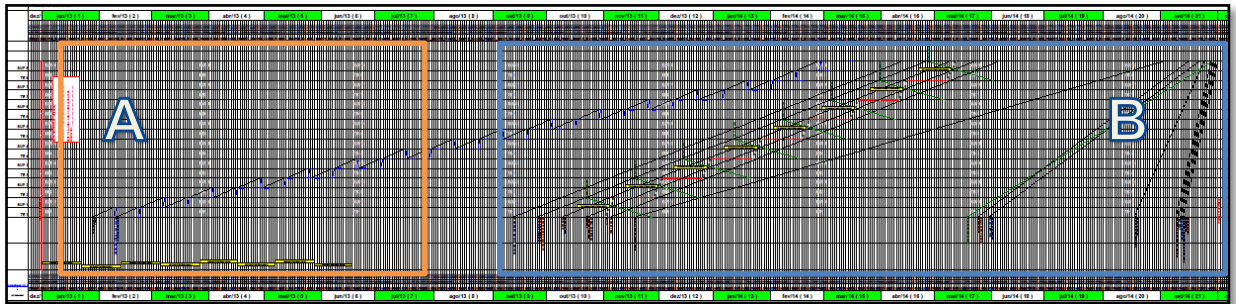


Figura 45 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E1B

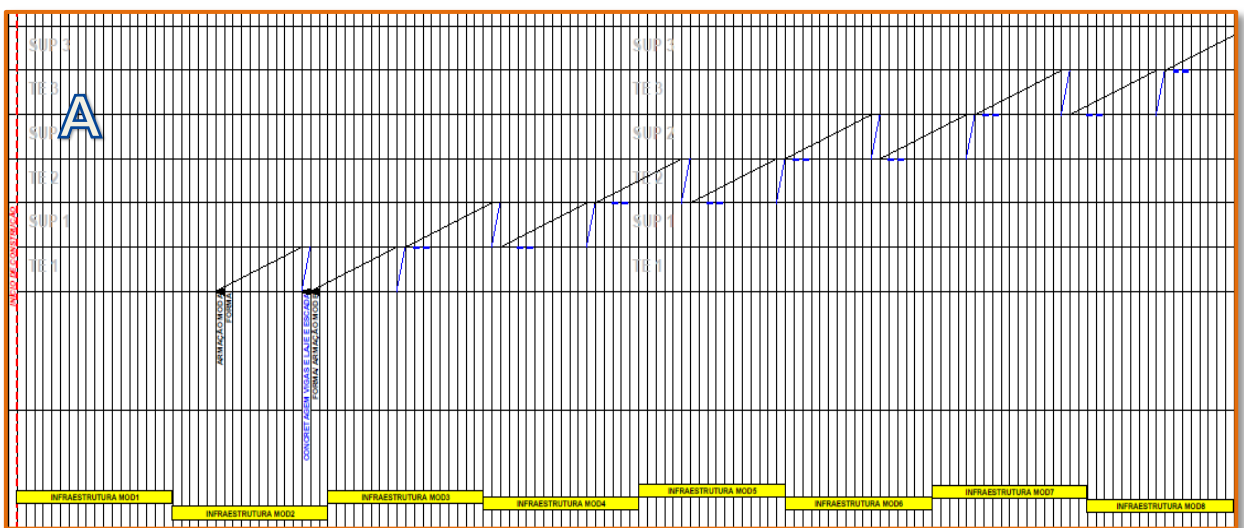


Figura 46 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E1B

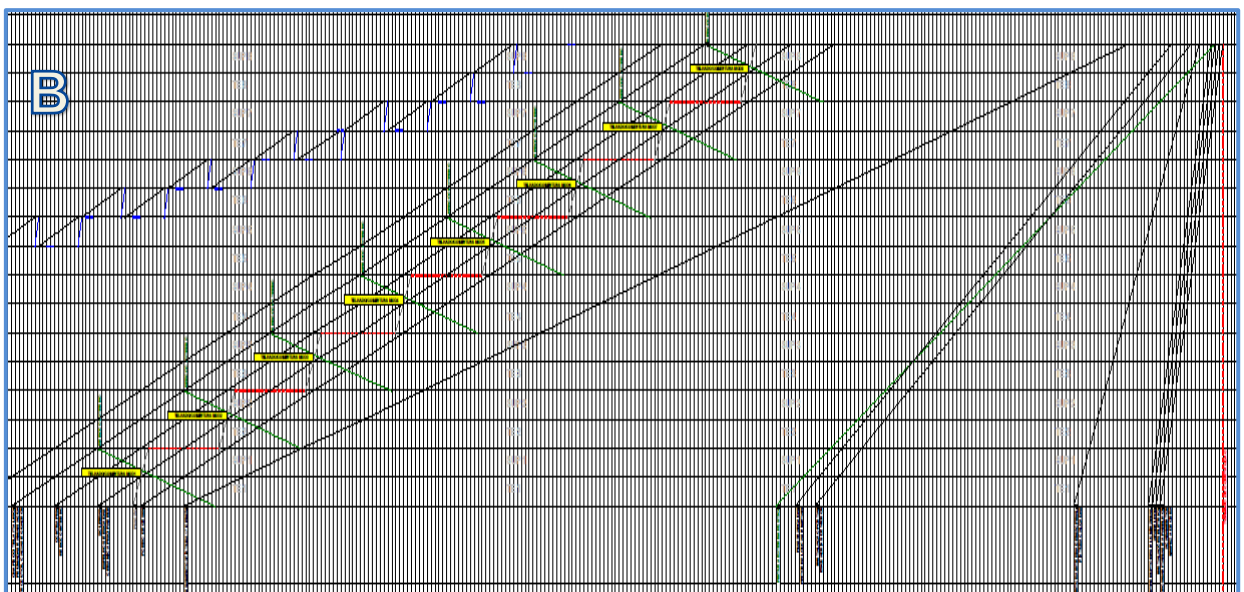


Figura 47 – visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E1B

5.1.3 CENÁRIO E1C

Este cenário objetiva ilustrar as possíveis interferências no cronograma que podem apesar de aumentar prazos, reduzir custos. Neste caso, o que se propõe é que se houvesse a necessidade de trabalhar com um número menor de recursos seria possível aumentar dois meses de trabalho aproximadamente para a execução das instalações elétricas e telefônicas, instalações hidrossanitárias, bancadas e aparelhos e pinturas e acabamentos, com um número menor de funcionários.

Como apresentado na figura 40 o prazo do empreendimento E1A estava previsto para 470 dias. Apesar do prazo deste cenário ser de 533 dias como apresentado na figura 48, sua metodologia de trabalho é mais ordenada como apresentado na figura 49. As programações dos serviços preliminares as paredes e painéis foram mantidas de acordo com a rede E1B.

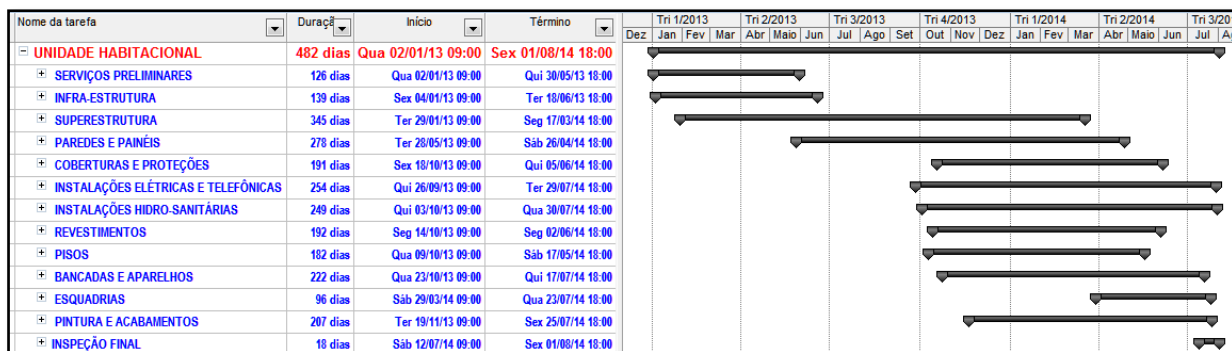


Figura 48 – Programação em CPM – Cenário E1B

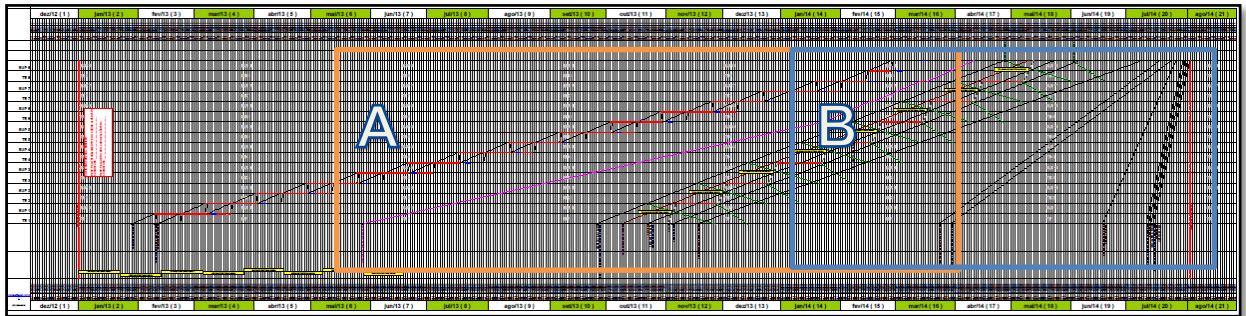


Figura 49 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E1C

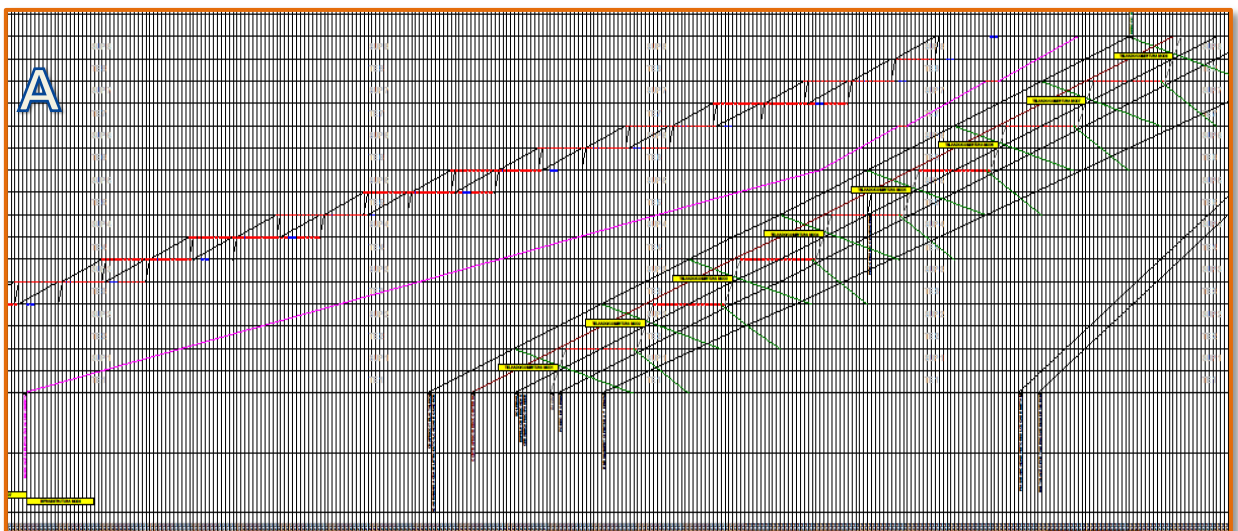


Figura 50 – Visualização parcial (A) da programação em LB – Cenário E1C

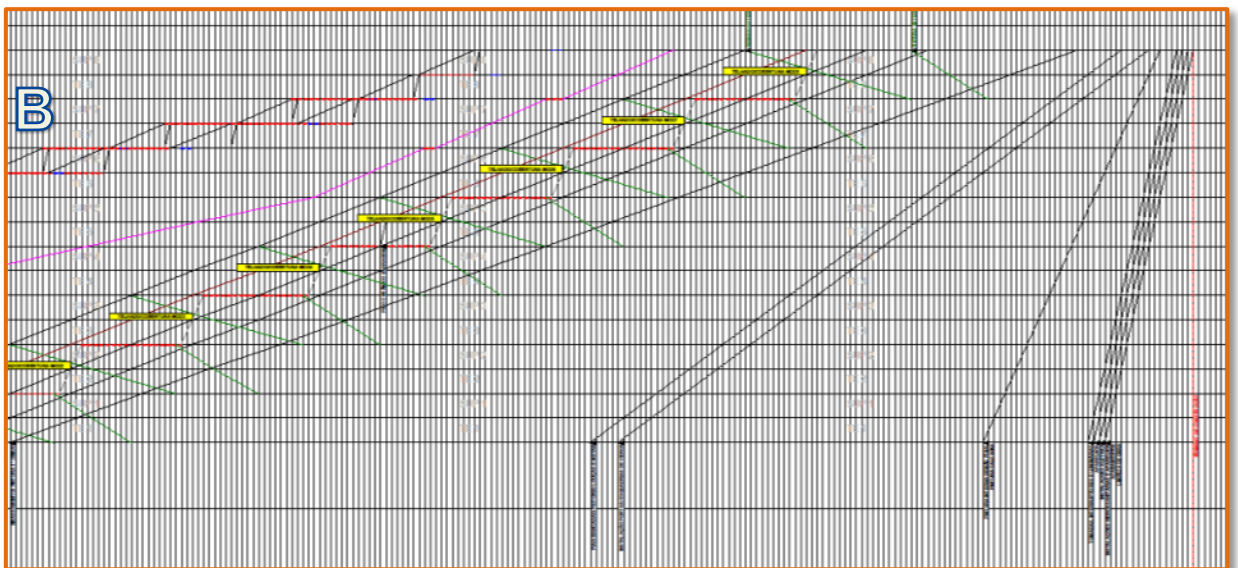


Figura 51 – Visualização parcial (B) da programação em LB – Cenário E1C

Neste cenário o tempo de execução das unidades ficou estimado em 533 dias. O gráfico de *Gantt*, ilustrado na figura 50, permite visualizar como as etapas estão dispostas de acordo com o início e fim das atividades. Observou-se que a partir da Supraestrutura, neste cenário, as atividades também são executadas simultaneamente, devido a semelhança de execução das unidades unitárias do empreendimento E1.

5.1.4 ANÁLISE FINAL DA DURAÇÃO FINAL DOS EMPREENDIMENTOS

A Tabela 13 apresenta, de forma resumida, as durações das atividades de cada um dos empreendimentos. É possível observar que em ambas as redes niveladas foram reduzidos prazos de execução de tarefas tais como: paredes e painéis, coberturas e proteções, revestimentos, pisos, esquadrias inspeção final. O que se pretende propor é a redução de algumas tarefas que podem ser executadas continuamente, não observando só o prazo de execução do projeto como um todo.

Apesar do aumento em dias das propostas no empreendimento E1B e E1C, o tempo de execução das tarefas foi reduzido, como se observa no item revestimentos que passou de 342 dias para 192 dias. O prazo contratual é de 21 meses para a entrega do empreendimento, percebe-se que em ambos os planejamentos o prazo foi atendido.

Tabela 13 – Análise de duração do empreendimento E1

NOME DA TAREFA	Duração		
	E1A	E1B	E1C
UNIDADE HABITACIONAL	470	482	533
Serviços preliminares	114	126	126
Infra-estrutura	128	139	139
Superestrutura	345	345	345
Paredes e painéis	314	278	278
Coberturas e proteções	341	191	191
Instalações elétricas e telefônicas	351	254	305

Instalações hidrossanitárias	349	249	300
Revestimentos	342	192	192
Pisos	311	182	182
Bancadas e aparelhos	332	222	273
Esquadrias	306	96	96
Pintura e acabamentos	344	207	258
Inspeção final	328	18	18
Duração em meses	16	16	18

Nos que se refere aos recursos utilizados, foi possível observar o número real contratado, supera o número de contratações calculado no EA1, ou seja, o número ideal de funcionários para a execução das atividades seria de 39 pessoas, durante quase todo o período de obra.

Para os valores obtidos nas programações no empreendimento E2A e E2B, nota-se que o número de mão de obra aumentou, mas esse acréscimo não pode ser confundido com aumento de custo. O que aconteceu é que para a execução de uma atividade como, por exemplo, pisos ou esquadrias, em ambos os casos o número de pessoas concentradas em uma atividade aumentou, mas houve uma redução no tempo, como apresentado na tabela 14.

Tabela 14 – Análise uso de recursos empreendimento E1

FUNÇÃO	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS			
	REAL ²⁰	E1A	E2A	E3A
Ajudante	14	9	11	9
Armador	2	4	4	4
Calheiro		1	1	1
Carpinteiro	3	5	5	5
Eletricista	2	2	3	4
Encanador	2	3	3	3
Gesseiro		1	2	3
Marceneiro		1	1	1
Operador de Betoneira	2	1	2	3

²⁰ REAL refere-se ao número de pessoas contratadas efetivamente pela programação sem planejamento do gestor da obra.

Pedreiro	15	6	10	10
Pintor	3	5	6	7
Vidraçeiro		1	1	1
	43	39	49	51

Observa-se que o número de pessoas contratadas não atende à demanda exigida pelo cronograma. Com os prazos propostos pelo gestor, o prazo da obra ficaria comprometido, pois não se consegue atender à produção necessária. Na coluna E1A, o quadro de mão-de-obra necessária. Refere-se a rede desbalanceada. Embora seja um número menor de funcionários, esses recursos estão sendo utilizados sem organização durante um período maior, aumentando o custo com mão de obra.

5.2 EMPREENDIMENTO E2

A programação da rede geral da obra apresentou 2288 atividades. Essas atividades como mencionado anteriormente seguem as etapas de execução. De acordo com o procedimento adotado pelo gestor da obra, o prazo contratual previsto para a entrega do empreendimento é de 720 dias, prazo esse previsto se cumprida as metas propostas pelo executor.

5.2.1 CENÁRIO E2A

Neste cenário o tempo de produção das unidades ficou estimado após programação em 688 dias, como mostra a figura 52. O gráfico de *gant*t permite visualizar que assim como o empreendimento anterior várias etapas estavam sendo executadas simultaneamente.

É possível perceber que o cenário é ainda mais complexo que o cenário EA1, visto que apesar do aumento de número das atividades os cenários são semelhantes quanto as suas programações simultâneas e sequencias construtivas. Nota-se que com o intuito de

abrir várias frentes de serviços, os gestores iniciam atividades que apresentam folgas na produção, ou seja, o prazo referente à bancadas e aparelhos, esquadras e pinturas e acabamentos, são extensos, sendo que a mão de obra poderia ser reduzida.

Os gestores executam atividades que não têm necessidade de início imediato. Nesse caso, as atividades como pintura final, tomadas, interruptores e limpeza final. são atividades rápidas e poderiam ter seu início postergado para reduzir o tempo de permanência da mão-de-obra no canteiro.

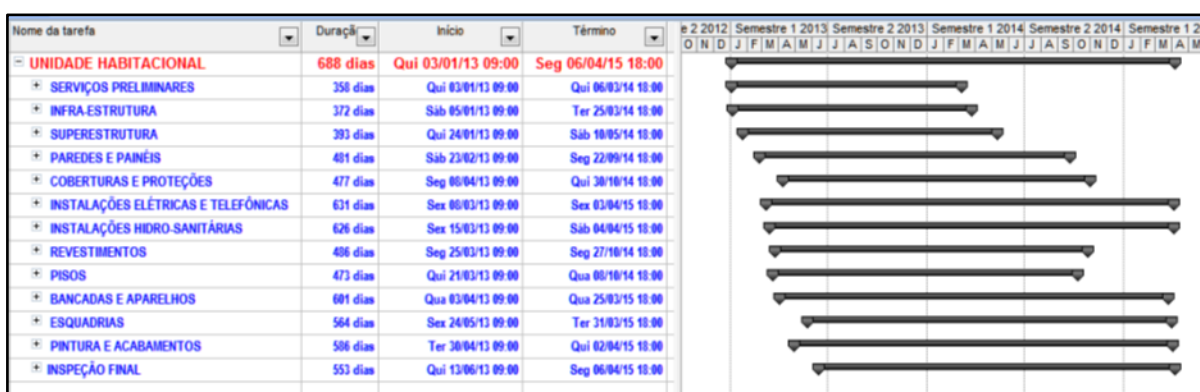


Figura 52 – Programação em CPM – Cenário E2A

Assim, como no projeto anterior, após a conclusão das redes em CPM, projetou-se a projeção da linha de balanço do cenário em estudo. A figura 53 apresenta o gráfico em linha de balanço, onde no eixo x é possível visualizar os dias para execução das tarefas, agrupados por mês e o eixo y representa as atividades desenvolvidas por pavimento. Diferente do cenário anterior, o empreendimento não é executado em módulos, obedecendo apenas as orientações quanto a infra e supra estrutura, conforme ilustra a figura 53.

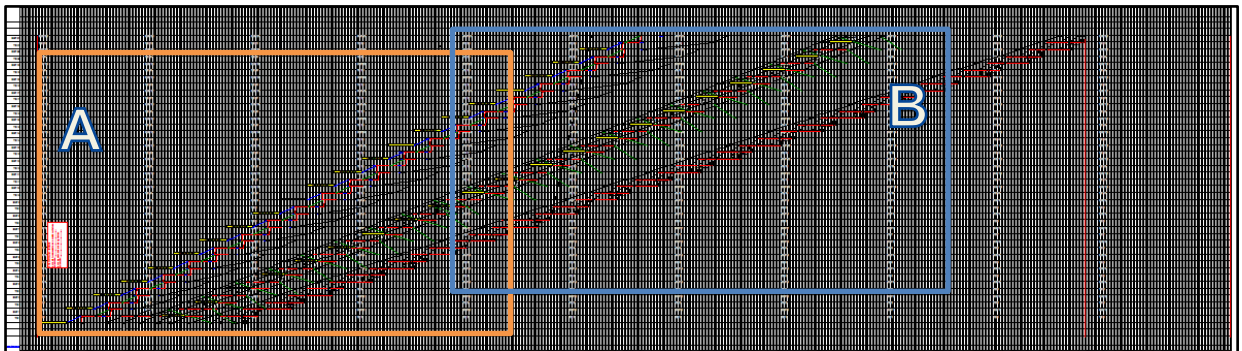


Figura 53 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E2

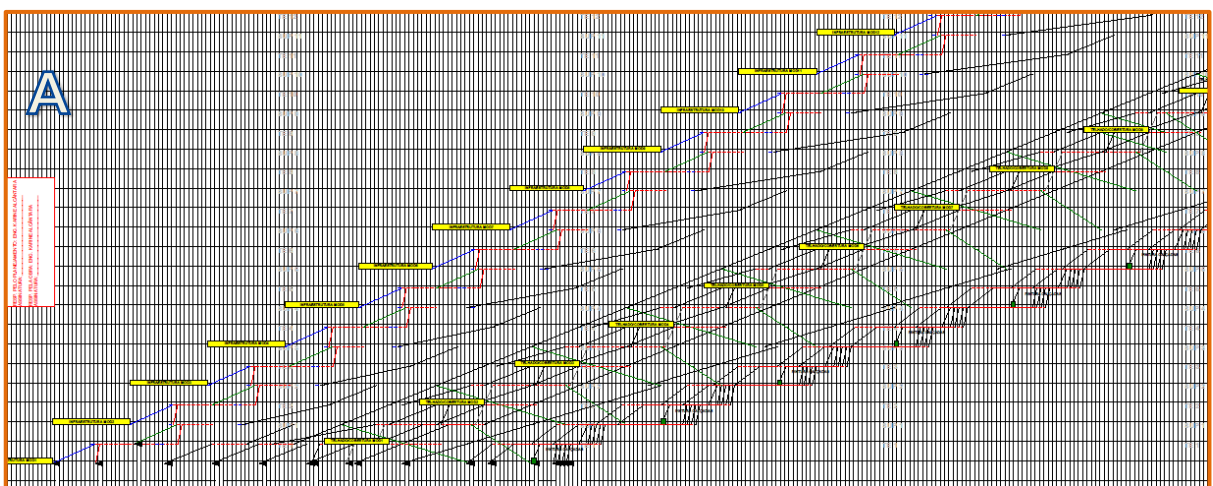


Figura 54 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E2A

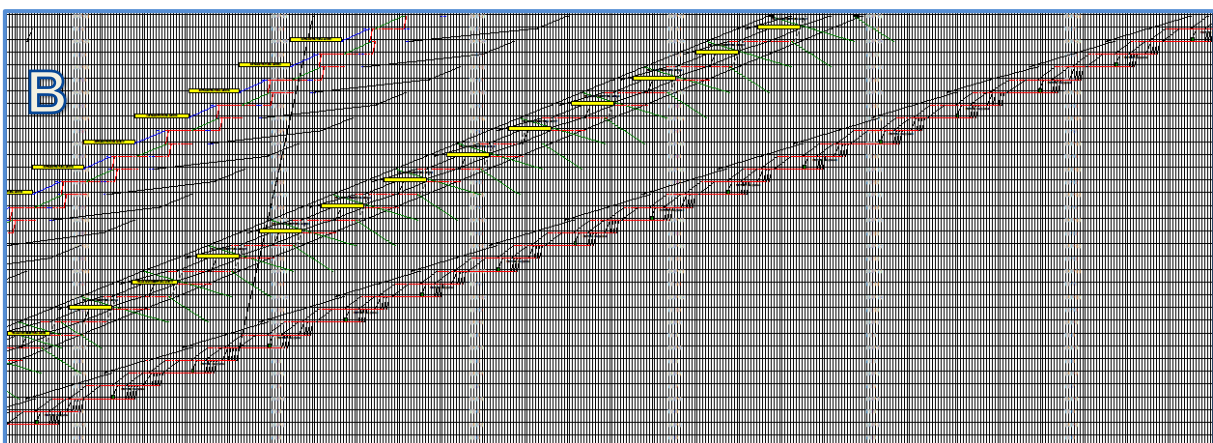


Figura 55 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E2A

A figura 54 e 55 ilustram o comportamento das atividades do planejamento, projetado em LB, as linhas apresentam muitas interrupções entre uma unidade e outra. Observa-se que existem folgas de produção, fazendo com que a execução se torne tumultuada e sem ritmo. Esse cenário é muito semelhante ao E1A. Visando resolver os conflitos gerados pela

programação adotada pelo gestor do empreendimento, seguem as propostas dos cenários E2B e E2C.

5.2.2 CENÁRIO E2B

Neste cenário, apesar de apresentar prazo de execução maior que o cenário E2A, ou seja de 780 dias, como mostra a figura 56, apresenta propostas de otimização do processo construtivo, visto que todos os serviços de infra estrutura. Podem ser executados em um período de aproximadamente seis meses e os serviços de supraestrutura e inspeção final foram reduzidos, melhorando o fluxo de produção. Algumas programações foram mantidas.

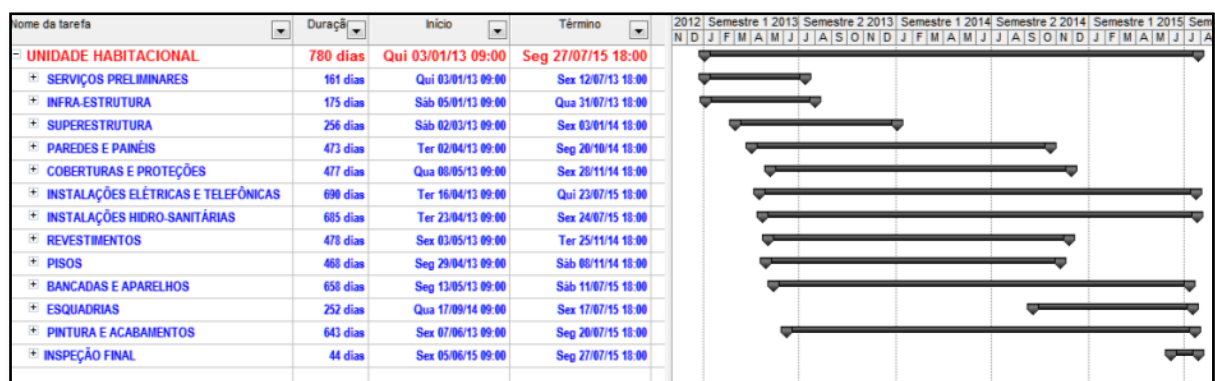


Figura 56 – Programação em CPM – Cenário E2B

De maneira geral os serviços preliminares, infraestrutura, supraestrutura, paredes esquadrias e inspeção final foram ajustados (balanceados), visando otimizar o uso de recursos e a utilização desses recursos sem interrupções, como ilustram as figuras, 57, 58, 59, 60, sendo que as demais programações propostas pelo gestor foram mantidas.

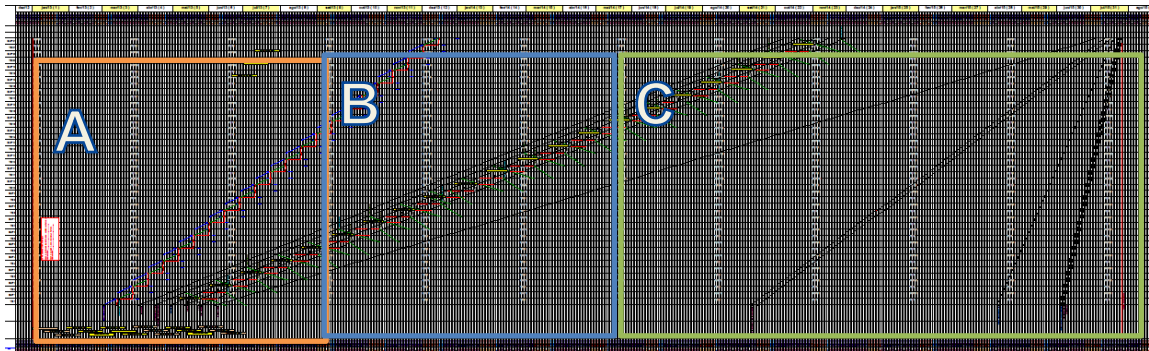


Figura 57 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E2B

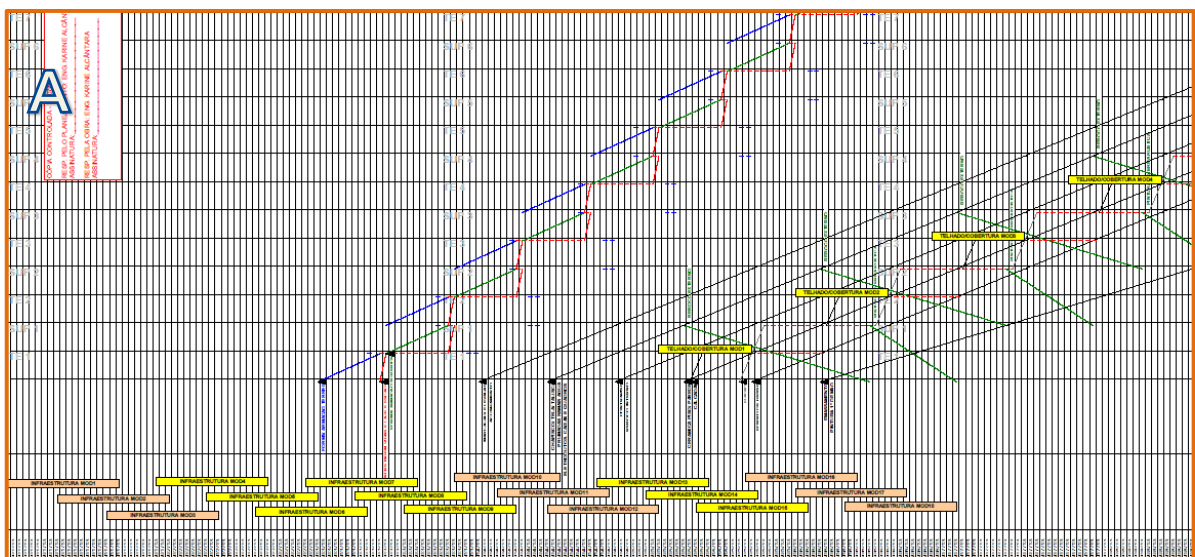


Figura 58 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E2B

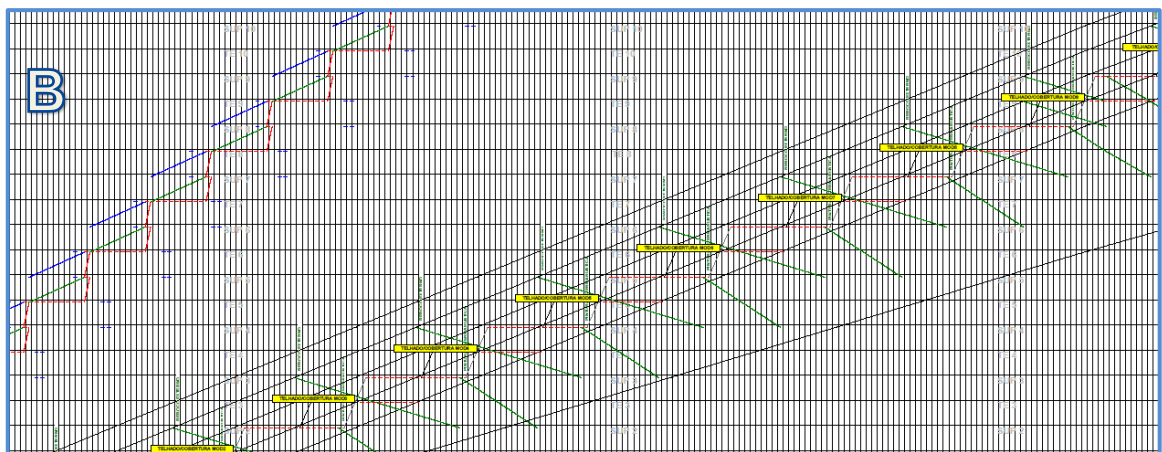


Figura 59 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E2B

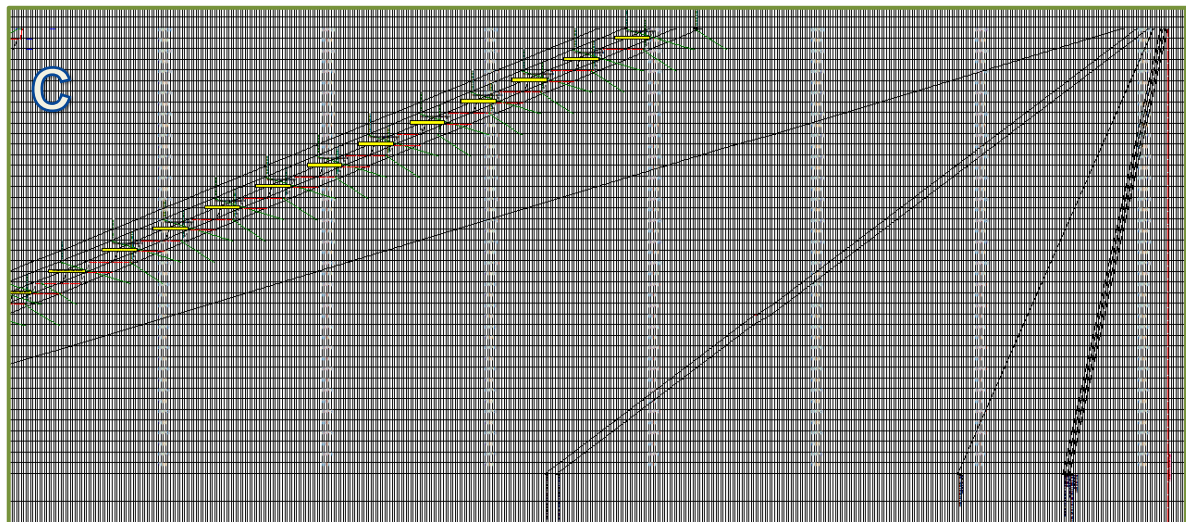


Figura 60 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E2B

5.2.3 CENÁRIO E2C

Neste cenário o prazo de execução foi calculado em torno de 715 dias, como ilustra a figura 61, sendo que apesar de estar muito próximo do cenário E2A, a programação foi reorganizada de forma que a infraestrutura e supraestrutura andassem em paralelo, como mostra a figura 64. O período de execução das paredes e painéis foi reduzido suavemente, visto que é uma atividade que merece atenção especial assim como a supraestrutura.

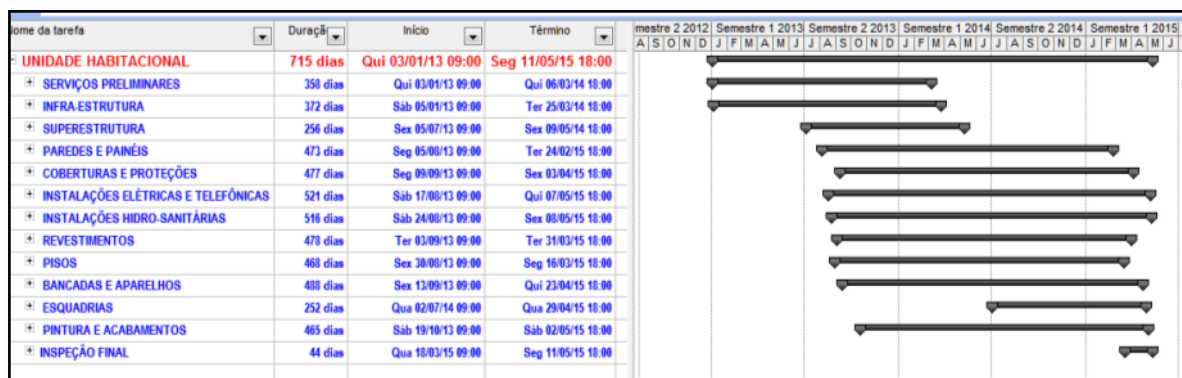


Figura 61 – Programação em CPM – Cenário E2C

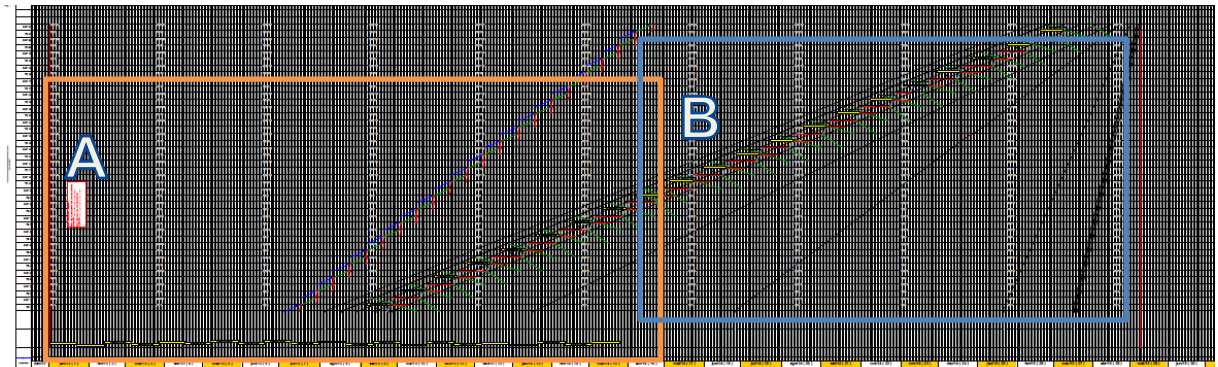


Figura 62 – Visualização geral da programação em LB – Cenário E2C

Algumas atividades como as instalações elétricas e telefônicas, instalações hidrossanitárias, bancadas e aparelhos, esquadrias e inspeção final foram reprogramadas, visto que essas atividades não necessitam de um prazo tão longo para execução, como mostra a figura 63 e 64.

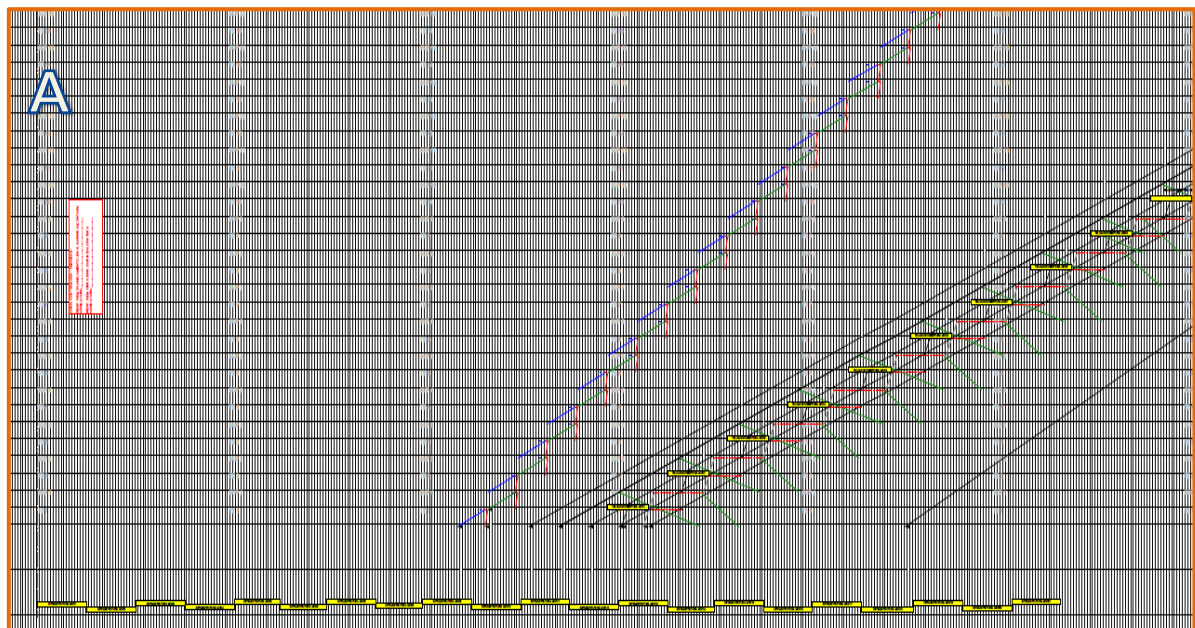


Figura 63 – Visualização parcial (A) da programação em LB – Cenário E2C

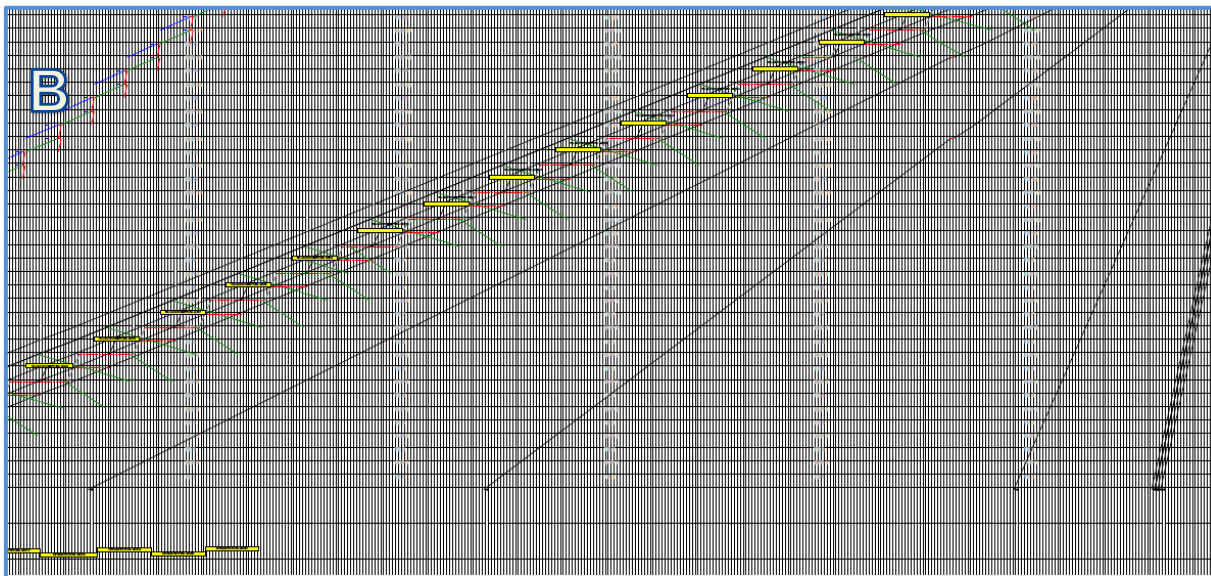


Figura 64 – Visualização parcial (B) da programação em LB – Cenário E2C

5.2.4 ANÁLISE FINAL DA DURAÇÃO FINAL DOS EMPREENDIMENTOS

A Tabela 15 apresenta de forma resumida as durações das atividades de cada um dos empreendimentos. É possível observar que nas redes E2B e E2C, as prazos referente as programações foram maiores que a rede E2A. Porém foram analisados os gráficos em linha de balanço é possível perceber que alguns prazos foram reduzidos, resolvendo alguns conflitos iniciais infra e supraestrutura.

A Tabela 15 apresenta de forma resumida as durações das atividades de cada um dos empreendimentos. É possível observar nas redes E2B e E2C, que as atividades que mais sofreram modificações em tempos de execução foram a infraestrutura, supraestrutura, esquadrias e inspeção final. Neste empreendimento, os tempos de produção foram mantidos ou permaneceram próximos da rede inicial, porém o balanceamento das atividades permitiu dar mais sincronia no processo de execução.

Tabela 15 – Análise de duração do empreendimento E2

NOME DA TAREFA	DURAÇÃO		
	E2A	E2B	E2C
UNIDADE HABITACIONAL	688	780	715
Serviços preliminares	358	161	358
Infraestrutura	372	175	372
Superestrutura	393	256	256
Paredes e painéis	481	473	473
Coberturas e proteções	477	477	477
Instalações elétricas e telefônicas	631	690	521
Instalações hidrossanitárias	626	685	516
Revestimentos	486	478	478
Pisos	473	468	468
Bancadas e aparelhos	601	658	488
Esquadrias	564	252	252
Pintura e acabamentos	586	643	465
Inspeção final	553	44	44
PRAZO ESTIMADO EM MESES	23	26	24

A tabela 16 permite visualizar a demanda de mão de obra em algumas funções. Nitidamente observa-se que necessidade de contratação da função de carpinteiro, o número de funcionários contratados (REAL) é muito inferior que a necessidade apontada. Possivelmente em algum momento os serviços que utilizam esse profissional sofreriam paradas de produção. O número de pedreiros do cenário real é superior a necessidade da obra.

Tabela 16 – Análise uso de recursos empreendimento E2

FUNÇÃO	TIPO	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS			
		REAL	E1A	E2A	E3A
Carpinteiro	Trabalho	4	10	10	9
Pedreiro	Trabalho	18	13	13	14
Armador	Trabalho	4	4	6	6
Ajudante	Trabalho	16	15	16	13
Encanador	Trabalho	3	4	15	3
Operador de Betoneira	Trabalho	2	1	3	3
Pintor	Trabalho	3	4	3	5
Eletricista	Trabalho	3	3	2	2

Gesseiro	Custo				
Calheiro	Custo				
Marceneiro	Custo				
Vidraçeiro	Custo				
		53	54	68	55

5.3 EMPREENDIMENTO E3

A programação da rede geral da obra apresentou 511 atividades. Essas atividades, como mencionado anteriormente, seguem as etapas de execução, de acordo com o procedimento adotado pelo gestor da obra. O prazo para conclusão foi calculado para 630 dias trabalho, prazo esse previsto se cumpridas as metas propostas pelo executor.

Assim como os demais cenários a programação inicial foi construída a partir dos dados coletados com o gestor da obra. O empreendimento também não possui nenhum planejamento prévio, sendo que os gestores da empresa acreditam que a experiência profissional é suficiente para a conclusão do mesmo.

A execução do empreendimento é dada de forma contínua obedecendo às modulações das ruas. De acordo com as orientações repassadas pelos gerentes técnicos da empresa, o gestor da obra foi orientado executar as unidades, visando à conclusão das ruas do condomínio devido a ocorrência de atrasos de obras, a empresa em caso de urgência isola parte do empreendimento continuidade na execução e entrega as unidades concluídas para os clientes.

5.3.1 CENÁRIO E3A

Neste cenário o prazo de execução foi calculado em 632 dias, conforme execução real do gestor da obra. Neste empreendimento, apesar das atividades não terem inícios simultâneas, obedecendo a sequência construtiva por ruas apenas, apresenta um período

mais extenso para a execução dos serviços que o Empreendimento E1 que possui 30 unidades habitacionais e totaliza 470 dia de execução.

Apesar das tarefas não começarem simultaneamente, algumas atividades como infraestrutura, instalações elétricas e telefônicas possuem prazos relativamente extensos, como mostra a figura 65.

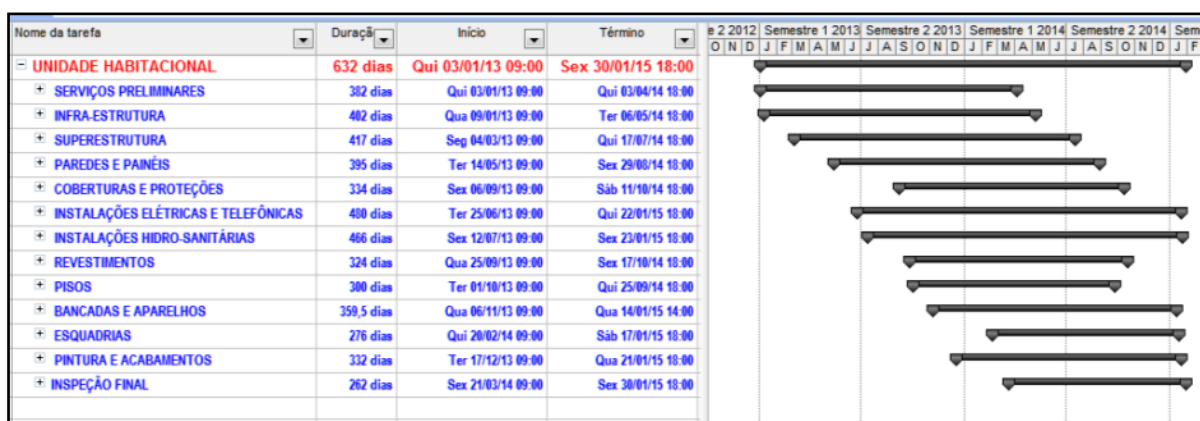


Figura 65 – Programação em CPM – Cenário E3A

As barras inferiores amarelas apresentadas na figura 66, referem-se a infra estrutura dos módulos, ou seja, das ruas e as barras superiores amarelas ilustram o início e fim dos serviços de cobertura e proteções. A rede apresenta muitas folgas de produção, como é possível visualizar através das linhas em vermelho, como mostra a figura 66, aumentando o cronograma das obras.

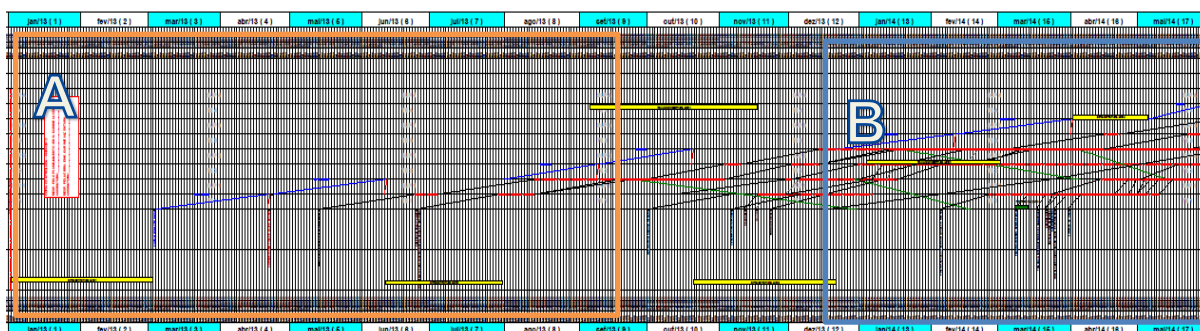


Figura 66 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E3A

A figura 67 e 68 ilustram que algumas atividades, como pintura interna, instalações elétricas, hidrossanitárias e acabamentos não possuem ritmos de produção definidos, sendo que as atividades poderiam ter um prazo de execução menor.

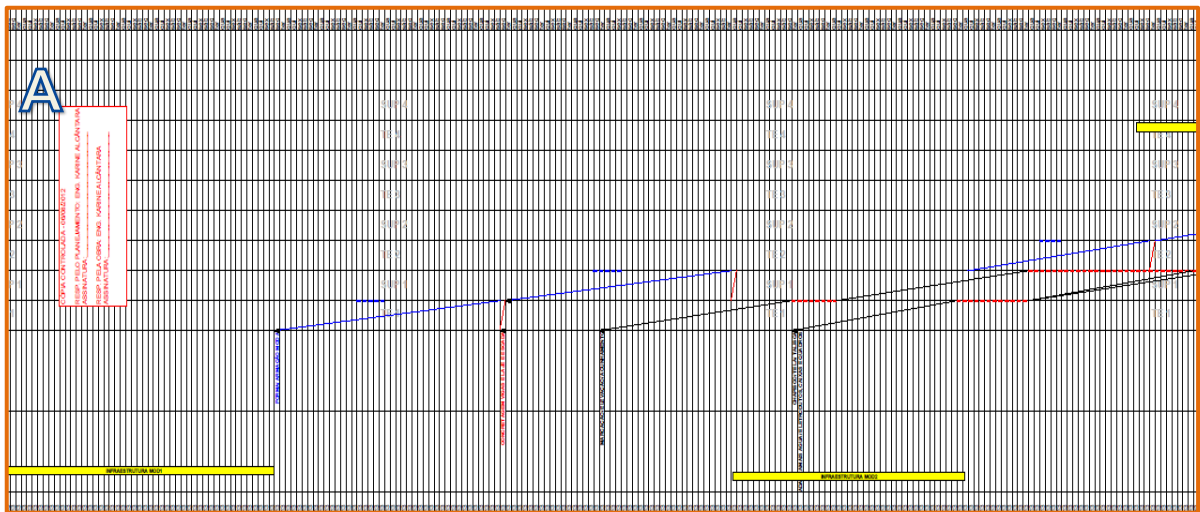


Figura 67 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E3A

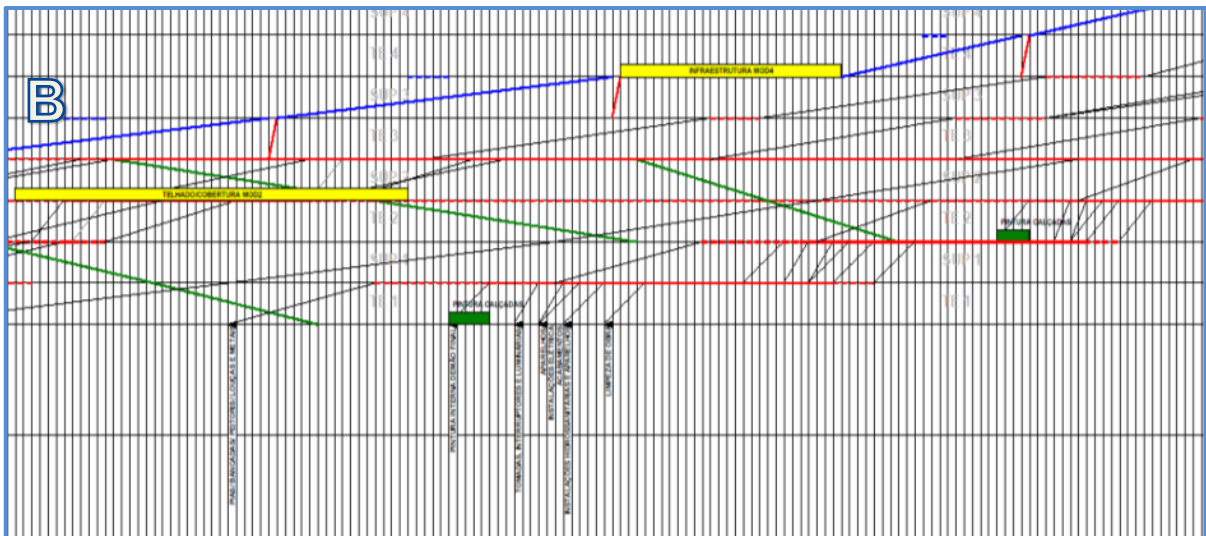


Figura 68 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E3A

5.3.2 CENÁRIO E3B

Neste cenário o prazo de execução foi calculado em 509 dias, conforme execução real do gestor da obra, como apresentado na figura 69. Para sanar os problemas referente as folgas detectados no cenário E3A, foram programadas as atividades referentes aos serviços preliminares, infraestrutura, supraestrutura, esquadrias e inspeção final, reduzindo as folgas de produção, com a redução das folgas a programação passou a totalizar 509 dias como já mencionado.

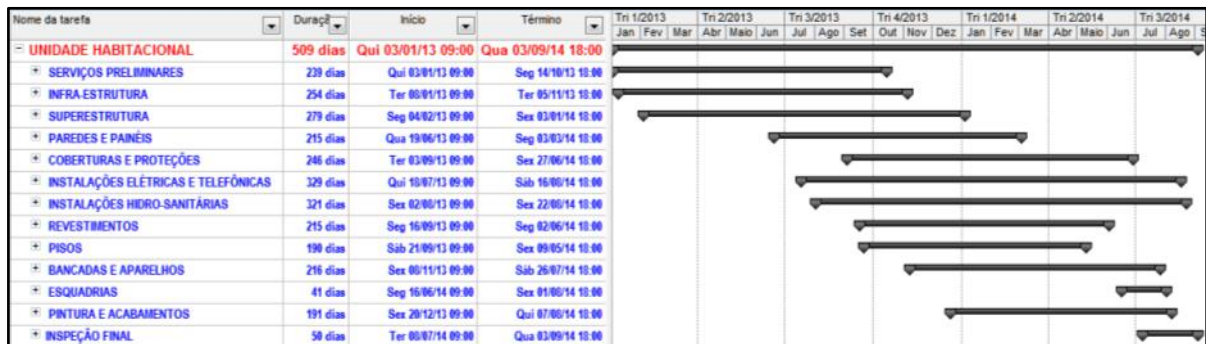


Figura 69 – Programação em CPM – Cenário E3B

Nas figuras 70, 71, 72 e 73 é possível visualizar a redução das folgas existentes no cenário E3A, comprovando visualmente que após alterações na programação é possível controlar melhor os fluxos de produção.

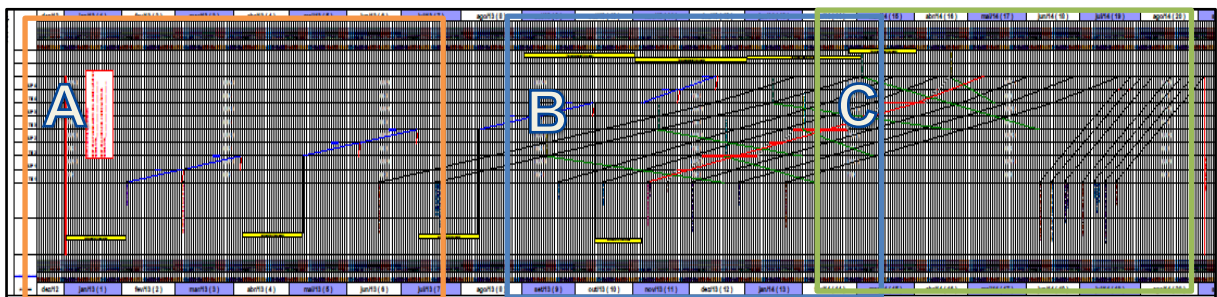


Figura 70 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E3B

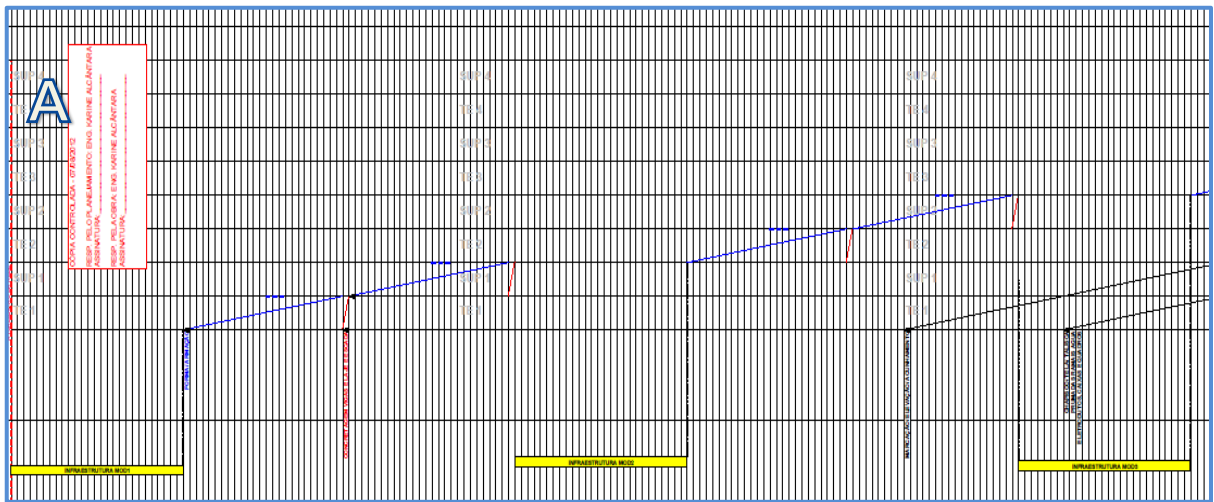


Figura 71 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E3B

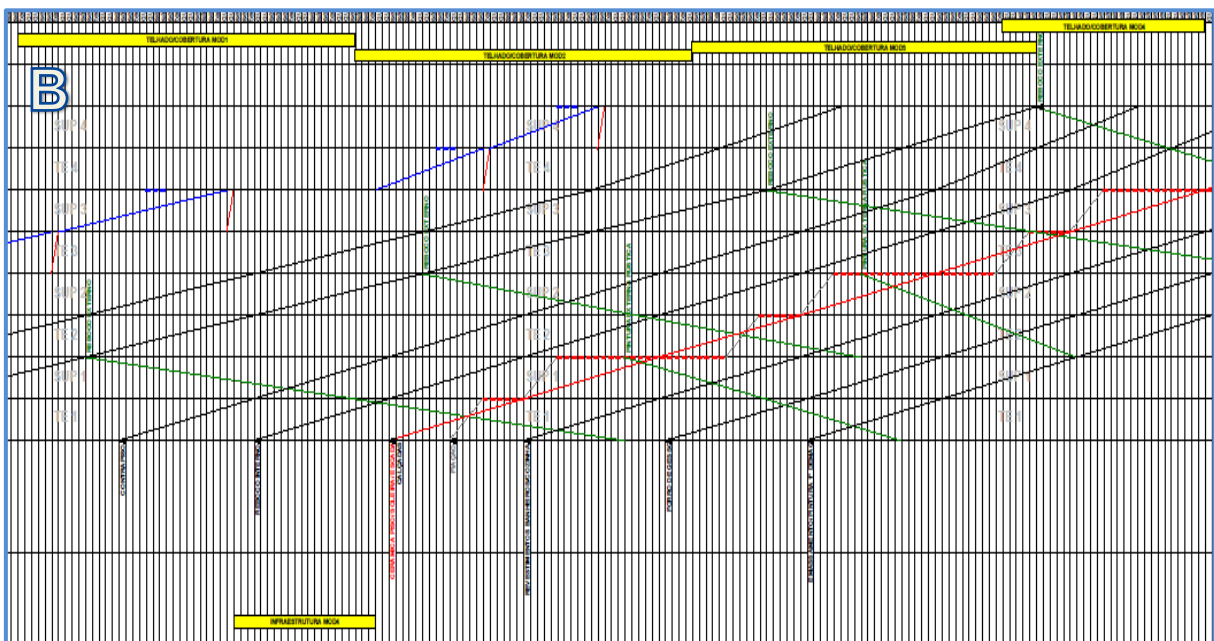


Figura 72 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E3B

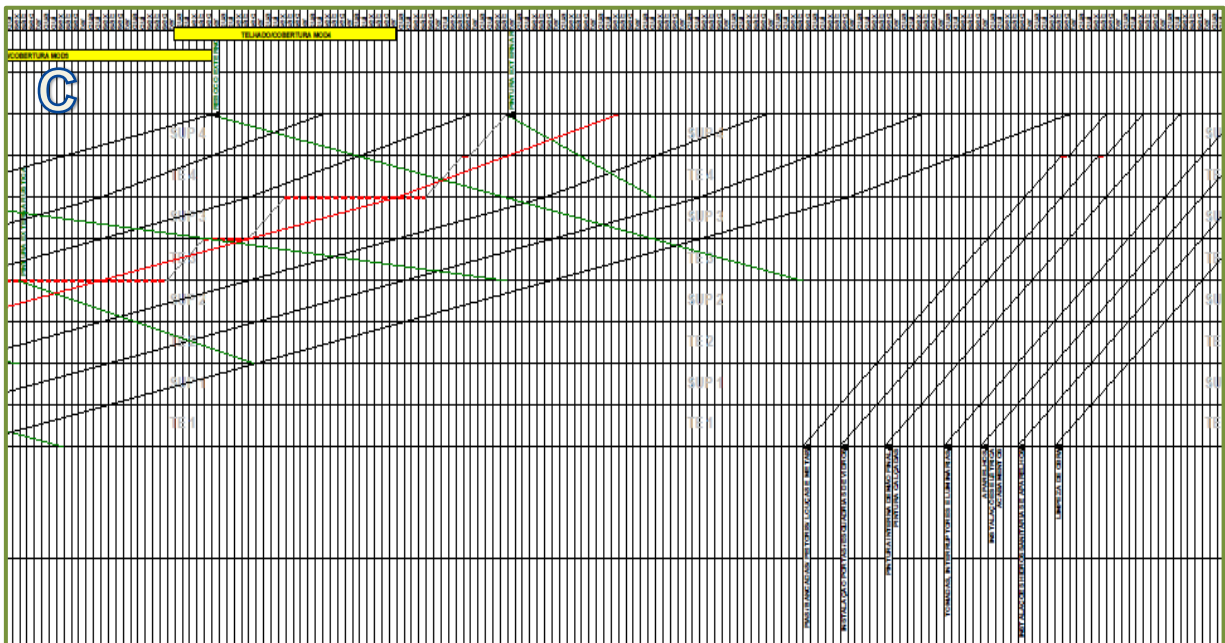


Figura 73 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E3B

5.3.3 CENÁRIO E3C

O prazo programado para esse empreendimento foi de 472 dias, proposta de programação. Como apresentado na figura 74, neste cenário, foram sugeridas alterações nos serviços, paredes e painéis, cobertura e proteções, revestimentos, pisos, bancadas, esquadrias, pintura e acabamentos e inspeção final. Quase todos os itens foram reprogramados, e após a redução das folgas de produção, o prazo da obra passou de 632 dias referentes a programação inicial para 472 dias.

Com o balanceamento das atividades mencionadas foi possível reduzir significativamente as folgas de produção, como se observa nas figuras 74, 75, 76, 77 e 78. Observa-se que as atividades não iniciaram precipitadamente sendo que no primeiro momento propõe-se os avanços quanto aos itens serviços preliminares, infraestrutura e supraestrutura.

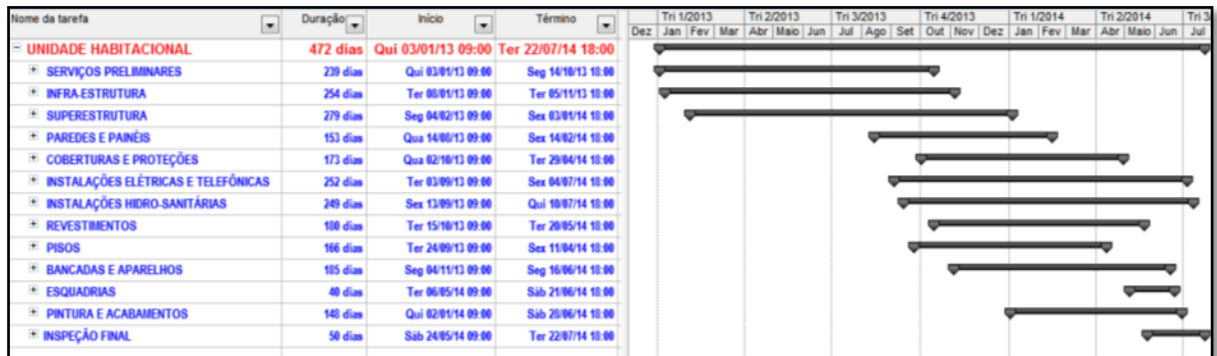


Figura 74 – Programação em CPM – Cenário E3C

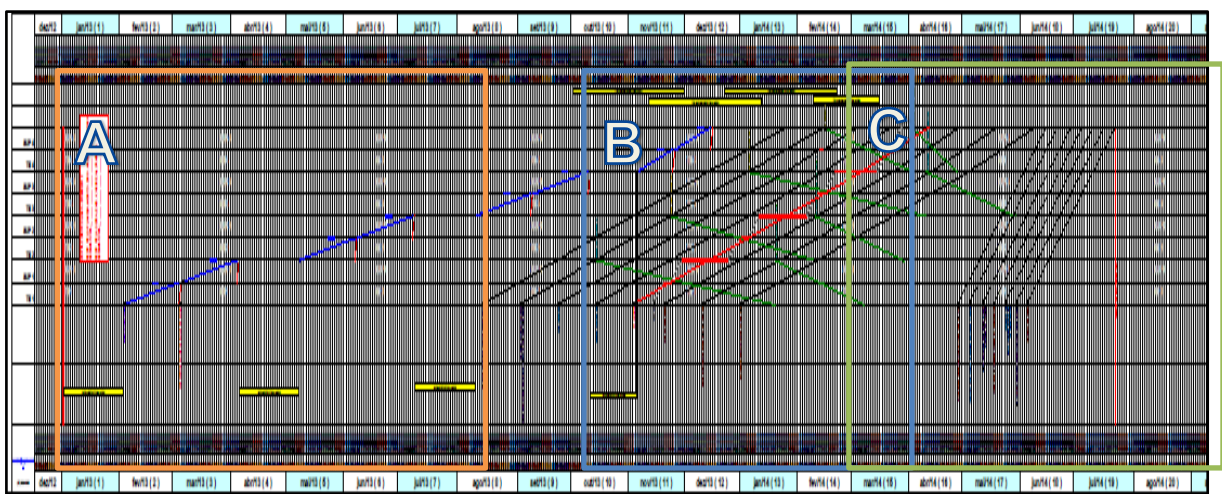


Figura 75 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E3C



Figura 76 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E3C

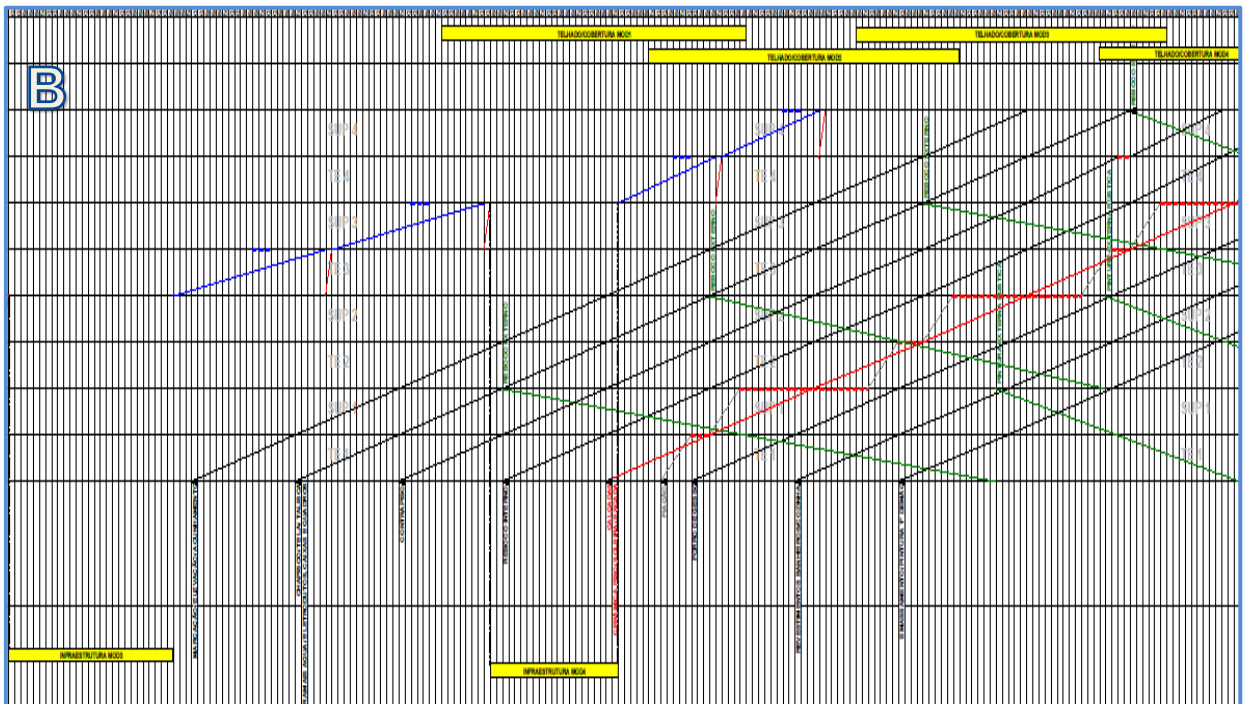


Figura 77 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E3C

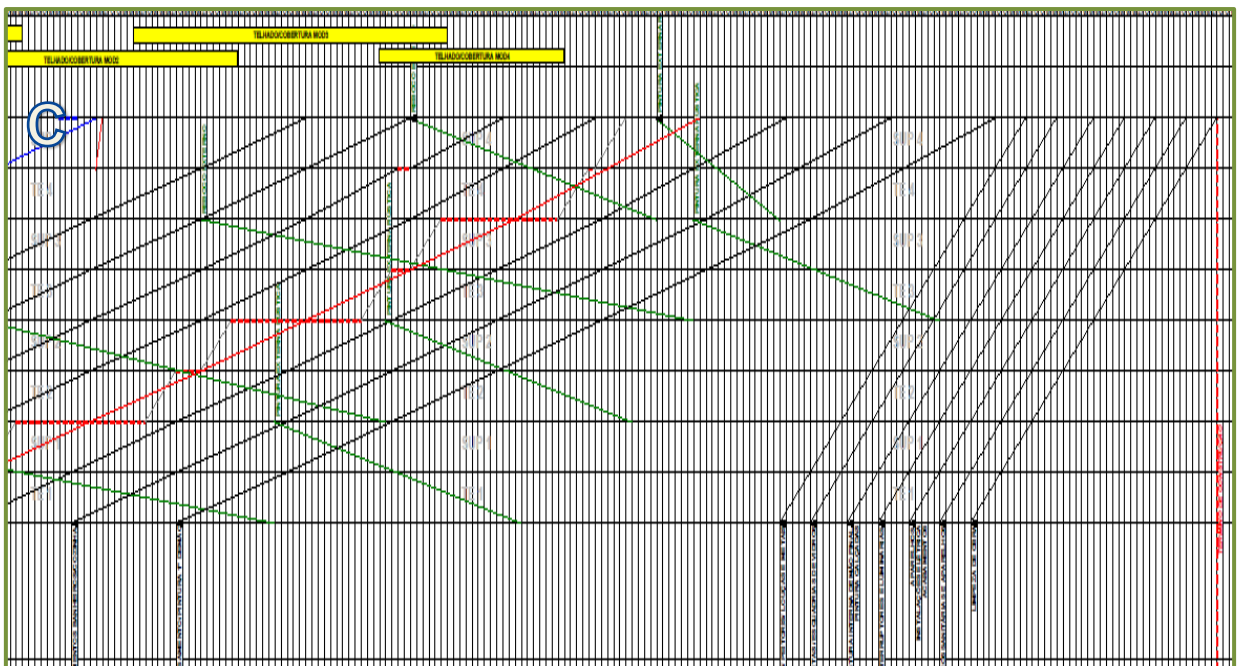


Figura 78 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E3C

Portanto a redução dos prazos de execução foram decrescentes em função da redução de folgas e balanceamento da produção.

5.3.4 ANÁLISE FINAL DA DURAÇÃO FINAL DOS EMPREENDIMENTOS

A Tabela 17 apresenta, de forma resumida, as durações das atividades de cada um dos cenários. Neste caso, em todos eles, os prazos referentes a conclusão do empreendimento foram reduzidos. Observa-se que partindo da comparação da rede E3A, todas as tarefas foram reprogramadas, tais como paredes e painéis, coberturas e proteções, revestimentos, pisos e esquadrias inspeção final.

O prazo contratual é de 21 meses para a entrega do empreendimento, Percebe-se que o prazo foi atendido em ambos cenários construtivos, sendo que o cenário E3C apresentou o menor tempo de execução, devido às reduções das folgas de produção.

Tabela 17 – Análise de duração do empreendimento E3

NOME DA TAREFA	DURAÇÃO		
	E3A	E3B	E3C
UNIDADE HABITACIONAL	632	533	472
Serviços preliminares	382	126	239
Infraestrutura	402	139	254
Superestrutura	417	345	279
Paredes e painéis	395	187	153
Coberturas e proteções	334	191	173
Instalações elétricas e telefônicas	480	305	252
Instalações hidrossanitárias	466	300	249
Revestimentos	324	192	180
Pisos	300	182	166
Bancadas e aparelhos	359	273	185
Esquadrias	276	96	40
Pintura e acabamentos	332	262	148
Inspeção final	262	18	50
PRAZO ESTIMADO EM MESES	21	18	16

A tabela 18 apresenta o quadro de funcionários contratados e previstos para cada cenário. Observa-se que no empreendimento real, o número de ajudantes e pedreiros é bem

superior ao necessário. Como a obra encontra-se com vários problemas de sobreposição de tarefas, percebe-se que o número de funcionários é maior que o necessário.

Mesmo atingindo os prazos propostos no contrato, é possível que o lucro seja menor em função do número de funcionários. Se a meta designada pela empresa estivesse focada para a redução da entrega do empreendimento, é possível manter a mão de obra como observa-se no cenário E3A.

Tabela 18 – Análise uso de recursos empreendimento E3

FUNÇÃO	TIPO	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS			
		REAL	E1A	E2A	E3A
Ajudante	Trabalho	21	10	12	15
Armador	Trabalho	2	2	2	2
Carpinteiro	Trabalho	3	5	5	5
Eletricista	Trabalho	2	3	2	4
Encanador	Trabalho	2	2	3	3
Pedreiro	Trabalho	17	9	12	15
Pintor	Trabalho	2	4	4	5
Operador de Betoneira	Trabalho	2	2	1	1
Gesseiro	Custo				
Calheiro	Custo				
Marceneiro	Custo				
Vidraçeiro	Custo				
		51	37	41	50

5.4 EMPREENDIMENTO E4

A programação da rede geral da obra apresentou 618 atividades, essas atividades como mencionado anteriormente seguem as etapas de execução, de acordo com o procedimento adotado pelo gestor da obra. O prazo para conclusão foi calculado para 595 dias trabalho, prazo esse previsto se cumprida as metas propostas pelo executor.

De maneira geral é possível visualizar nesta rede, que apesar de ser o maior empreendimento, a mesma possui apenas 618 atividades, sendo que na rede E1, corresponde a metade da rede atual. Foram contabilizadas 1077 atividades. Isso se explica visto que na rede E1 a modulação do empreendimento aumenta o número de atividades a ser monitorada.

Neste cenário, as unidades são executadas partindo do princípio que uma atividade inicia-se após a conclusão da anterior, sem modulações. Isso permite que seja gerado um fluxo contínuo de produção, se devidamente programadas.

5.4.1 CENÁRIO E4A

Como mostra a figura 79, o empreendimento ficou estimado em 595 dias. O gráfico de *Gantt* permite visualizar como as etapas estão dispostas de acordo com o início e fim das atividades. As etapas correspondentes a infra e supraestrutura obedecem a ritmos de produção relativamente curtos. Observando o foco para a conclusão destas atividades, assim como o empreendimento E3.

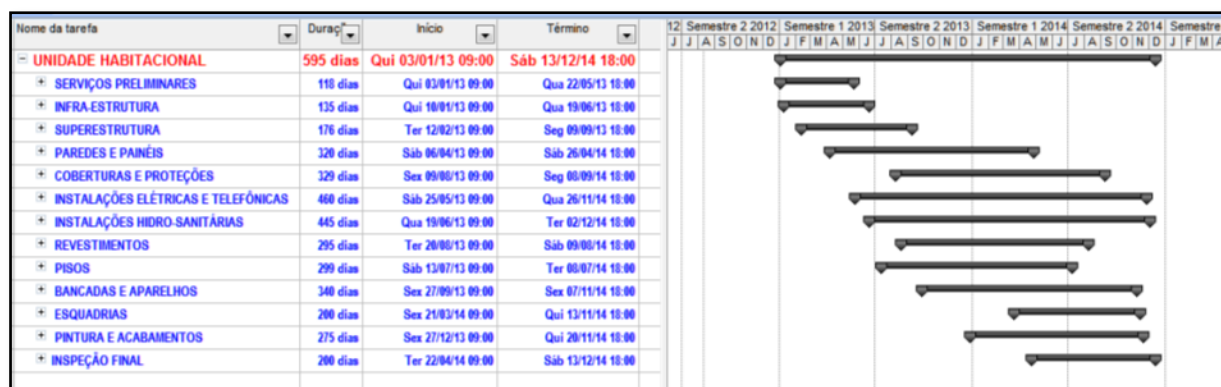


Figura 79 – Programação em CPM – Cenário E4A

Neste cenário é possível observar na linha de balanço, como apresentado nas figuras 79, 80, 81, 82, 83, observa-se alguns conflitos de produção nas tarefas referentes a

etapas finais de produção tais como pisos, bancadas e aparelhos, esquadrias, pinturas e a acabamentos e inspeção final. Essas atividades não possuem ritmos de produção.

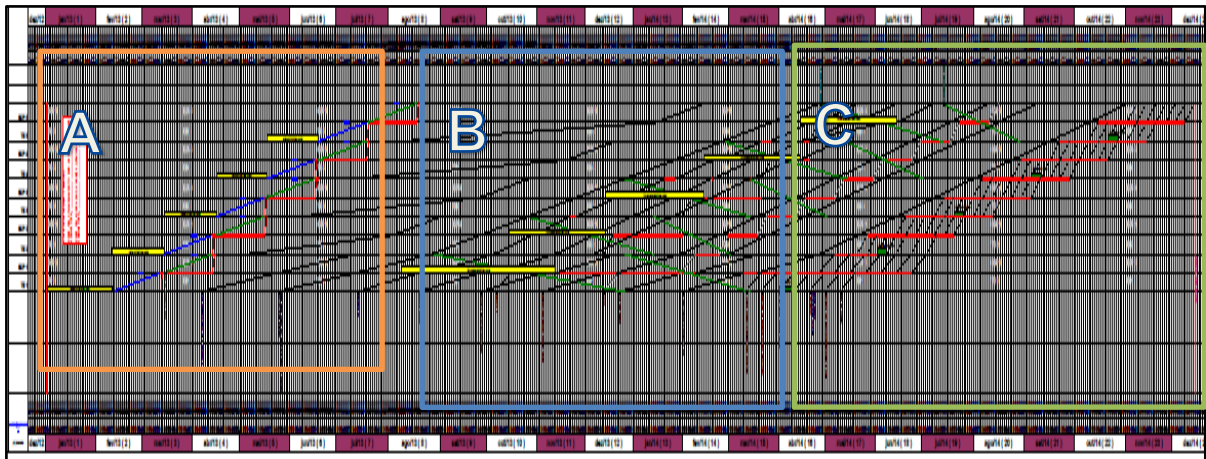


Figura 80 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E4A

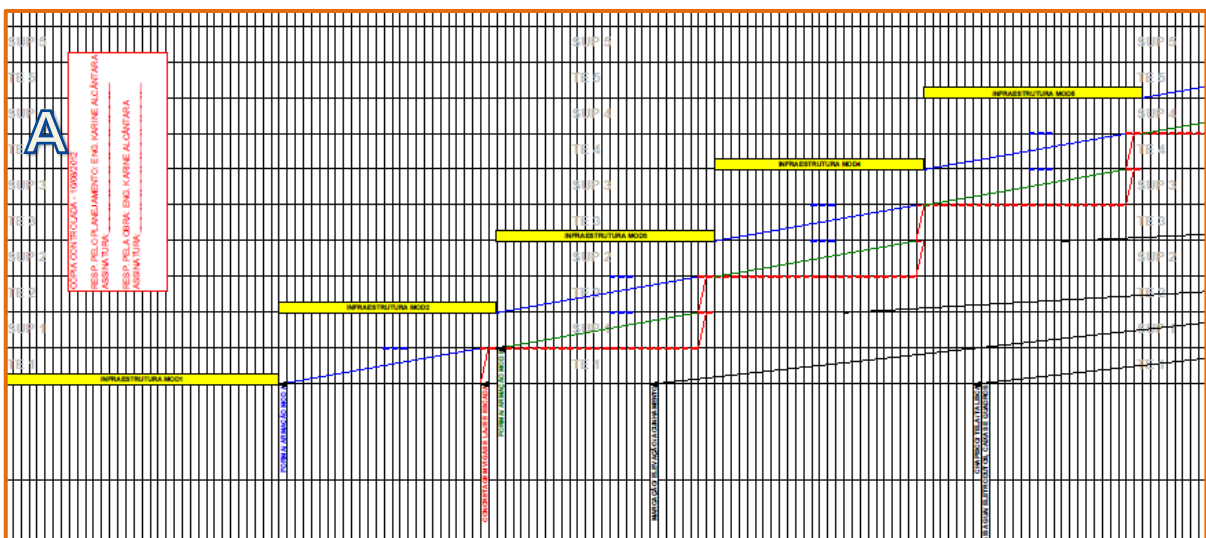


Figura 81 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E4A

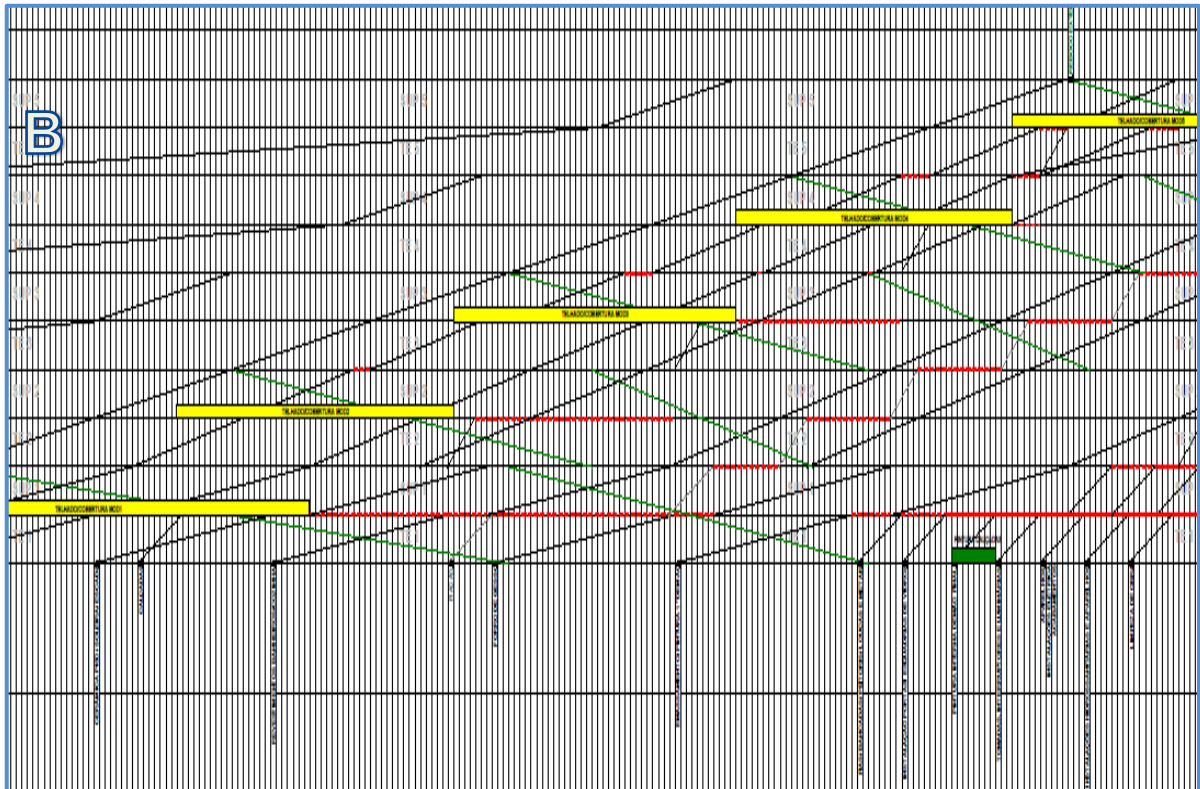


Figura 82 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E4A

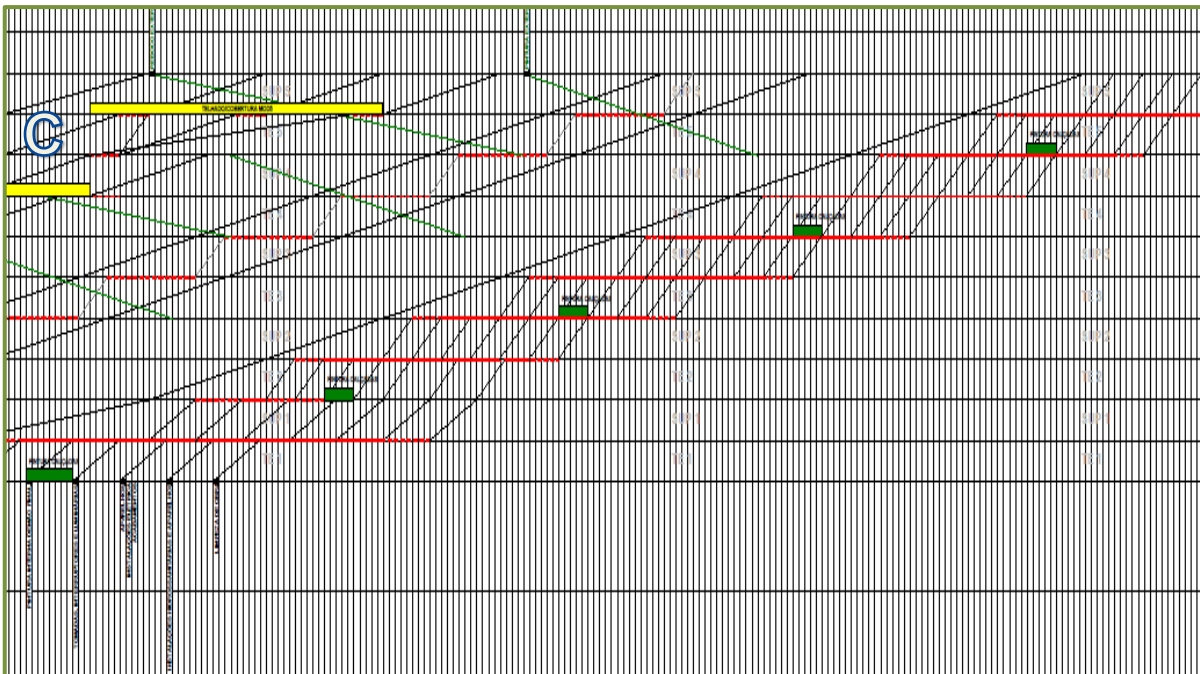


Figura 83 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E4A

5.4.2 CENÁRIO E4B

Como mostra a figura 84 o empreendimento ficou estimado em 562 dias, o gráfico de *Gantt* permite visualizar como as etapas estão dispostas de acordo com o início e fim das atividades, observa-se que as etapas referentes as bancadas e aparelhos poderia ser prorrogadas, pois podem ser executas em um curto período de tempo se comparadas com o cronograma geral do empreendimento.

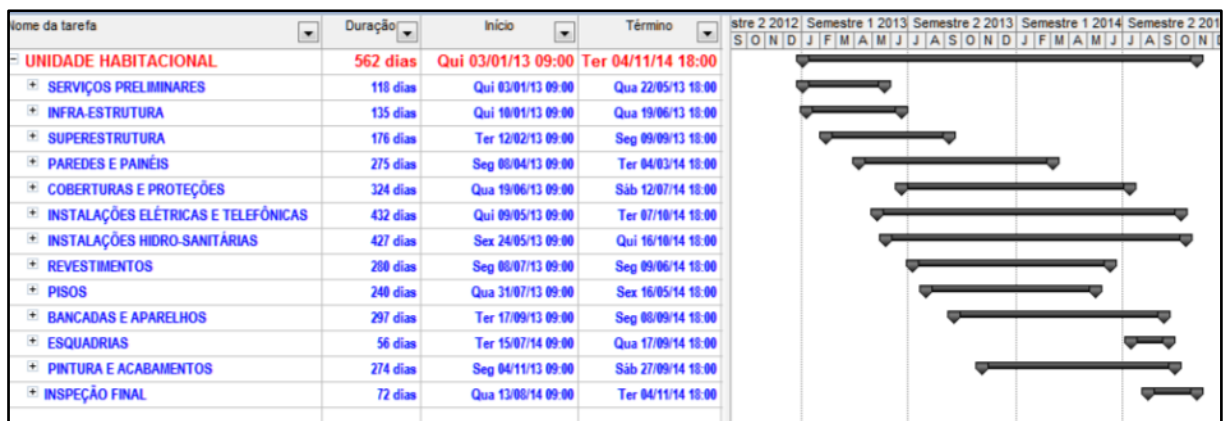


Figura 84 – Programação em CPM – Cenário E4B

Neste cenário alguns conflitos referentes a alvenaria como é possível visualizar na figura 85, foram resolvidos, ou seja, foi realizado o balanceamento da produção, reduzindo as folgas de produção, como ilustram as figuras 86 e 87. O tempo de execução das tarefas referentes as bancadas e aparelhos e esquadrias foram reduzidas, visando a concentração de atividades de acabamento ao final da obra.

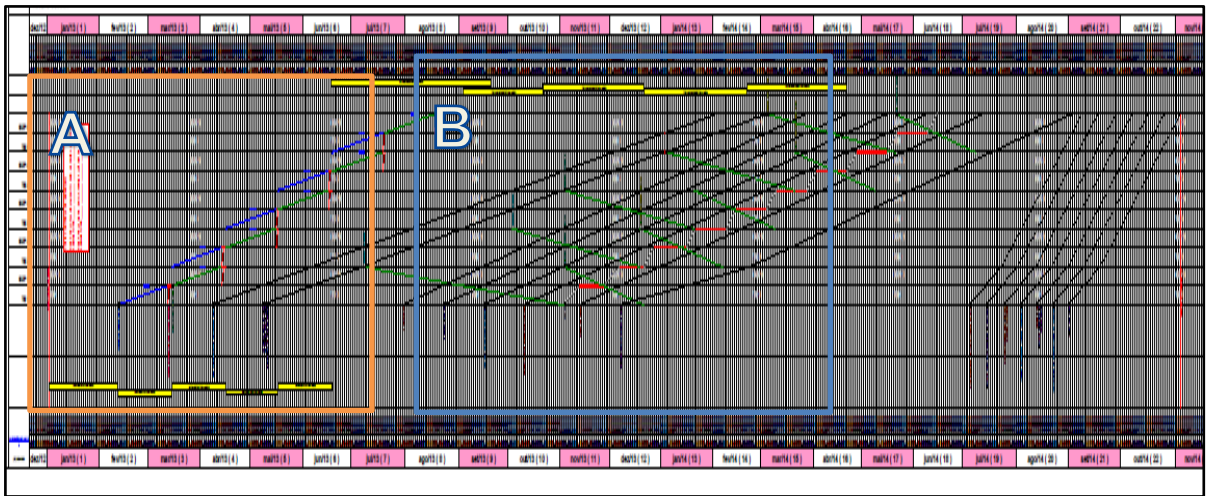


Figura 85 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E4B

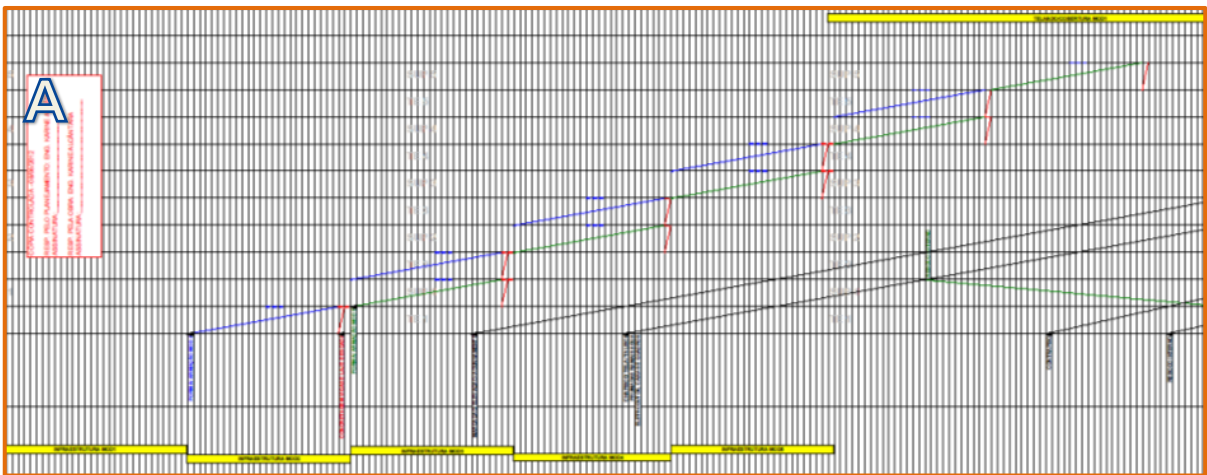


Figura 86 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E4B

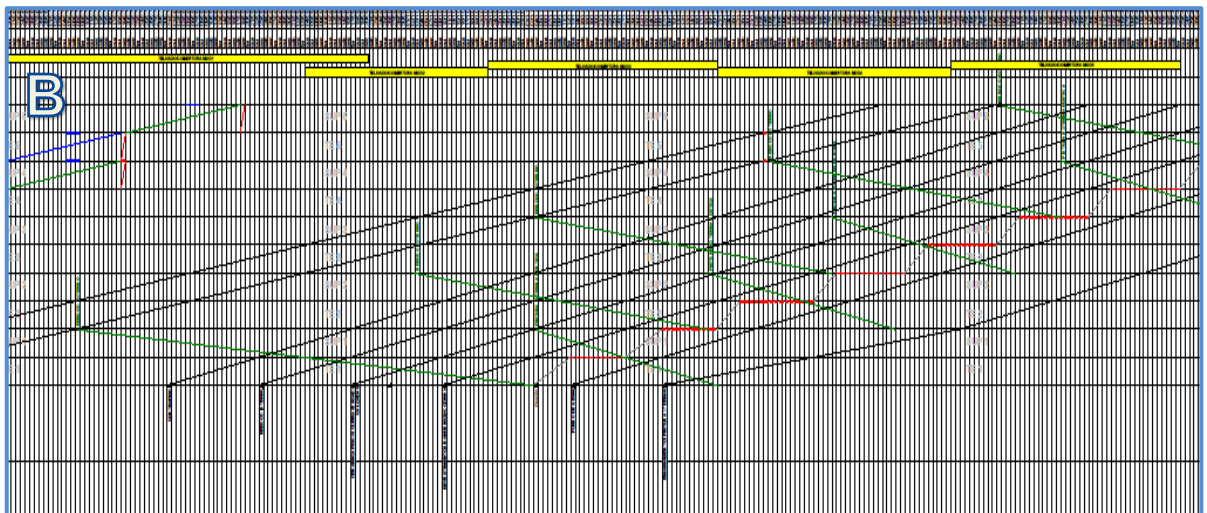


Figura 87 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E4B

5.4.3 CENÁRIO E4C

Neste cenário o prazo de execução do empreendimento foi calculado em 479 dias, o gráfico de *Gantt* permite visualizar como as etapas estão dispostas de acordo com o início e fim das atividades, foi possível neste planejamento reduzir 116 dias de trabalho, programando as atividades referentes a cobertura e proteções, pisos, esquadrias e inspeção final, após o tratamento das folgas de redução.

A figura 88 permite visualizar que as linhas de produção estão mais contínuas, com redução dos conflitos entre as atividades, como é possível visualizar nas figuras 89, 90, 91 e 92, tornando o ritmo de produção mais acelerado. A tabela 20 permite visualizar um acréscimo na demanda de mão de obra, porém, é possível constatar que a demanda não refere-se a todo o período de obra e sendo que as contratações são realizada de acordo com os picos de produção.



Figura 88 – Programação em CPM – Cenário E4C

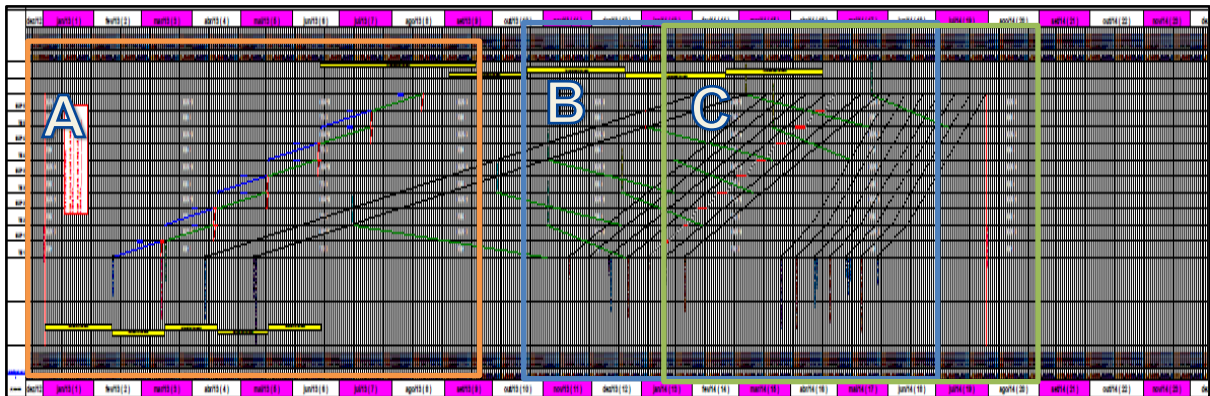


Figura 89 – Visualização geral da Programação em LB – Cenário E4C

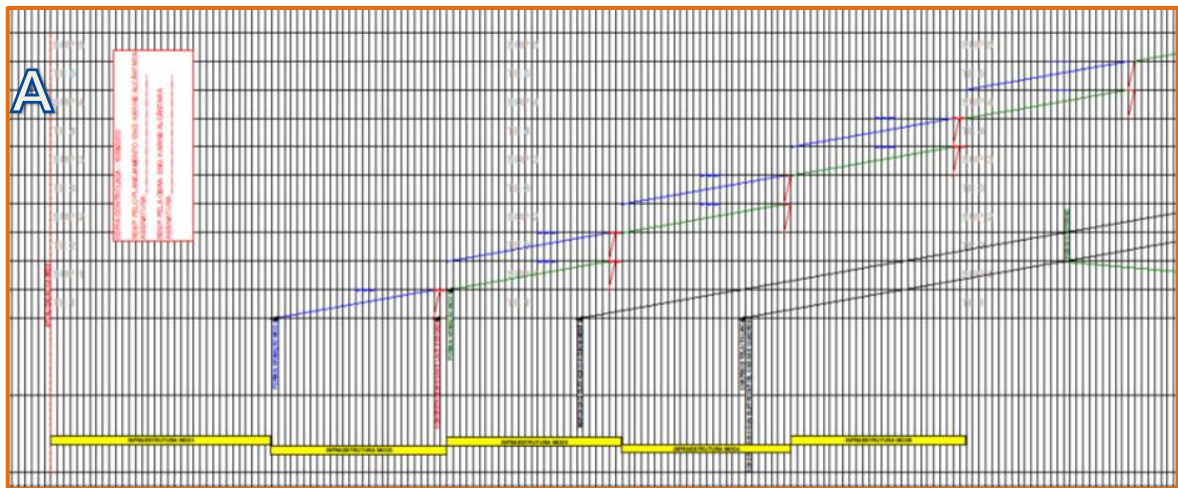


Figura 90 – Visualização parcial (A) da Programação em LB – Cenário E4C

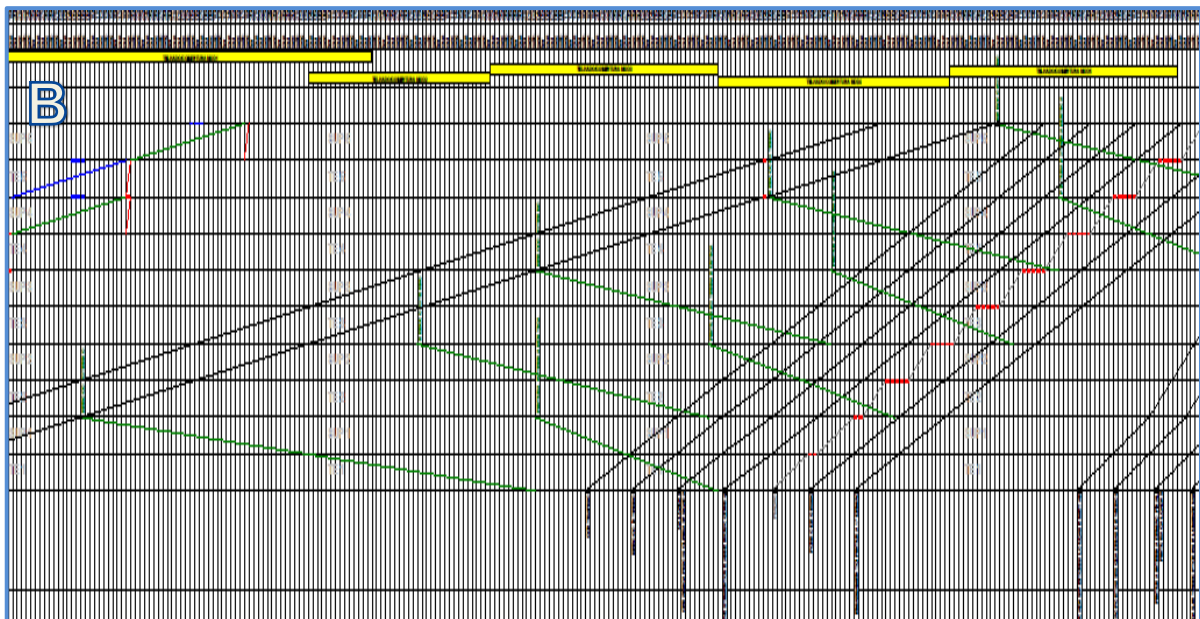


Figura 91 – Visualização parcial (B) da Programação em LB – Cenário E4C

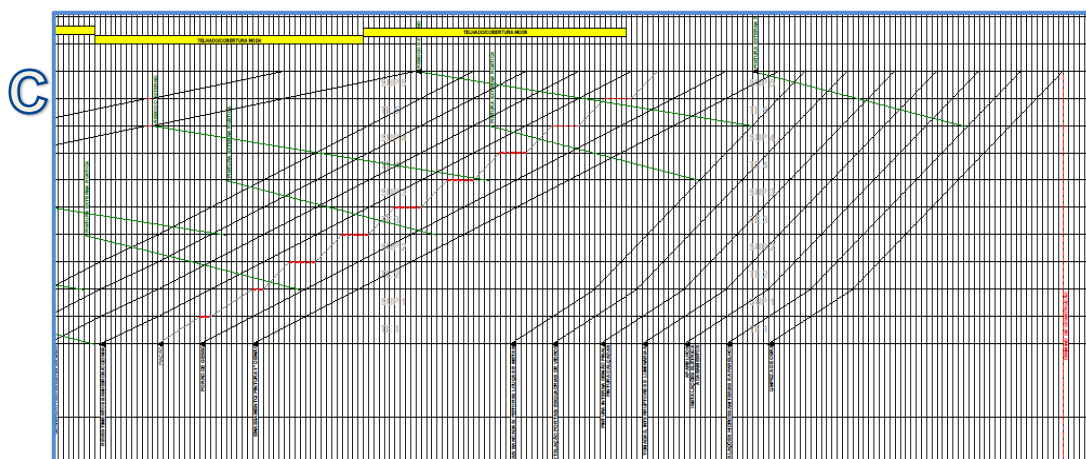


Figura 92 – Visualização parcial (C) da Programação em LB – Cenário E4C

5.4.4 ANÁLISE FINAL DA DURAÇÃO FINAL DOS EMPREENDIMENTOS

A Tabela 19 apresenta de forma resumida as durações das atividades de cada um dos cenários, neste caso assim como o empreendimento E3 os prazos referentes a conclusão do empreendimento foram reduzidos.

O prazo contratual é de 33 meses para a entrega do empreendimento. Percebe-se que o prazo foi atendido em ambos cenários construtivos, sendo que o cenário E4C apresentou o menor tempo de execução, devido a redução das folgas de produção.

Tabela 19 – Análise de duração do empreendimento E4

NOME DA TAREFA	DURAÇÃO		
	E4A	E4B	E4C
UNIDADE HABITACIONAL	595	562	479
Serviços preliminares	118	118	118
Infraestrutura	135	135	135
Superestrutura	176	176	176
Paredes e painéis	320	275	275
Coberturas e proteções	329	324	275
Instalações elétricas e telefônicas	460	432	349
Instalações hidrossanitárias	445	427	344
Revestimentos	295	280	264
Pisos	299	240	120

Bancadas e aparelhos	340	297	143
Esquadrias	200	56	56
Pintura e acabamentos	275	274	209
Inspeção final	200	72	72
PRAZO ESTIMADO EM MESES	20	19	16

A tabela 20 apresenta o quadro de funcionários estimado pela construtora e previstos após as programações para o empreendimento E4. Observou-se que a contratação referente a função de carpinteiro nos cenários E1A, E2A e E3A. Apresentaram aumento considerável, tal alteração está relacionada a meta de produção da atividade de supraestrutura. A tarefa nos três cenários prevê tempo de execução de 176 dias. Portanto demanda um número maior de carpinteiros, porém por prazo reduzido.

Analisando a tabela 20, conclui-se que o número de carpinteiros, armadores e eletricitas contratados, são insuficientes para atingir as metas de produção, sendo que a qualquer momento o empreendimento poderia sofrer paradas de produção. Já na função de ajudante e pedreiro, observa-se um superdimensionamento de mão de obra, causando ociosidade no canteiro.

Tabela 20 – Análise uso de recursos empreendimento E4

FUNÇÃO	TIPO	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS			
		REAL	E1A	E2A	E3A
Ajudante	Trabalho	21	10	11	12
Armador	Trabalho	2	5	5	5
Carpinteiro	Trabalho	3	13	13	13
Eletricista	Trabalho	2	3	4	4
Encanador	Trabalho	2	3	3	3
Pedreiro	Trabalho	17	12	14	19
Pintor	Trabalho	2	5	5	9
Operador de Betoneira	Trabalho	2	2	2	2
Gesseiro	Custo				
Calheiro	Custo				
Marceneiro	Custo				
Vidraçeiro	Custo				
		51	53	57	67

6 CONCLUSÃO

Grande parte dos trabalhos referentes a planejamento de produção destaca-se em seus preâmbulos pela importância de propor técnicas de planejamento que facilitem o processo administrativo de gestão de obras.

Muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de buscar soluções para melhorar as praticas construtivas dos canteiros de obras e para a programação de tarefas de maneira geral.

Este trabalho se baseou nas investigações nos problemas reais encontrados nos canteiro de obras, propondo a introdução aceitação de técnicas simples que provoquem efeitos positivos para a aplicação prática. Esse processo de observação, aliado a pesquisas bibliográficas, associados a experiência prática das vivências em canteiro de obras. Permitiu o desenvolvimento de análises e proposições técnicas de metodologias de planejamento.

Para a obtenção dos dados finais, uma série de procedimentos foram adotados, inicialmente realizou-se pesquisas *in loco* em treze empresas de construção civil, nas quais foi possível analisar os cenários reais de obras, bem como o uso das técnicas de planejamento. Desses treze empreendimentos detectou-se que apenas quatro deles possuíam características particulares entre si quanto ao método de planejamento adotado pelo gestor das obras, os demais seguiam técnicas similares entre si.

Os cenários foram portanto analisados, e todas as informações foram obtidas através de pesquisa de campo, tabulando os procedimentos através do uso do Excel, foi possível observar que os controles produtivos eram realizados apenas com diários de obras e controles manuais, com objetivo de registrar as atividades. Porém percebe-se que nenhuma informação mais precisa poderia ser gerada a partir dos dados de acompanhamento.

Observando os cenários em visitas as obras, os fluxos de produção aparentemente possuíam ritmos de produção normais, detectou-se apenas ociosidade em alguns momentos dos carpinteiros, eletricitas e encanadores, porém o gestor se preocupava continuamente com a abertura de frentes de serviços. Portanto, observa-se que o planejamento adotado possui natureza apenas operacional, sem planejamento prévio, havendo o intuito de delegar atividades, tornando as obras confusas e com objetivos de gerar frentes de serviço com os recursos materiais e de mão de obra disponíveis.

Foram construídas as redes individuais dos empreendimentos selecionados. Primeiramente, construiu-se a rede unitária de uma unidade, delimitando o passo-a-passo das atividades, desde a fundação ao acabamento, essas redes não ultrapassam cem atividades macros. Posteriormente, foi gerado a rede geral das obras para cálculo do cronograma geral. As redes finais passaram a apresentar de 450 a 2000 atividades.

Observou-se que várias atividades provocavam interrupções do fluxo de produção, desde serviços simples como serviços preliminares a pintura, muitas atividades não possuem ritmos contínuos, sendo que iniciam e terminam em vários momentos, esse tipo de comportamento, gera um aumento de mão de obra, e dificuldades na gestão dos empreendimentos quanto a redução de tempos de execução e logística.

Em todos os empreendimentos foram encontrados os mesmos vícios construtivos, a ausência de técnicas complementares a prática de obras dos gestores, não permitem o

nivelamento adequado dos recursos, otimização do tempo e redução de folgas na produção. Várias situações poderiam ser tomadas em nível estratégico, se houvesse um controle geral do empreendimento, desde acelerar o fluxo de produção, deixando apenas os acabamentos para o final da obra, prorrogar o prazo de entrega, em dificuldades de contratação de mão de obra, entre outras estratégias.

Os cenários em estudo foram tratados e planejados, visando apresentar alternativas, que poderia ser tomadas pelos gestores, Através da associação das ferramentas CPM e Linha de Balanço, foi possível ilustrar graficamente os cenários para resolução dos problemas de folgas de produção e sobreposição de atividades para posterior nivelamento das atividades e recursos. Observou-se que em todos os cenários existiam problemas de programação, sendo que cada proposta foi abordada em seus respectivos resultados.

A empreendimento mais eficaz, mesmo sem o balanceamento da produção foi o empreendimento E4, visto que a sequencia de produção contínua sem modulações permite ao gestor ter uma obra com fluxos mais intensos de produção. Em ambos os cenários foram apresentados os pontos críticos do planejamento adotado pelos gestores e apresentados os propostas de planejamento mais eficaz diante dos resultados obtidos;

Neste trabalho comprova-se a eficácia do uso de técnicas de planejamento e programação de produção em suporte as ações em nível tático. Os resultados obtidos foram gerados podem ser utilizados para fins práticos, visto que são tratamento de redes reais, que comprovam as teorias propostas.

Como trabalhos futuros, pode-se investigar métodos heurísticos para a aplicação nos processos de planejamento, com o objetivo de minimizar os prazos de execução e/ou o recurso mão-de-obra.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKARI, A. M. P., *Proposição de um Método de Nivelamento de Recursos a partir de princípios da Teoria das Restrições para o planejamento operacional*. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

ALVES, T.C.L., *Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso*. 2000. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

ARMANDO, N. C. M. Jr., *Novas Tecnologias e Sistemas de Administração da Produção - Análise do Grau de Integração e Informatização nas Empresas Catarinenses*. 1996. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

ASSUMPÇÃO, J.F.P. *Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios*. São Paulo, 1996. Tese de Doutorado. Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo.

AVILA, A. V; JUNGLES, A. E., *Técnicas de Planejamento na Construção Civil*. 2006. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

BELLO, B. C., *Uma Metodologia de Planejamento Aplicado à Cadeia de Suprimentos de Construções Prediais*. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BERNARDES, M.M.S, *Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção*. 2001. Tese de Doutorado.

Universidade de Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

BERNARDES, M.M.S, SALVADOR, T.F., *Work-Task: Sistema computacional para o planejamento e controle da produção de obras da construção civil*. In: Encontro Brasileiro de Tecnologia do Ambiente Construído. N.10, 2004. São Paulo.

BRIGHENTI, R.N., *Simulação e Otimização de uma linha de Manufatura em Fase de Projeto*. 2006. Tese de Mestrado. Itajubá. MG

CAVALCANTE, V.C. *Sistematização e incorporação de elementos gerenciais tácitos à linha de balanço de uma empresa para planejamento de edifícios altos*. 2010. Monografia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

CIMINO, R. *Planejar para construir*. Editora PINI. São Paulo, 1987.

COELHO, J.P.F.S., *Análise de Problemas e Heurísticas para o "Resource Constrained Project Scheduling Problem"*. 2000. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. Portugal.

COHENCA-ZALL, D., LAUFER, A., SHAPIRA, A.e HOWELL, G. A., *Process of planning during construction*. *Journal of the Construction Engineering and Management*. 1994. ASCE, VOI. 120, N. 3, p.561-578.

COLARES, F., *Alocação de equipes e Desenvolvimento de Cronogramas em Projetos de Software Utilizando Otimização*. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

COLE, L. J. R., *Construction Scheduling: principles, practices, and six cases studies*. *Journal of Construction Engineering and Management*, New York, ACSE, v. 117, n.4, p 579-88, dec.1991.

COLE, L.J.R. *Construction Scheduling: Principles, practices, and six case studies*. Journal of the Construction Engineering and Management. ACSE. Vol. 17, N 4, p 579-588, 1991.

DISMORE, P.C., CABANIS-BREWEN, J., AMA. *Manual de Gerenciamento de Projetos*. Rio de Janeiro. Brasport, 2009.

DRESSLER, J., *Construction Management in West Germany, Journal of the Construction Division*, 1980.Vol. 106, p. 477-487.

ECHEVERRY, D., IBBS, C.W., e KIM, S., *Sequencing knowledge for construction scheduling. Journal of the Construction Engineering and Management*. ACSE. 1991. Vol. 117, N.1, p. 118-130.

ESA, S.M. *Resource Leveling in Construction by Optimization*. Journal of Construction Engineering And Management, June 1989. 115 (2), p. 302-316.

FERREIRA R.M., *Proposição de melhorias em softwares utilizados para a aplicação da sistemática Last Planner no planejamento e controle da produção nos níveis de curto e médio prazo*. 2010. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, I. *Termo de Referencia para o Planejamento e controle da Produção em Empresas Construtoras*. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

FROSE, T. *Models of construction process information*. Journal of Computing in Civil Engineering, ACSE. 1996.Vol.10, N.3, p. 183-193.

GOBRIL, Alexandre N. *O uso de sistemas de informação para planejamento e controle de empreendimentos de construção civil*. 1993. Dissertação de Mestrado em Administração.

Fundação Getúlio Vargas. São Paulo.

HARRIS, Frank C. e McCAFFER, R. *Modern Construction Management*. 3rd ed. BSP Professional Books, 1989.

HEINECK, L.F.M. *Estratégias de produção na construção de edifícios*. in: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil (1996: Florianópolis). Anais. Vol. 1, p. 93-100.

HILL, J., THOMAS, L.C., & ALLEN, D.E. *Expert's estimatives of task durations in software development projects*. 1994. *International Journal of Project Management*.

ICHIHARA, J.A., *Método de Solução Heurístico para a Programação de Edifícios Dotados de Múltiplos Pavimentos-Tipo*. 1998. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

Implementing lean construction: understanding research. *Journal of the Construction Engineering and Management*. ASCE, 1986. Vol. 112, N.3, p. 326-345.

JUNIOR, R.M., *Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos*. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. SC.

JUNQUEIRA, L. E. L. *Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0*. 2006. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KAARA, F. A; NASH, A. Y. *Resource Management in Construction*. *Journal of Construction Engineering and Management*, New York, ACSE, v. 112, n.3, p 346-57, sep. 1986.

KEMMER, S. L. *Análise de diferentes tempos de ciclo na formulação de planos de ataque de edifícios de múltiplos pavimentos*. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de

Santa Catarina. Florianópolis.

KERZNER, H. *Project management: a systems approach to planning scheduling and controlling*. 10ª ed. New Jersey. John Wiley e Sons. 2009.

KRAWCZY FILHO, M., *Diretrizes para a programação de recursos em obras de curto prazo*. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

LAUFER, A., COHENCA-ZALL, D.. *Factors Affecting Construction-Planning Outcomes*. *Journal of Construction Engineering and Management*, New York, ACSE, v. 116, n.1, p 135-56, sep. 1990.

LIMA JUNIOR, R., *Gerenciamento na construção civil. Uma Abordagem Sistêmica. Texto Técnico*. 1990. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo.

LIMMER, C. V., *Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos*. Caderno de Produção Civil 16/91, Universidade Federal Fluminense, Pós-Graduação em Engenharia Civil, Niterói: 1991.

LIMMER, C., *Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

LORENZON, I.A., *A Medição de Desempenho na Construção enxuta: estudos de caso*. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo.

LUTZ, James D. *Planning linear construction projects using simulation and line of balance*, 1990. Tese de Doutorado. Purdue University.

MADERS, B. *Técnica de programação e controle da construção repetitiva – Linha de Balanço – Estudo de caso de um conjunto habitacional*. 1987. Dissertação de Mestrado.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MENDES JUNIOR, R., *Programação da Produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos*. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina.

MENDES, J.M.M., *Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento de Sistemas de Produção: Tipo Projecto*. 2003. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal.

MEREDITH, J., *Building operations management theory through case and field study*. *Journal of Operations Management*. Amsterdam, July 1998. V.16, n4, p. 441-454.

MEREDITH, Jack R. MANTEL, Jr. Samuel J., *Administração de Projetos: Uma abordagem gerencial*. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC. 2003.

MIGUEL, P.A.C, *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*, Elsevier, 2010, Rio de Janeiro,

MINISTÉRIO DA FAZENDA, *Economia Brasileira em Perspectiva*. 12 edição, (http://www.fazenda.gov.br/portugues/docs/perspectiva-economia-brasileira/edicoes/12_Ed_PT_Mai_Jun_21-09-2011-17h20-WEB-Leve.pdf).

MOREIRA, M; SILVA, B., *Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção Civil*. 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – NORIE. Porto Alegre.

MOURA JR., A.N.C. *Novas Tecnologias e Sistemas de Administração da Produção - Análise do Grau de Integração e Informatização nas Empresas Catarinenses*. 1996. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MUBARAK, S. A. *Construction Project scheduling and control*. 2 ed. New York: 2010. 479p. editora: Wiley, John & Sons, Incorporated.

O'BRIEN, J.J; PLOTNICK F.L. CPM in: *Construction Management*.16 ed.2006.

OLIVEIRA, K.A.Z. *Desenvolvimento e Implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,1999.*

PARFITT, M.K. et al. *Computer-Integrated Desing Drawing and Construction Project Plans*. Journal of Construction Engineering and Management, New York, ACSE, v. 119, n.4, p 729-42, sep. 1993.

PINHEIRO, M. B. *Considerações gráficas sobre a ligação entre a linha de balanço e o sistema Toyota de produção*. 2009. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza..

SACOMANO, J.B. *Administração de produção na construção civil: o gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos*, São Paulo, Arte e Ciência, 2004.

SILVA, S.A.R., *Programações por Recursos: o Desenvolvimento de um Método de Nivelamento e Alocação com os Números Nebulosos para o Setor da Construção Civil*. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

TCPO 11: *Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos*, São Paulo: PINI, 2003.

The line of balance concept for low-rises flats construction sites – a view on the allocation of labour resources to the activities and their durations according to the “S” curves approach.

CIB W-65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM (5: 1987: London). The Organization and Management of Construction. London, p. 207-217, 1987.

VARGAS, R. V., *Gerenciamento de projetos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.

VARGAS,R.V., *Ms Project 2010*. São Paulo. Brasport. 2011.

VIEIRA NETTO, A. *Como gerenciar construções*. São Paulo: Projeto de divulgação tecnológica THEMAG Engenharia, 1988.

WOOLF, M. B. *Faster Construction Projects: With CPM scheduling. United States*.The McGraw-Hill.2007. 458p.

WOOLF, M. B., *Faster Construction Projects: With CPM Scheduling*. United States. The McGraw-Hill.2007. 458p.

ZACARELLI, S.B. *Programação e controle da Produção*. 5 ed. São Paulo, Livraria Pioneira, 1979.