

COMPARAÇÃO APLICADA ENTRE AS TÉCNICAS DE PLANEAMENTO CPM E LOB (LINE OF BALANCE)

RICARDO COSTA FERREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

JULHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Nesta fase posso dizer que esta não foi uma caminhada breve, mas uma travessia que parecia sem fim, principalmente pelos percalços de toda a ordem que me atropelaram. Esses percalços, longe de obscurecerem o trajecto, aumentaram-lhe o brilho. E, ao invés de me deterem, impulsionaram-me com mais garra.

Agradeço à minha família, a quem dedico este trabalho. O seu apoio, incentivo e carinho foram essenciais ao longo deste trabalho, bem como durante todo o meu percurso académico, e sem os quais dificilmente teria sido possível chegar até aqui. À minha Mãe e ao meu Pai por toda a ajuda e reconhecido esforço, pelo seu exemplo de luta e pela sua correcção de carácter que até hoje é motivo de satisfação e orgulho. Ao meu irmão, por todo o auxílio e verdadeira amizade em todos os momentos e circunstâncias.

Em segundo lugar, apresento o meu agradecimento ao Professor Hipólito José Campos de Sousa pela disponibilidade demonstrada na orientação desta dissertação de mestrado, por todo o acompanhamento, sugestões e incentivo nas diversas etapas.

A todos os amigos que me auxiliaram na realização da dissertação e que empenhadamente deram o seu contributo, a sua amizade e o seu carinho. Em especial ao António Luís Carreira (Tó), António Luciano Silva e à Ana Rita um reconhecido obrigado pela amizade e companheirismo, sobretudo na fase final da dissertação.

Aos auxiliares de pesquisa, pela sua valiosa colaboração, nomeadamente ao Pedro Mêda e André pela disponibilização e troca de ideias relativas ao Projecto.

Agradeço ainda ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pela colaboração e oportunidade que me proporcionou de actualização dos conhecimentos e valorização profissional.

Há muito mais a quem agradecer... A todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos e por suas presenças afectivas em inesquecíveis momentos, o meu reconhecido e carinhoso muito obrigado!

A todos o meu MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A construção civil, apesar de antiga, é ainda um sector na economia que apresenta ineficiência nos processos produtivos, além de grandes desperdícios de recursos e ausência de integração e comunicação.

No panorama actual da construção, os investidores que decidem construir, procuram fazê-lo pressupondo uma visão moderna de gestão de projectos e de garantia de qualidade. Constatase que estes investidores, mesmo possuindo algum conhecimento sobre as actividades a executar, optam por entregar o controlo da empreitada a equipas especializadas de gestão e planeamento de obras, às quais atribuem responsabilidades ao nível do controlo dos prazos, dos custos, e do controlo técnico.

Neste contexto surge a necessidade cada vez maior de planeamento e definição de processos nos projectos, de forma a permitir o controlo, com precisão, de tudo o que está sendo utilizado e executado em obra e a eficiência de todas as etapas da construção, reduzindo, dessa maneira, os riscos, principalmente de atrasos e aumento dos custos previstos.

Para que a execução de uma obra seja assegurada de acordo com o planeado, é necessário que se verifique conformidade entre as soluções projectadas e os trabalhos efectivamente executados. As empresas de controlo e planeamento que pretendam empreender/utilizar estas verificações necessitam de possuir instrumentos de controlo, aplicáveis desde o acto da consignação da obra até à entrega ao cliente.

A construção exige um grande acompanhamento, dado que o rigor adoptado nos processos de controlo em obra é decisivo para que o cumprimento dos prazos e custos seja bem-sucedido.

Os métodos estudados permitem o planeamento de obras, através da programação das actividades, em função das restrições dos recursos, dos custos e prazos de entrega.

Este trabalho apresenta duas das técnicas de programação e controlo da construção, nomeadamente a rede CPM e a LOB (Linha de Balanço). Num segundo momento são apresentados os princípios teóricos das referidas técnicas com exemplificações práticas de programação. Por fim são analisadas as metodologias referidas através da aplicação dos métodos a um caso em estudo, caso esse, relativo ao planeamento de um projecto de remodelação de uma escola inserida no âmbito do Parque Escolar, avaliando as vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas de planeamento bem como a possibilidade de aplicação de programas informáticos.

Foi verificado que a metodologia LOB é uma forma prática e eficiente de planeamento de actividades no sector da construção civil, porém, quando utilizada de forma integrada com a técnica de PERT/CPM, apresenta resultados mais satisfatórios, uma vez que garante maior continuidade de trabalho e maior eficácia no controlo da execução.

PALAVRAS-CHAVE: planeamento, gestão de projectos, CPM, linha de balanço (LOB), comparação.

ABSTRACT

The building construction despite being an old field is still a sector in the economy that shows inefficiency in the production processes as well as a large waste of resources and a lack of integration and communication.

In the present construction scene investors who decide to build, try to do it assuming a modern vision on project management and quality assurance. It appears that investors despite having some knowledge about the activities that are executed choose to deliver the control of the enterprise to specialized teams of management and planning of works which are responsible for the monitoring of deadlines, costs and technical control.

In this context there is a need of planning and defining processes in projects, in order to smooth control with precision of everything that is being used and executed on work and the efficiency in all stages of construction. Doing this, risks will be reduced, especially those regarding delays and the increase of the initial costs.

To ensure that the work execution goes according to the plan it is necessary to ensure conformity between the planned solutions and the work in fact performed. The companies of planning and control which intend to engage/use these checks need to have control instruments, applicable from the time of consignment of work to the final delivery to the customer.

Construction works requires a great attendance, because the accuracy adopted in the control procedures is decisive to the fulfillment of deadlines and costs can be achieved and successful.

The studied methods allow the planning of works through the programmed activities depending on the resource restrictions and deadlines.

This paper presents two planning techniques and building control such as the network CPM and LOB (Line of Balance). In a second step we present the theoretical principles of these techniques with practical exemplifications of programming. Finally these methodologies are analyzed through the application of these methods to a case study, related to the a rehab construction plan of a school which belongs to Park School, by evaluating the advantages and disadvantages of each one of the these techniques planning as well as the possibility of applying them on computer programs

It was observed found that the LOB methodology is a very practical and efficient way of planning the activities in the construction industry. However, when it is used in an integrated manner with the technique of PERT / CPM technique, the results are more satisfactory since it ensures a greater continuity of work and a greater effectiveness in monitoring the implementation work execution.

KEYWORDS: planning, project management, CPM, line of balance (LOB), comparison.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO	3
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	3
2. GENERALIDADES SOBRE PLANEAMENTO DE PROJECTOS	4
2.1. INTRODUÇÃO	4
2.2. IMPORTÂNCIA DO PLANEAMENTO NAS OPERAÇÕES DE CONSTRUÇÃO	6
2.2.1. AS DIFERENTES FASES DE UMA OPERAÇÃO DE CONSTRUÇÃO	6
2.2.2. IMPORTÂNCIA DO PLANEAMENTO E DO CONTROLO PARA O SUCESSO DAS OPERAÇÕES DE CONSTRUÇÃO	8
2.3. APRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS DE PLANEAMENTO	12
2.3.1. GRÁFICO DE GANTT	12
2.3.2. REDES DE PLANEAMENTO CPM / PERT	13
2.3.3. LINHA DE BALANÇO (LOB)	15
2.4. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PLANEAMENTO À CONSTRUÇÃO	16
3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA REDE CPM	19
3.1. ASPECTOS GERAIS DA TÉCNICA	19
3.2. PROPRIEDADES TÉCNICAS	24
3.3. METODOLOGIA PARA O TRAÇADO DA REDE CPM COMO MEIO DE PLANEAMENTO	27
3.3.1. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA CPM	27
3.3.2. PLANEAMENTO DO PRAZO	29
3.3.3. PLANEAMENTO COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS	30
3.3.4. NIVELAMENTO	32
3.3.5. APLICAÇÕES INFORMÁTICAS	33

4. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO (LOB)	35
4.1. ASPECTOS GERAIS DA TÉCNICA.....	35
4.2. PROPRIEDADES TÉCNICAS	46
4.3. METODOLOGIA PARA O TRAÇADO DA LINHA DE BALANÇO COMO MEIO DE PLANEAMENTO ..	48
4.3.1 DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LOB.	48
4.3.2. PLANEAMENTO DO PRAZO	49
4.3.3. PLANEAMENTO E NIVELAMENTO DOS RECURSOS	53
4.3.4. APLICAÇÕES INFORMÁTICAS	55
 5. ESTUDO DE UM CASO PRÁTICO – PARQUE ESCOLAR – ESCOLA SECUNDÁRIA ALMEIDA GARRETT VILA NOVA DE GAIA	57
5.1. DESCRIÇÃO DO PROJECTO (CASO DE ESTUDO)	57
5.2. PLANEAMENTO DO PROJECTO APLICANDO A METODOLOGIA CPM.....	62
5.3. PLANEAMENTO DO PROJECTO APLICANDO A METODOLOGIA LOB	70
 6. CONCLUSÕES	79
6.1. COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLO CPM E LOB	79
6.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO/APLICAÇÃO	80
6.2.1. CPM	80
6.2.2. LOB.....	80
6.3. PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	81
6.4. SUGESTÃO PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	83
 BIBLIOGRAFIA	85

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Objectivos de um Projecto [25]	5
Fig.2.2 – Síntese do Processo Construtivo [11]	7
Fig.2.3 – Exemplo de uma WBS parcelar de uma obra de um edifício [1]	9
Fig.2.4 – Representação dos relacionamentos entre actividades	10
Fig.2.5 – Exemplo de desfasamento entre actividades	11
Fig.2.6 – Representação da transformação de ligação Início-Início em Fim-Início	11
Fig.2.7 – Representação da transformação de ligação Fim-Fim em Fim-Início	11
Fig.2.8 – Verificação do adiantamento/atraso de uma tarefa	12
Fig.2.9 – Exemplificação de um gráfico de Gantt	13
Fig.2.10 – Exemplo de uma mesma rede PERT/CPM com actividades nos nós a) e setas b) [21]	15
Fig.2.11 – Desenho de um gráfico LOB simplificado [8]	16
Fig.3.1 – Diagrama de Precedências de Actividades	20
Fig.3.2 – Representação gráfica das folgas nas redes com actividades nas setas [14]	22
Fig.3.3 – Actividades nas setas [30]	23
Fig.3.4 – Representação das Durações [28]	24
Fig.3.5 – Actividades nos nós [28]	24
Fig.3.6 – Actividades nas setas	24
Fig.3.7 – Exemplo de um Ciclo [21]	25
Fig.3.8 – Unicidade das actividades [21]	25
Fig.3.9 – Actividade fictícia [29]	26
Fig.3.10 – Sequência de actividades sem e com necessidade de fictícia respectivamente [23]	26
Fig.3.11 – Actividades nos nós e forma de representação dos tempos	27
Fig.3.12 – Representação gráfica dos níveis na elaboração de uma rede	28
Fig.3.13 – Representação da rede	30
Fig.3.14 – Rede e Diagrama de Gantt correspondente	31
Fig.3.15 – Nível de recursos para o planeamento executado na figura 3.14	32
Fig.3.16 – Novo planeamento e respectivo nível de recursos usados	32
Fig.4.1 – Diferentes maneiras de representação gráfica da LOB	36
Fig.4.2 – Exemplo de controlo do planeado em LOB com representação em linha	37
Fig.4.3 – Exemplo de controlo do planeado em LOB com representação em barra	38
Fig.4.4 – Gráfico da Linha de Balanço (LOB) com relações de precedência entre unidades de repetição a) e actividades b) [15]	39

Fig.4.5 – Inversão das Actividades.....	39
Fig.4.6 – Representação da sobreposição de actividades [22]	40
Fig.4.7 – Gráfico LOB com actividades que se intersectam, onde independentemente das relações de precedência entre actividades há conflitos.....	40
Fig.4.8 – Ligação de actividades fim-início	41
Fig.4.9 – Fluxos construtivos, ascendentes e descendentes, sem relação de precedência	41
Fig.4.10 – Gráfico LOB de actividades com ritmo constante independentemente das relações de precedência [17]	42
Fig.4.11 – Actividade LOB com mais de um ritmo de produção	43
Fig.4.12 - Diagrama LOB para uma actividade: (a) nº de equipas usadas =1; taxa de produção = 2 uni./dia; (b) nº de equipas usadas = 2; taxa de produção = 4 uni./dia [7]	44
Fig.4.13 – Utilização da folga/margem no cálculo da LOB [10].....	45
Fig.4.14 – Comparação entre o Gráfico de Gantt e Linha de Balanço (LOB).....	46
Fig.4.15 – Variáveis da Linha de Balanço [27].....	47
Fig.4.16 – LOB das actividades (a) teóricas e (b) simulação real (actividades na sequência A-B-C-D).....	48
Fig.4.17 – Programação não paralela na LOB [8].....	50
Fig.4.18 – LOB com programação não paralela com actividades que se intersectam.....	50
Fig.4.19 – Ajuste das actividades com programação paralela.....	51
Fig.4.20 – Ajuste das actividades com alteração de ritmo da actividade B mantendo o ritmo das suas sucessoras.....	51
Fig.4.21 – Programação não paralela (a) com tempo de espera e (b) com interrupção da execução.	51
Fig.4.22 – Caminho crítico na programação paralela [15]	52
Fig.4.23 – Caminho crítico na programação não paralela [15]	53
Fig.4.24 – Derivação da curva de agregação de recursos a partir da LOB [15].....	53
Fig.4.25 – Nivelamento dos recursos em função do paralelismo das actividades com ritmos lentos [15].	54
Fig.4.26 – Distribuição dos recursos na programação não paralela [15].....	54
Fig.5.1 – Enquadramento da localização da ESAG [36]	58
Fig.5.2 – Sequência de execução das actividades nos blocos	60
Fig.5.3 – Vista em planta dos Blocos em estudo	60
Fig.5.4 – Bloco A planta do piso 0, 0A e 1	61
Fig.5.5 – Bloco A planta piso 1A, 2 e cobertura	61
Fig.5.6 – Elaboração da WBS do projecto da ESAG	64
Fig.5.7 – Relacionamento entre actividades e respectivo caminho crítico (representado a vermelho)	65
Fig.5.8 – Extracto dos mapas de quantidades e estimativa orçamental.....	66

Fig.5.9 – Cronograma de mão-de-obra, anterior e posterior ao ajuste do planeamento.....	67
Fig.5.10 – Cronograma de pedreiro, anterior e posterior ao ajuste do planeamento.....	68
Fig.5.11 – Cronograma de electricista, anterior e posterior ao ajuste do planeamento.....	68
Fig.5.12 – Cronograma de facturação mensal.....	69
Fig.5.13 – Cronograma acumulado de facturação.....	69
Fig.5.14 – Planeamento Inicial em LOB.....	74
Fig.5.15 – Aumento do número de equipas na actividade Revestimentos.....	75
Fig.5.16 – Planeamento Final	76
Fig.5.17 – Continuidade do serviço entre as actividades Demolições, Alvenarias e Redes Prediais e Eléctricas	77
Fig.5.18 – Relação de encadeamento entre as actividades Redes Prediais e Instalações Eléctricas com sua Antecessora e Sucessora e folga existente para a actividade Revestimentos.....	77

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Determinação dos níveis das actividades.....	28
Quadro 3.2 – Durações das Actividades.....	30
Quadro 3.3 – N° de operários por actividade	31
Quadro 5.1 – Actividades do Projecto.....	70
Quadro 5.2 – Actividades Seleccionadas	71
Quadro 5.3 – Durações em Semanas.....	72
Quadro 5.4 – Conjugação dos 2 métodos	73

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

m - metros

m² – metros quadrados

WBS - Work Breakdown Structure (Estrutura de decomposição da obra)

CPM - Critical Path Method (Método do Caminho Critico)

PERT - Program Evaluation and Review Technique

LOB - Line of Balance (Linha de Balanço)

SYRUS - System for Repetitive Unit Scheduling

RUSS - Repetitive Unit Scheduling Systems

MS Project – Microsoft Office Project

MTQ – Mapa de Tarefas e Quantidades

ESAG – Escola Secundária Almeida Garrett

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Um facto indubitável é o de que a construção tem um papel muito importante na economia mundial. Por outro lado, a indústria da construção é uma das actividades mais sensíveis às variações do mercado interno e da procura do consumidor. Este sector está cada vez mais dinâmico e competitivo, fomentando um crescimento da concorrência, elevando as exigências aos diversos níveis da construção. A integração de todos estes parâmetros tem de ser alcançada sem o agravamento dos custos e durações e diminuição da qualidade. A falta de decisão da gestão de topo no sentido de criar um ambiente produtivo de qualidade resulta muitas vezes em trabalho não concluído dentro do prazo. Críticas em relação aos seus inúmeros problemas, tais como a falta de rendimento da produção, têm sido referidas por diversos autores. Com a crescente redução das margens de lucro, aumento da competitividade do sector e cada vez maior atenção por parte do consumidor em relação ao valor do produto final, tornou-se necessário inovar. Esta deve acontecer com a integração de três vertentes: a gestão de custos, a gestão de prazos e a gestão no âmbito da qualidade. Estas são reconhecidas como os três pilares essenciais da gestão de projecto.

Uma das fraquezas no desempenho das empresas é a falta de um processo decisório que defina o modo de agir dos seus intervenientes, e que é, geralmente lento, pouco objectivo e aleatório na implementação de soluções.

Não se deve esquecer que o início de todo o projecto é uma ideia. Para que esta se torne realidade, com um menor consumo de recursos, é necessária a utilização do planeamento, um processo onde é preciso prever detalhes, avaliar dificuldades, conhecer antecipadamente a origem de recursos, elaborar cronogramas, prever prazos e ter a capacidade de reformular rapidamente o programa estabelecido em caso de atrasos.

O planeamento nasce de um resultado que se deseja alcançar, para que a partir deste resultado sejam sintetizadas as etapas necessárias, traçados os seus objectivos, no sentido de unir informações de forma a evitar imprevistos e eliminar riscos. Isso pode aumentar a fiabilidade dos resultados esperados, como também reduzir as incertezas e a variabilidade do processo de construção, o que pode garantir o cumprimento do prazo pré-estabelecido e dos custos previstos no final do projecto.

O desenvolvimento e os grandes investimentos contribuem para a intensificação da competitividade. Diante deste panorama surge a necessidade cada vez maior de planear e definir processos nas operações de construção, de forma a permitir o controlo com maior precisão de todas as actividades que estão sendo levadas a cabo em obra, bem como a eficiência de todas as etapas de construção, reduzindo dessa maneira os riscos, principalmente de atrasos e o consequente aumento dos custos

previstos. A construção vem tentando desenvolver formas de obter processos produtivos mais eficientes. Para atingir esses objectivos, a etapa do planeamento deve ser bem elaborada. Um planeamento bem estruturado, sustentado por informações de qualidade, garante menor impacto de incertezas enfrentadas durante a execução.

O planeamento e o controlo são utilizados em todos os momentos do processo, desde a procura, concepção, passando pela produção até à utilização e tem o objectivo de traçar objectivos mais bem definidos, utilizar os recursos de maneira racional, corrigir possíveis falhas e distorções, obtendo com isso resultados muito mais satisfatórios.

No contexto organizacional, o planeamento pode permitir controlar melhor os processos, antevendo possíveis problemas, possibilitando assim índices de assertividade na execução de um projecto. As empresas de construção civil vivem num mercado com margem de lucro cada vez menor. Por isso, as empresas construtoras mobilizam-se para uma constante redução de custos, aumento da produtividade e busca de soluções tecnológicas de forma a aumentar, ou mesmo garantir a margem de lucro razoável para a sobrevivência no mercado.

Dessa forma, a elaboração de um planeamento preciso, pode contribuir para o aumento das margens de lucro, pois permite a utilização eficaz dos recursos, de forma a reduzir os custos e evitar imprevistos que podem atrasar a execução do projecto. [2]

Não basta programar uma obra ou desenhar um diagrama de planeamento do tempo, para que tudo se realize dentro do que foi ponderado. Na construção raramente as condições iniciais permanecem imutáveis, porque surgem alguns factores que não se podem controlar, tais como dias de chuva, dias de frio que impedem a betonagem ou retardam as descofragens, avarias de máquinas etc.

Percebe-se que a adopção um método gráfico de representar a planificação é útil. Antes de iniciar tal registo, é preciso decompor o projecto a executar, nas suas partes essenciais, isto é, estabelecer uma lista de actividades, ou tarefas elementares envolvidas na realização do trabalho, e considerar as dependências entre as diversas actividades.

Existem várias ferramentas para planear e acompanhar o desenvolvimento das actividades de execução para o sector da construção. Estas ferramentas vieram facilitar o planeamento, bem como o seu controlo ao longo da execução da obra.

Este trabalho justifica-se pelo facto de a técnica Linha de Balanço (LOB) ser ainda pouco difundida e utilizada em Portugal, ao contrário de alguns países Europeus, onde o método é bastante utilizado no sector da construção. Esse desconhecimento ou diminuta utilização da técnica LOB pelas empresas justifica-se pela forte utilização de outros métodos mais consagrados como o GANTT, PERT e CPM.

A Linha de Balanço (LOB) é uma técnica de planeamento e controlo que se baseia em conceitos de que a produção máxima é obtida quando se estabelece um fluxo contínuo de trabalho entre as equipas. É uma técnica que devido à sua representação gráfica se torna intuitiva, facilitando a comunicação com quem executa. O entendimento das informações é rápido e claro. Essa transparência reflectida no processo construtivo acentua a prática dos princípios do planeamento pois reduz a variabilidade do fluxo de trabalho e consequentemente reduz desperdícios e tempo de duração do projecto.

1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

De uma forma geral, o presente estudo tem como objectivo apresentar a importância do planeamento nas operações de construção de forma a melhorar os fluxos de produção e reduzir os desperdícios, nomeadamente, através da aplicação das técnicas CPM e LOB e verificar a sua implementação, designadamente com recurso a aplicações informáticas (*MS Project* e *Vico Control*), aplicando os métodos a um caso em estudo.

Este trabalho tem como principais objectivos:

- evidenciar a necessidade e os benefícios que advêm de um planeamento e controlo eficiente em todas as etapas das operações de Construção Civil.
- aprofundar conhecimentos sobre as técnicas de planeamento, principalmente do método LOB, relativamente pouco usado em Portugal,
- efectuar uma análise comparada ao nível das vantagens e inconvenientes do método LOB, comparativamente ao método CPM, que neste momento é o mais usado em Portugal.
- entre os aspectos a ponderar na comparação, dar especial destaque à possibilidade de aplicação informática;
- validar as conclusões anteriores através da aplicação a um caso de estudo.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Em termos de organização a dissertação foi estruturada em cinco capítulos, para além do presente, que pretendem encadear de forma lógica a investigação efectuada. Neste capítulo é feito um enquadramento sobre a importância do planeamento na construção civil, sendo também apresentados os objectivos deste trabalho.

O segundo capítulo enquadra a importância do planeamento nas operações de construção, e faz a descrição dos pontos mais importantes das principais técnicas de planeamento.

Os capítulos três e quatro apresentam a metodologia de aplicação dos métodos de planeamento CPM (*Critical Path Method*) e LOB (Linha de Balanço) respectivamente, referenciando também os aspectos principais das técnicas.

O capítulo cinco consiste na caracterização do caso de estudo, através de análise de dados recolhidos, para aplicação das técnicas de planeamento CPM e LOB.

Finalmente, no sexto e último capítulo, são apresentadas as principais conclusões sobre as disposições apresentadas nos capítulos anteriores, é feita a avaliação dos objectivos e são apontadas as limitações do estudo, analisando as vantagens e desvantagens da aplicação das técnicas à construção. Neste capítulo também se enuncia uma possível sugestão de planeamento de projectos a partir da análise das metodologias estudadas.

2

GENERALIDADES SOBRE PLANEAMENTO DE PROJECTOS

2.1. INTRODUÇÃO

A gestão de projectos surge após a 2ª Grande Guerra na realização de projectos de grande envergadura, complexidade e custos avultados e resulta da necessidade de investir mais na gestão eficaz desses projectos, desenvolvendo técnicas específicas. Por exemplo, na reconstrução do pós-guerra, em fábricas, nos grandes edifícios, nos trabalhos em centros urbanos, em aeroportos, defesa, etc.

Sempre existiu realização de actividades humanas de forma organizada. A principal diferença reside na sistematização do conhecimento e nas facilidades resultantes das técnicas modernas de planeamento e análise associada às evoluções informáticas.

A transferência de conhecimentos adquiridos em diferentes actividades tem permitido que técnicas de gestão originadas numa área diferente sejam adaptadas e adoptadas noutras. [29]

A Indústria da Construção Civil em Portugal tem uma importância significativa no conjunto da economia nacional. O sector da Construção é um sector muito diferenciado dos outros sectores de actividade, quer em termos produtivos, quer em termos de mercado de trabalho. A construção é uma actividade económica com especificidades próprias, caracterizada por uma grande diversidade, com uma procura que vai desde o Estado ao particular, das grandes empresas multinacionais aos pequenos promotores.

A gestão de projectos tem vindo a emergir essencialmente em virtude da necessidade de competir num mundo em grande mudança com níveis de complexidade crescentes, em que a capacidade de responder com rapidez de uma forma integrada se torna cada vez mais importante.

As condições de desenvolvimento de um projecto, nomeadamente o elevado custo, implicam e potenciam o valor de uma adequada gestão de projectos.

O principal objectivo a atingir na gestão de projectos é um produto final, com o melhor desempenho possível, numa perspectiva dinâmica e flexível, ou seja, procedendo às alterações necessárias que se verifiquem durante o avanço do mesmo projecto. O projecto só pode iniciar-se quando se sabe exactamente o que se vai produzir. É a partir daí que se traça o caminho, numa primeira fase de uma forma concisa e apenas baseada em eventos e com datas de concepção definidas.

Na gestão de um projecto, após constituição da equipa e da sua organização, há fundamentalmente que planear os recursos e tomar decisões. O ponto focal é o eficiente cumprimento de objectivos.

Planear não é uma tarefa que fique concluída de uma vez para sempre. Pelo contrário, há que planear e refazer o planeado sempre que existam alterações efectivas ou previsíveis. Por outro lado, controlar é uma função que não se pode reduzir à mera recolha de dados, que acumulados e agrupados de diversas formas servem apenas para constatar factos irreversíveis.

Com este propósito, é necessário planear a obra e realizar uma análise de possíveis problemas que possam ocorrer em fases avançadas da obra. Este estudo possibilita encontrar soluções que se reflectem na minimização dos custos e no cumprimento do orçamento e prazos definidos.

Um Projecto pode ser definido como uma organização criada especificamente para cumprimento de um objectivo e dissolvida após a sua conclusão. Caracteriza-se por ser temporária, ter um início e fim bem definidos e obedecer a um plano e a um tipo específico de gestão: a gestão de projectos. [40]

O objectivo do projecto está sempre sujeito a, no mínimo, um conjunto de três condições, o resultado, o custo e o prazo. A qualidade, como sendo o respeito de um conjunto de especificações de natureza técnica ou legal que o projecto tem que cumprir na sua execução e no seu resultado final, o prazo, o respeito de um conjunto de datas chave em que parte ou a totalidade das actividades devem estar executadas e por ultimo o custo como sendo o cumprimento de critérios económicos quanto à execução do projecto ou à operação do seu resultado final. Além disso, não basta focar, nem dar mais importância só a uma dessas condições em detrimento das outras.

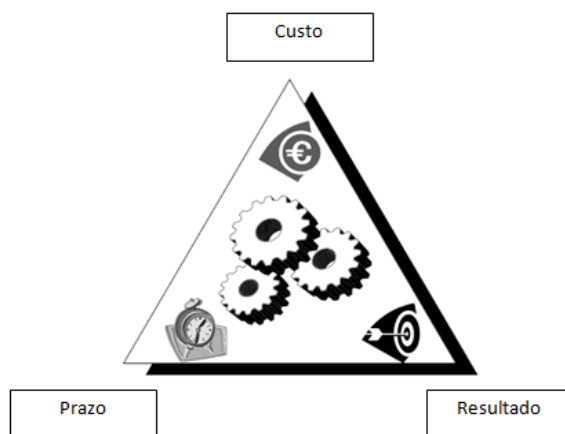


Fig.2.1 – Objectivos de um Projecto [25]

Com isso pretende-se demonstrar a importância que o projecto tem, para que satisfaça as expectativas do Cliente. Um projecto que cumpra as especificações, que se realize dentro do prazo e do orçamento, mas que não deixe o cliente satisfeito não cumpriu plenamente os seus objectivos. [18]

As informações do projecto são tão essenciais quanto os recursos, uma vez que facilitam o processo de gestão dos projectos, pois são necessárias para elaborar o planeamento, desenvolver o orçamento, criar a programação das actividades, determinar recursos, controlar o desempenho e formalizar a entrega do produto final.

Antes de iniciar o desenvolvimento do projecto deve-se escolher o caminho mais conveniente, o rumo que se deve seguir e o ritmo que se deve imprimir a cada etapa. A definição das actividades envolve identificar e documentar as tarefas que devem ser realizadas para atingir o objectivo do projecto.

2.2. IMPORTÂNCIA DO PLANEAMENTO NAS OPERAÇÕES DE CONSTRUÇÃO

O planeamento na construção é um processo fundamental para a gestão e execução dos projectos. Aborda diversos temas que abrangem toda a actividade da construção, tais como, os processos de construção, a definição das actividades, a estimativa das durações e escolha dos recursos necessários e a identificação das relações de sequência das actividades.

A visão tradicional do projecto está muito associada à fase de execução/construção. No entanto, um bom projecto começa por uma correcta definição de objectivos, por uma adequada preparação da fase de execução, só depois vem o controlo da execução, que será tanto mais fácil quanto as primeiras fases tenham sido bem planeadas, podendo-se mesmo dizer que só um projecto bem elaborado na fase de preparação previne surpresas desagradáveis durante a execução e no final.

O planeamento é a ferramenta essencial para uma boa orçamentação e calendarização dos trabalhos. O plano de trabalhos contém toda a informação necessária para a gestão da obra, as actividades críticas, os recursos utilizados e todos os elementos necessários para o sucesso da gestão de projectos. Entende-se por isso que um plano de trabalhos para a construção deve propor o ritmo de execução dos trabalhos, garantindo uma calendarização de todas as actividades envolvidas no projecto, os recursos necessários à sua execução e os respectivos custos, totais e distribuídos ao longo de toda a obra. [3]

Planear um projecto significa pensar no futuro. O planeamento e o controlo são utilizados em todos os momentos do processo, desde a concepção passando pela produção, até à utilização e tem o objectivo de traçar objectivos mais bem definidos, utilizar os recursos de maneira racional, corrigir possíveis falhas e distorções, obtendo com isso, resultados muito mais satisfatórios.

O planeamento nasce de um resultado que se deseja alcançar, para que a partir deste resultado sejam sintetizadas as etapas necessárias, traçados os seus objectivos, no sentido de unir informações de forma a evitar imprevistos e eliminar riscos. Isso pode aumentar a fiabilidade dos resultados esperados, como também reduzir as incertezas e a variabilidade do processo de construção, o que pode garantir o cumprimento do prazo pré-estabelecido e dos custos previstos no final do projecto.

Por todos estes aspectos referidos o planeamento tem uma importância elevada em todas as fases de uma operação de construção, desde a promoção até à fase de utilização e manutenção.

2.2.1. AS DIFERENTES FASES DE UMA OPERAÇÃO DE CONSTRUÇÃO

Como já foi referido anteriormente, o planeamento é um processo transversal que percorre todas as fases de uma operação de construção. Se o planeamento não abranger as diversas fases, este poderá não ser eficaz, pois corrigir o planeado numa fase posterior poderá não ser possível, ou então todo o processo de planeamento poderá ser posto em causa.

O início é a etapa mais importante de qualquer projecto. Se o projecto não começa bem, poucas hipóteses tem de ser bem-sucedido. No início tem que se definir os assuntos em geral, os objectivos, tem que se acordar orçamentos e conseguir a aprovação do projecto. É no início do projecto que se estabelecem as suas próprias bases. A forma como é conduzido o início do projecto vai determinar toda a sua evolução. Pode ser também a etapa mais intensa para o Gestor de Projectos.

Qualquer projecto é composto por um ciclo de vida mais ou menos extenso, consoante o tipo de projecto, o qual pode ser resumido em 4 fases:

- Promoção;
- Concepção e Projecto;

- Execução;
- Utilização e Manutenção.

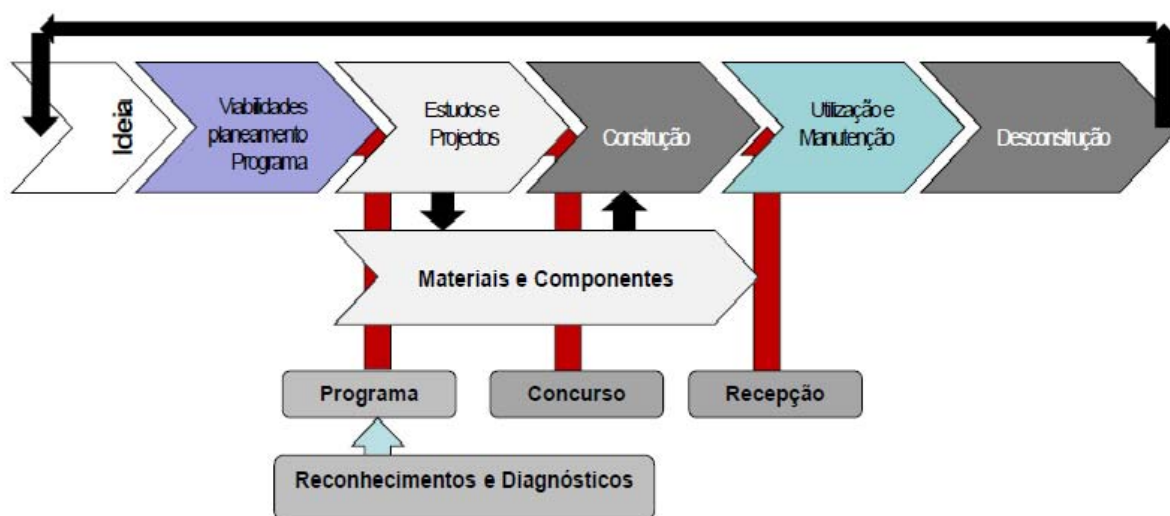


Fig.2.2 – Síntese do Processo Construtivo [11]

- **Fase da Promoção:** é nesta fase que se define o tipo de contrato, se organiza o programa preliminar, designa-se o gestor do empreendimento e selecciona-se a equipa projectista. Esta fase consiste num estudo prévio que tem como objectivo preparar a concepção global do projecto e analisar a sua viabilidade em termos funcionais, técnicos e financeiros.

- **Fase da Concepção:** é na etapa da concepção que as ideias adquirem forma técnica através de uma metodologia elaborada por especialistas. Nesta etapa desenvolve-se o projecto de um ponto de vista mais operacional, elabora-se o programa base, o estudo prévio, o anteprojecto e o projecto de execução. Para isso são efectuados estudos de mercado, técnicos e financeiros, são analisadas alternativas, e o projecto é desenvolvido com rigor e abrangência crescente que se conclui com o projecto de execução.

- **Fase de Execução:** a fase de execução corresponde à implementação do projecto tendo em conta o planeamento efectuado, nomeadamente ao nível dos prazos, custos e qualidade. Os trabalhos associados a esta fase incluem a definição da organização, a disponibilização e gestão dos recursos humanos, materiais e financeiros, a contratação de equipamentos e de serviços no exterior, a análise de propostas, a verificação e controlo dos prazos, dos custos e da qualidade. Nesta fase também se efectua ensaios, procede-se à recepção provisória, ao fecho do processo e conta da empreitada e começa a contar o período de garantia, que cessará no acto da recepção definitiva.

- **Fase de Utilização e Manutenção:** a fase de utilização e manutenção diz respeito à entrega da obra aos utentes, à instalação de equipamentos e à conservação e manutenção. Esta fase é de especial importância, pois, para garantir a satisfação dos clientes externos é importante que a empresa construtora forneça esclarecimentos sobre os procedimentos adequados ao melhor aproveitamento da edificação, para redução dos custos de manutenção bem como para preservação da sua vida útil, minimizando a ocorrência de falhas.

Neste contexto, salienta-se a importância de garantir um efectivo registo das informações durante as várias fases do processo construtivo. [4,6]

2.2.2. IMPORTÂNCIA DO PLANEAMENTO E DO CONTROLO PARA O SUCESSO DAS OPERAÇÕES DE CONSTRUÇÃO

No âmbito da actividade construtiva o planeamento e controlo de uma obra são uma tarefa fundamental e desafiante na gestão e execução dos projectos de construção, uma vez que envolve a escolha da tecnologia, a definição das actividades, a estimativa da duração e dos recursos necessários para cada actividade, além da identificação das interacções entre as diferentes actividades.

O planeamento e o controlo exigem um conhecimento detalhado e profundo do projecto, o que só pode ser alcançado por meio da análise dos elementos que compõem, sendo, portanto, o primeiro requisito para a elaboração do planeamento.

Para o efeito é imprescindível uma definição do projecto detalhado. Se existirem imprecisões na definição do projecto, estas irão reflectir-se no planeamento que deixará de ter utilidade como ferramenta para uma adequada gestão do projecto. Para isso devemos obter informações relevantes e oportunas tais como [18]:

- Especificações
 - a) Descrição e objectivos do projecto;
 - b) Datas chave, designadamente de início e fim;
 - c) Produtos a obter do projecto;
 - d) Principais recursos a utilizar.
- Definição do calendário
 - a) Horários e turnos de trabalho;
 - b) Feriados;
 - c) Férias.
- Desagregação do projecto
 - a) Divisão do projecto em fases;
 - b) Divisão das fases em actividades;
 - c) Divisão das actividades até se chegar às actividades elementares.

Uma maneira de se estabelecer uma relação padronizada de forma hierarquizada das metas dos vários planos adoptados para o planeamento da obra é através da utilização da *Work Breakdown Structure* (WBS). A WBS pode ser definida como uma estrutura de decomposição da obra em vários subsistemas, estabelecendo hierarquias entre as actividades que a compõem. Este agrupamento hierárquico tem como objectivo definir e organizar todo o projecto, para facilitar o processo de gestão, atribuir responsabilidade, criar subcontratos e definir fases de trabalho. [1,3]

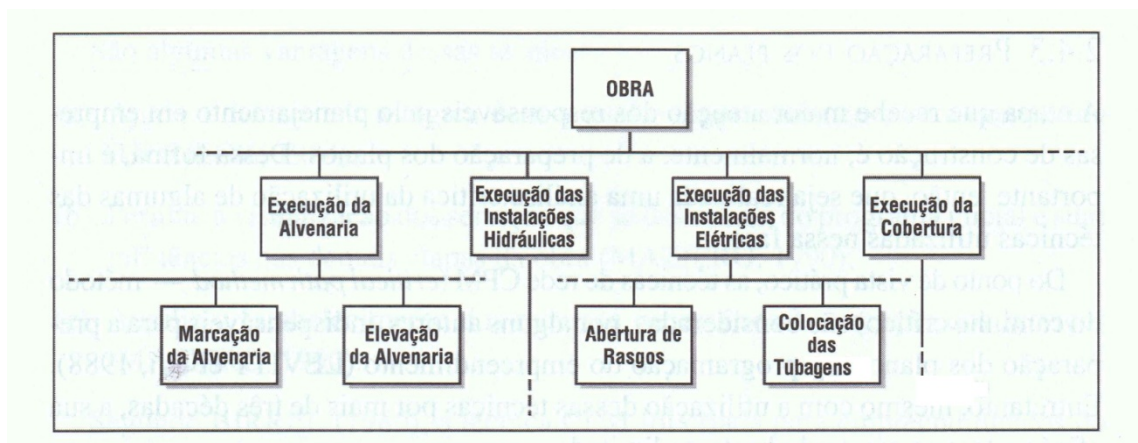


Fig.2.3 – Exemplo de uma WBS parcelar de uma obra de um edifício [1]

A definição de uma WBS permite uma estruturação da distribuição das actividades ao longo do projecto. Porém, outras divisões também podem ser criadas conforme o pretendido.

Estruturalmente o nível mais alto da WBS corresponde ao projecto por inteiro e depois formam-se outros níveis constituídos por sub-níveis até que se chegue ao nível da actividade. O significado de todos os itens dos níveis mais baixos deve ser similar. É importante definir o nível mais baixo da WBS de maneira que se facilite o planeamento, a execução e o controlo das actividades e do projecto como um todo. [1]

Cada projecto pode ser dividido num número maior ou menor de tarefas, podendo algumas delas não ter uma materialização física. O grau de subdivisão é arbitrário, no entanto o número de níveis que se utiliza na elaboração da WBS deve ser cuidadoso, não se prolongando exageradamente, o que pode gerar um enorme consumo de recursos no controlo, isto é a divisão excessiva deve ser evitada.

Outro elemento a ser analisado e estudado é a actividade. Um projecto é constituído por diferentes actividades, também designadas por tarefas. Actividade ou tarefa é definido como sendo todo o trabalho elementar cuja realização necessita de uma duração, podendo exigir utilização de outros recursos (mão de obra, materiais, equipamentos etc.). As actividades do projecto são definidas a partir da desagregação já referida. As actividades têm normalmente associadas quantidades, possuindo também atributos como os recursos a serem utilizados na sua execução e produtividade dos mesmos.

Entre as várias tarefas existe uma relação de sequência e um grau de interdependência, maior ou menor, no tempo.

Todas as actividades devem estabelecer relacionamentos de precedências entre si. Não é aconselhável que um planeamento tenha actividades sem antecessoras ou sucessoras, mesmo que este relacionamento seja apenas em relação a um marco de projecto. Os marcos de projectos (*milestones*), constituem eventos com significado especial para o projecto, como o início ou o fim de uma etapa relevante. Geralmente, os marcos são utilizados para definir mudanças de fase, repetição da ultima fase e/ou interrupção do projecto. [41] Actividades sem relações de precedência com outras podem criar dificuldades de controlo e adiar o seu término.

O estabelecimento do encadeamento requer um conhecimento aprofundado da natureza dos trabalhos a realizar. O encadeamento resulta de limitações ou sujeições de várias ordens [29]:

- física – Só é possível realizar uma tarefa quando fisicamente a sua antecessora já foi executada como por exemplo para rebocar é necessário ter já realizado a parede;
- de recursos – a possibilidade de realizar uma tarefa pode ter restrições de meios, apesar de todas as outras condições estarem reunidas tomando como exemplo a limitação de jogos de cofragem em obras de estruturas;
- de segurança – quando existe a obrigatoriedade de respeitar determinados prazos. Os prazos da cura de betão têm de ser respeitados para se proceder á sua descofragem;
- programáticas – resultantes não de imposições técnicas, mas de programa por parte do dono de obra, caderno de encargos, etc.

Os encadeamentos entre as actividades podem ser de quatro tipos distintos:

- Fim – Início: O início da tarefa sucessora depende do fim do trabalho da tarefa antecessora;
- Início – início: O início da tarefa sucessora depende da realização total ou parcial da sua tarefa antecessora;
- Fim – Fim: O fim da tarefa sucessora depende do fim total ou parcial da tarefa antecessora;
- Início – Fim: O fim da sucessora depende do início da antecessora. Esta é uma relação muito pouco utilizada, pois é difícil de evidenciar.

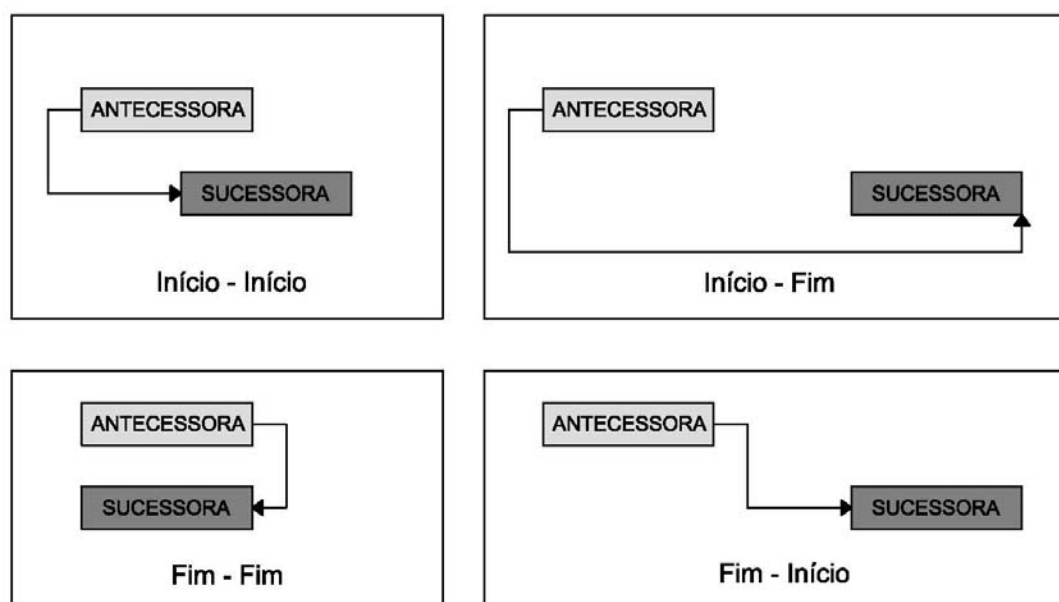


Fig.2.4 – Representação dos relacionamentos entre actividades

Para cada relacionamento efectuado, pode-se ainda estipular um desfasamento de tempo, no qual a execução de uma actividade deve esperar pelo fim ou início da outra. Esse desfasamento seria usado, por exemplo, entre a actividade de betonagem e descofragem. Nesse caso, o encadeamento é do tipo Fim – Início acompanhado por um desfasamento de alguns dias (dias esses referentes à cura do betão), ou seja a descofragem iniciar-se-á alguns dias após o fim da betonagem.

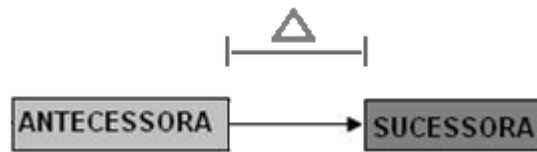


Fig.2.5 – Exemplo de desfasamento entre actividades

Sendo:

Δ – Desfasamento de tempo entre o fim da Antecessora e o início da Sucessora

Algumas técnicas de planeamento só admitem ligações de tipo Fim-Início sendo necessário transformar todas as ligações em ligações desse tipo.

- Transformação de ligação Início-Início em Fim-Início [5]:

A1 antes de B

A1 antes de A2 $\leftrightarrow$ B só pode começar depois de d unidades de tempo

D – duração de A1

$(\text{Duração de A2}) = (\text{duração A}) - d$

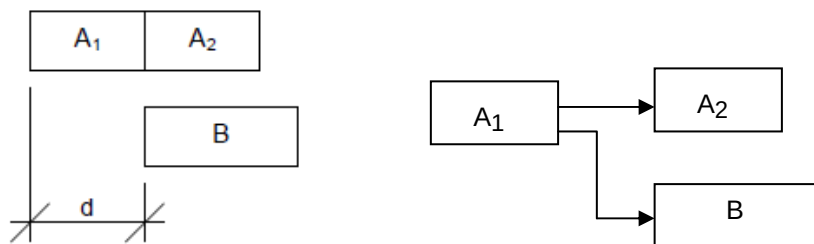


Fig.2.6 – Representação da transformação de ligação Início-Início em Fim-Início

- Transformação de ligação Fim-Fim em Fim-Início [5]:

A antes de B2

B1 antes de B2 $\leftrightarrow$ B só pode ficar concluída x dias após o fim de A

Duração B2 = x ; duração B1 = $(\text{duração B}) - x$

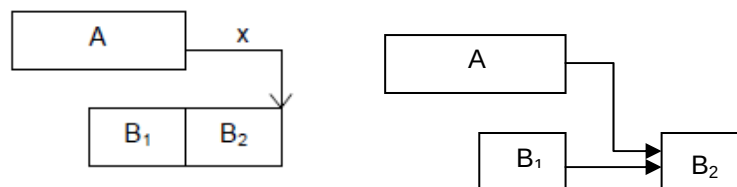


Fig.2.7 – Representação da transformação de ligação Fim Fim em Fim-Início

- A ligação Início-Fim tem um tratamento mais complexo pois pode envolver não duas mas várias tarefas. A sua utilização fora de programas informáticos é pouco usual.

2.3. APRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS DE PLANEAMENTO

2.3.1. GRÁFICO DE GANTT

Um dos grandes impulsionadores de novas técnicas é a necessidade. A criação e utilização de técnicas de gestão de projectos são exemplo disso.

O gráfico de Gantt mais conhecido como cronograma (Gráfico de barras horizontais) foi criado pelo engenheiro Henry Gantt.

É uma metodologia simples que consiste basicamente em definir o conjunto de tarefas a realizar, indicando o seu nome, duração, o início e o término, representando posteriormente estes períodos graficamente com uma escala de tempo. [23]

Embora um Gráfico de Gantt seja facilmente compreendido para projectos pequenos, que cabem numa única folha, pode tornar-se de difícil visualização e compreensão para projectos com muitas actividades. Num Gráfico de Gantt com um número elevado de actividades é difícil visualizar as relações de encadeamento. Em termos informáticos a visualização também não é fácil.

Os Gráficos de Gantt fornecem relativamente pouca informação. Isto é, os projectos são frequentemente mais complexos do que pode ser demonstrado eficazmente através de um Gráfico de Gantt.

Um diagrama de Gantt é uma representação bidimensional das actividades sobre um calendário cuja unidade pode ser em dias, semanas ou meses de acordo com a duração do projecto. O tempo atribuído a uma tarefa modela-se por uma barra horizontal cuja extremidade esquerda é posicionada sobre a data prevista de arranque e a extremidade direita sobre a data prevista de fim de realização. As relações de encadeamento são desenhadas por setas. As tarefas podem ligar-se sequencialmente ou ser executadas em paralelo.

Se as tarefas possuírem uma sequência, as relações de precedência podem ser modeladas por uma seta com base na tarefa antecessora para a tarefa sucessora. A tarefa sucessora não pode ser executada enquanto a tarefa antecessora não for realizada.

Para controlar o desenvolvimento real de uma tarefa, a barra que a representa é preenchida proporcionalmente ao seu grau de cumprimento. Assim, é rapidamente possível ter uma ideia do adiantamento/atraso do projecto traçando uma linha vertical que atravessa as tarefas a nível da data do dia. As tarefas realizadas estão assim situadas à esquerda desta linha, as tarefas não começadas à direita, enquanto as tarefas em curso de realização são atravessadas pela linha. Se o seu preenchimento for situado à esquerda da linha, a tarefa está em atraso em relação ao planeado.

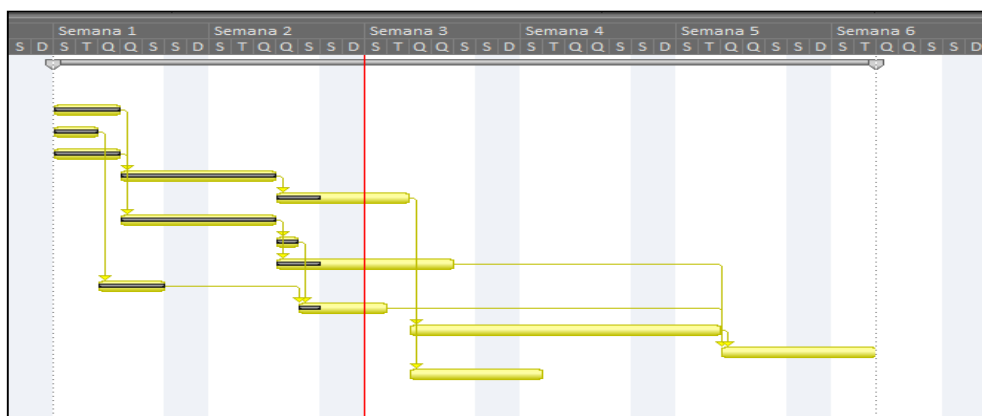


Fig.2.8 – Verificação do adiantamento/atraso de uma tarefa

Embora os softwares de gestão de projectos possam mostrar as dependências entre actividades no formato de linhas, mostrar um grande número de actividades e dependências pode resultar em um Gráfico de Gantt ilegível.

A maior vantagem dessa ferramenta é a sua facilidade de assimilação e fácil entendimento da programação dos trabalhos. Permite ainda a exibição de várias informações como recursos associados ao trabalho, responsáveis pelas tarefas, custos por actividade, etc. A maior desvantagem encontra-se no facto de não ser possível, através da técnica, visualizar o impacto de alterações na programação tanto na fase de planeamento como também da fase de execução. Por tanto é uma solução estática não representando um método fácil para o acompanhamento da realidade dinâmica dos empreendimentos.

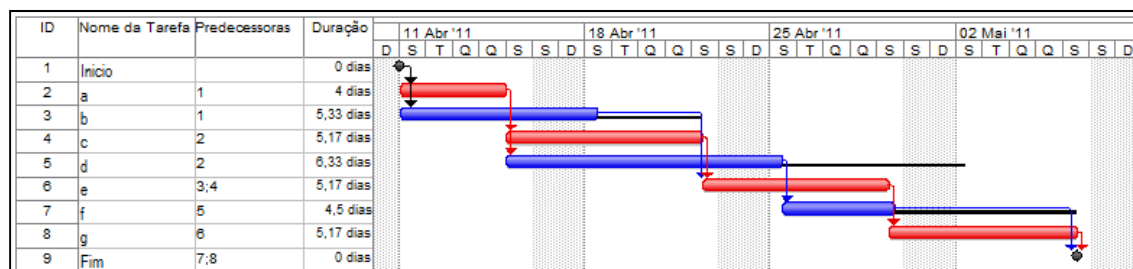


Fig.2.9 – Exemplificação de um gráfico de Gantt

2.3.2. REDES DE PLANEAMENTO CPM / PERT

De entre os métodos que utilizam a programação com redes destacam-se o CPM (*Critical Path Method*) e o Pert (*Program Evaluation and Review Technique*). O Pert foi originalmente desenvolvido em 1958 pela Marinha Americana como meio de planeamento e aceleração do desenvolvimento do míssil balístico “Polaris”. O CPM foi desenvolvido em 1957 pela empresa Dupont, para explorar o uso de sistemas assistidos por computadores no planeamento, monitorização e controlo dos projectos da empresa. Com o receio de não conseguir realizar os lançamentos de novos produtos nos prazos contratados, desenvolveu o método CPM para a realização dos seus objectivos, pois o tempo era uma variável que precisava ser estimada com bastante precisão. [20,21]

As técnicas PERT e CPM são bastante semelhantes e, por isso, é comum referenciar-se em conjunto como PERT/CPM. Essas técnicas utilizam o tratamento estatístico para a determinação da duração das actividades. Enquanto CPM considera apenas uma estimativa, a mais provável, PERT calcula a média entre três estimativas: a optimista, a pessimista e a mais provável, isto é, o CPM é um modelo determinístico, não utiliza tempos aleatórios para a duração das actividades, enquanto que, o PERT é um modelo probabilístico, por utilizar conceitos de probabilidade na estimativa da duração das actividades. Por isso, considera-se que PERT assume melhor as incertezas inerentes aos projectos. A diferença entre as duas técnicas pode ser considerada irrelevante e as mesmas podem ser utilizadas de forma integrada. Ambas as técnicas podem ser utilizadas para planeamento de projectos de qualquer natureza, tanto indústria manufactureira como indústria de construção civil. [41]

O PERT/CPM é uma metodologia recomendada para ser aplicada no processo de gestão de projectos, dada a sua facilidade em integrar e correlacionar, adequadamente, as actividades de planeamento, coordenação e controlo. [21]

A grande novidade no aparecimento destes métodos prende-se com o conceito de caminho crítico.

O caminho crítico representa o caminho mais longo, ou seja, a sequência de actividades antecessoras e sucessoras desde o início até o término do projecto que leva a um maior período de tempo para

conclusão do projecto. A duração do caminho crítico é a soma da duração das actividades ao longo dessa sequência. O caminho crítico é um conceito importante para quem planeia, pois indica as prioridades do projecto para disponibilização de recursos às actividades que são consideradas críticas. Essas actividades devem ser controladas cuidadosamente, pois um atraso ocorrido em algumas delas, implica em atraso na conclusão do projecto. Numa rede pode existir mais de um caminho crítico, o que depende da duração relativa de actividades concorrentes e das suas interdependências.

Quando se faz um planeamento utilizando estes métodos, as etapas principais a percorrer podem ser enumeradas pela seguinte ordem:

- a. Listagem das actividades;
- b. Construção da rede;
- c. Determinação do(s) caminho(s) crítico(s);
- d. Optimização utilizando a disponibilização de recursos;
- e. Optimização utilizando a análise de custos.

A programação em PERT/CPM é elaborada a partir de um diagrama de precedência. O diagrama de precedências indica o progresso do projecto por meio dos relacionamentos e durações das actividades, e com isso, é definido o caminho crítico.

De notar que o simples estabelecimento da rede exige um estudo cuidadoso da melhor sequência das actividades, a determinação dos seus tempos de execução, a definição dos meios necessários, constituindo a sua elaboração um precioso instrumento de clarificação. Isto é, uma rede consistente só pode ser estabelecida com o conhecimento prévio e preciso das actividades que constituem o projecto e suas interligações. Por outro lado, ao determinar os caminho(s) crítico(s), o gestor de projecto pode centrar a sua atenção sobre as actividades decisivas à concretização do projecto no prazo pré estabelecido.

Como instrumento de planeamento permite definir adequadamente as datas de mobilização de recursos financeiros, humanos e equipamentos, a duração da utilização desses recursos bem como as datas de sua desmobilização. Deste modo, o período de cumprimento da responsabilidade atribuída a cada interveniente do processo fica perfeitamente caracterizado.

Existem dois tipos de modelos de rede de precedência:

- Actividades nos nós (nova representação) - em que os nós da rede representam a actividade e as setas as relações de precedência Fig.2.10 (a).
- Actividades nas setas (representação primitiva) - em que as setas representam as actividades e os nós representam acontecimentos Fig.2.10 (b).

As redes com actividades nas setas têm a vantagem de tornar mais óbvia a representação do progresso das actividades ao longo da execução do projecto (factor importante no controlo deste). No entanto, as redes com actividades nos nós são mais simples por evitarem a necessidade do recurso a actividades fictícias e, além disso, permitem a representação directa de relações de dependência diferentes da simples relação “A precede B”.

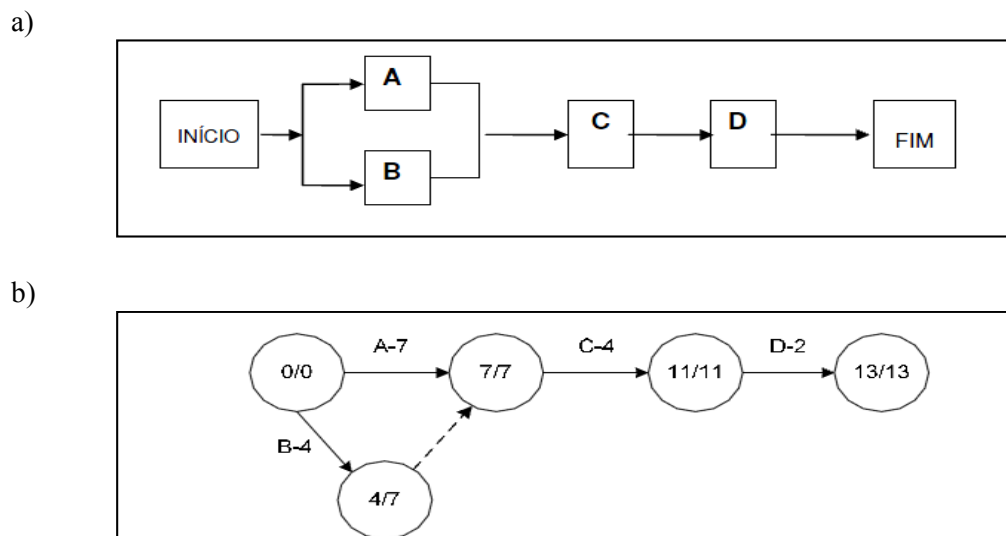


Fig.2.10 – Exemplo de uma mesma rede PERT/CPM com actividades nos nós a) e setas b) [21]

2.3.3. LINHA DE BALANÇO (LOB)

A metodologia da Linha de Balanço (LOB) surgiu na década de 40, na empresa Goodyear. Inicialmente a técnica foi utilizada pelas indústrias com sistema de produção contínua e em série, em função da facilidade de visualização de taxas ou razões de produção, para os diversos estados dos processos de fabrico. [17]

A técnica da Linha de Balanço resume-se ao conceito de que as tarefas são repetidas inúmeras vezes ao longo de uma unidade de repetição. Por exemplo, o serviço de revestimento de paredes é realizado inúmeras vezes ao longo de todas as unidades de um conjunto habitacional ou pavimentos de um edifício. O ritmo de conclusão da tarefa nas diversas unidades dependerá de quantas equipas sejam destinadas. A técnica é de aplicação bastante simples principalmente por que pode ser feita graficamente, se assumirmos a linearidade do desenvolvimento da tarefa, podendo ser visualizada num gráfico espaço x tempo, indicando a unidade e quando a tarefa é executada nesta unidade.

A Linha de Balanço é uma técnica de planeamento e controlo que considera o carácter repetitivo das actividades de uma edificação. Por meio da Linha de Balanço há uma visão mais simples da execução das actividades, servindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e qualidade. [33]

Este método é, geralmente, adequado para projectos que possuem actividades comuns ou em projectos que possuem actividades com longa duração, pois a sua principal característica é sumarizar um grupo de actividades similares em apenas uma barra, representada graficamente. Isso reduz o volume de documentos para controlo, de modo a facilitar o acompanhamento da obra. Na metodologia LOB há, portanto, a sequência da actividade pelas diversas unidades de repetição da obra.

O grupo de actividades similares é graficamente apresentado por meio de linhas (barras) verticais com inclinação equivalente ao ritmo de produção da respectiva actividade. No eixo das abcissas marca-se geralmente o tempo que pode ser representado em dias, semanas, meses ou outra escala qualquer, desde que seja única para todas as actividades. No eixo das ordenadas, marca-se o número de unidades das actividades a serem executadas, podendo ser em metros e/ou em metros quadrados, como também em quilómetros, entre outros. Neste caso, não é necessário que todas as actividades utilizem a mesma

unidade de medida. Cada actividade pode possuir uma unidade de medida mais adequada. Assim, o conjunto de actividades da estrutura de um prédio pode ser medido em números de pavimentos, e a tubagem, por sua vez, em metros. Essa unidade de medida permitirá identificar a percentagem de avanço das actividades.

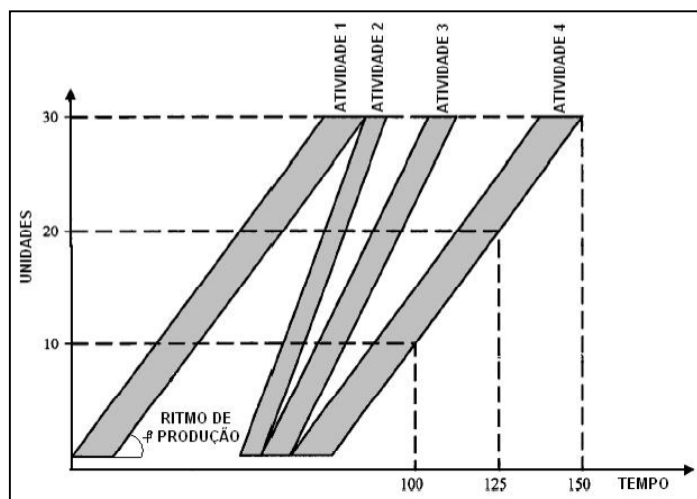


Fig.2.11 – Desenho de um gráfico LOB simplificado [8]

2.4. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PLANEAMENTO À CONSTRUÇÃO

As organizações de construção são mais débeis do que as outras organizações (de outras actividades), e para melhorarem têm que ser mais eficazes. As empresas cada vez mais precisam e têm a necessidade de acompanharem e de se compararem às suas concorrentes e possuírem competência para se manterem à frente delas.

As empresas podem copiar as estratégias das empresas concorrentes, mas as vantagens competitivas são temporárias.

A eficiência operacional e a estratégia são essenciais para um desempenho excelente que é objectivo principal de qualquer organização. Mas ambas funcionam de maneiras diferentes. Para uma organização vencer e ultrapassar os seus concorrentes deve preservar uma característica única. Terá que proporcionar aos consumidores ou criar valor a custos mais baixos, ou fazer as duas coisas. O facto de proporcionar maior valor aos consumidores permite à organização cobrar preços mais altos. Uma maior eficiência significa custos unitários de produtos ou bens mais baixos.

A eficiência operacional resulta em exercer actividades semelhantes melhor que os seus concorrentes. Inclui todo o tipo de práticas que permitem a uma organização utilizar, da melhor forma, os seus recursos, reduzindo defeitos de produtos ou desenvolvendo produtos melhores e mais rapidamente. Ao contrário, posicionamento estratégico significa exercer actividades diferentes dos concorrentes ou actividades semelhantes de modo diferente.

Portanto as actividades são os factores chave da vantagem competitiva. A vantagem ou desvantagem de uma organização resulta do conjunto de suas actividades e não apenas de algumas.

Algumas organizações conseguem obter mais dos seus recursos pois eliminam esforços redundantes, empregam tecnologia mais avançada, motivam melhor os seus funcionários ou possuem melhor competência para gerir uma actividade particular ou um conjunto de actividades.

Por outro lado, a adaptação estratégica entre diversas actividades é crucial não só para a vantagem competitiva, mas também para a sustentabilidade dessa vantagem. É mais difícil os concorrentes igualarem um conjunto de actividades interligadas do que imitar uma estratégia em particular, um processo tecnológico ou um conjunto de características dos produtos.

O sucesso da estratégia depende de se conseguir fazer muitas coisas bem e em saber integrá-las. Se não houver adaptação entre as actividades, não há estratégia distinta nem sustentabilidade. Mais uma vez, os resultados dependeriam só da eficiência operacional.

O planeamento de um dado projecto consiste na definição pormenorizada das acções elementares de que o projecto se irá compor, bem como, das condições que são necessárias para que cada uma dessas acções possa ser executada. Trata-se de uma fase de análise cuidadosa em que essencialmente há que visionar o desenvolvimento do projecto antes da sua concretização, tentando descobrir estrangulamentos, dificuldades ou incompatibilidades, e redefinindo na sequência dessas descobertas as acções elementares e as suas inter-relações. [31]

O objectivo das técnicas de planeamento e programação é a de proporcionar que os trabalhos em obra se realizem de forma mais organizada, evitando-se muitos problemas que podem ser previstos ou pressupondo-se acções correctivas caso surjam. A programação em si própria não trará benefícios à produção se não estiver baseada em factos reais e não tiver sido definida com estratégia. [16]

As metodologias de análise começam tipicamente por decompor o projecto em unidades elementares inter-relacionadas (usualmente designadas por actividades), sendo essas actividades compostas por um conjunto de atributos e por definir representações inteligíveis do problema que sejam adequadas e sirvam os propósitos das análises subsequentes.

Esses atributos no início do planeamento são estimados, devendo estes ser estimados com o maior rigor possível. A obtenção do programa final resulta da aplicação de técnicas e algoritmos à estruturação do problema. Para a preparação destes elementos há ainda que produzir previsões e estimativas a partir da informação e experiência disponível.

Existem vários métodos para se definir a duração de uma actividade. Ela pode ser estimada segundo experiências em projectos anteriores, ou opinião de especialistas. Também pode ser calculada segundo a disponibilidade e produtividade dos recursos, ou ainda, como é o caso mais comum, a uma imposição de tempo.

Existe nas actividades da construção uma sequência natural devido às restrições tecnológicas de integridade estrutural, regulamentos e outros requerimentos técnicos.

A preparação do trabalho está intimamente relacionada com a planificação de pormenor das obras. Como se sabe, a execução de uma obra pode decompor-se num certo número de tarefas elementares, cada uma das quais exige um certo prazo de execução. A cada tarefa corresponderá uma ou mais equipas de pessoal. O prazo referido depende do rendimento dos meios dispostos à disposição (mão de obra, máquinas e materiais), isto é, da capacidade de realização. Mas é evidente que as coisas não se processam no estaleiro exactamente de acordo com este esquema simples.

Com efeito, na execução de uma tarefa pode haver erro de avaliação, pode não estar a tirar-se o rendimento normal do pessoal. Pode ainda ocorrer qualquer causa imprevista, por exemplo, falta de materiais ou condições favoráveis acidentais, de que possa resultar atraso o avanço em relação ao previsto para essa tarefa e que isso implique com outra, que esteja de momento impedida de começar ou de prosseguir normalmente. Há, então que ou deixar inactivo, durante alguns dias, o pessoal correspondente, ou utiliza-lo mal nesse período, ajudando outros, ou ainda, para evitar isso, ter um certo trabalho de reserva.

A duração da actividade e, consequentemente, do projecto é função de uma proporcionalidade directa entre a quantidade de trabalho a ser executado e o rendimento.

Feito isto, tem-se então, a programação da obra com datas de início e fim para cada actividade, além dos respectivos locais e responsáveis para a execução. Essa programação deve ser adequada quanto ao prazo de conclusão, quanto aos recursos necessários e quanto ao custo estimado, para que o projecto atinja os seus objectivos.

O planeamento sofre mudanças contínuas ao longo da sua implementação, o que obriga a constantes replaneamentos. É de extrema importância que haja uma crítica analítica do planeamento pelos responsáveis, que devem verificar a coerência das informações e as adequações quanto aos prazos para que o projecto se torne viável e realista.

3

METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA REDE CPM

3.1. ASPECTOS GERAIS DA TÉCNICA

Desde o surgimento das técnicas de análise com redes e do início do seu uso na construção, elas têm evoluído e diversificado em número de técnicas que representam interações bastante complexas com a finalidade de melhor representar o processo construtivo. São muitas as técnicas de redes e diversos os seus usos. Na indústria da construção as técnicas de PERT/CPM têm bastante uso. As análises de aplicação destas técnicas têm provado a sua validade e os seus grandes benefícios na fase inicial do planeamento da construção.

O método Pert/CPM foi desenvolvido com os seguintes objectivos [21]:

- minimizar problemas localizados de projectos, tais como atrasos, estrangulamentos da produção e interrupções de serviços;
- conhecer, antecipadamente, actividades críticas cujo cumprimento possa influenciar a duração total do programa;
- manter a administração informada quanto ao desenvolvimento, favorável ou desfavorável, de cada etapa ou actividade do projecto, permitindo a constatação, antecipada, de qualquer factor crítico que possa turbar o desempenho e permitir uma adequada e correctiva tomada de decisão;
- estabelecer o quanto e quando cada envolvido deverá iniciar ou concluir as suas atribuições;
- ser um forte instrumento de planeamento, coordenação e controlo.

Toda a informação sobre o factor tempo de um projecto deriva das durações das actividades, e uma vez desenhada a rede, passa-se à determinação do seu prazo mínimo de execução, bem assim como à identificação das actividades que a condicionam. Para isso torna-se necessário calcular um conjunto de duas datas associadas a cada actividade, o que é levado a cabo à custa da informação disponível.

O primeiro passo para levar a efeito o planeamento de um projecto é a identificação e caracterização das suas actividades. Requer um conhecimento pormenorizado da natureza dos trabalhos a realizar e envolve a definição de uma lista de todas as actividades do projecto e a caracterização de cada actividade.

O número de actividades incluídas na lista reflecte o grau de pormenor da análise do projecto, o qual depende dos objectivos em vista. Devem evitar-se inconsistências no detalhe com que se especificam as actividades. A caracterização de cada actividade é feita atendendo à interdependência em relação a

outras actividades, á sua duração, e se outros recursos para além do tempo forem envolvidos no planeamento, todas as limitações necessárias.

A representação das actividades, as suas durações e relacionamentos podem ser feitos utilizando-se grafos ou diagramas de precedências, como são chamados. Esses diagramas consistem num conjunto de setas e nós, em que as actividades são representadas pelas setas e os nós indicam o início e o fim das actividades. Não é permitido, porém, a ocorrência de dois nós, ou de dois arcos consecutivos. A relação nó-seta-nó deve ser respeitada. Contudo, várias actividades podem partir de apenas um nó ou vice-versa, quando é o caso de actividades com execução simultânea. Existe um nó inicial e outro final determinando o início e o fim do projecto. Uma determinada actividade inicia-se somente quando as actividades antecessoras estiverem concluídas, e a sua conclusão permite o início daquelas que a sucedam. Assim, as actividades ou um agrupamento delas são combinados de maneira sequencial ou simultânea de forma a delinear a construção da obra, definindo o progresso e o prazo da mesma. A Fig.3.1 exemplifica um diagrama de precedências. [41]

Algumas vezes pode-se utilizar uma actividade fictícia para relacionar uma actividade à outra sem interferir na lógica dos demais relacionamentos já determinados. Essa actividade fictícia não consome tempo ou recurso. Dessa forma, sua ocorrência deve efectivar-se quando houver problemas de identificação lógica, sendo necessário um nó adicional.

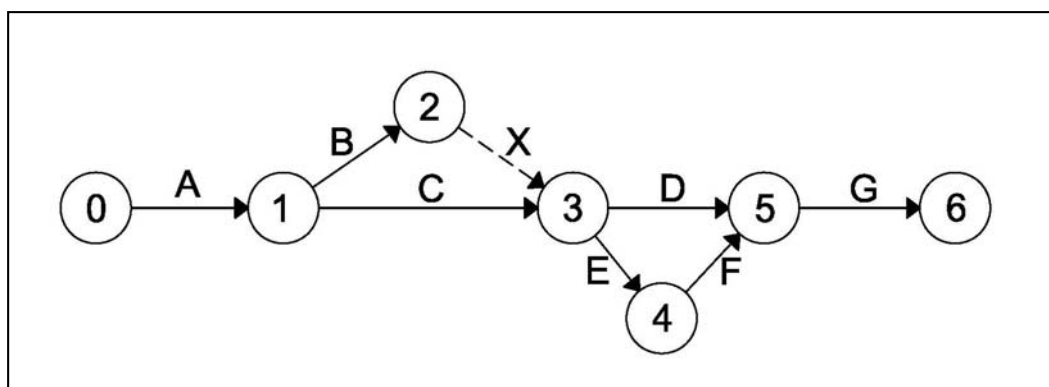


Fig.3.1 – Diagrama de Precedências de Actividades

Na Fig.3.1, as actividades estão representadas pelas setas de A até G e estas indicam a lógica de precedência. A seta X representa uma actividade “fictícia”, indicando que a execução da actividade D depende que a actividade antecessora (B ou C) com maior data de início mais cedo seja concluída, e não exclusivamente a actividade C. A execução da actividade G, por sua vez, depende que, ambas, as actividades D e F sejam concluídas, não necessitando de fictícia uma vez que a sucessora da actividade E é a actividade F e não a G como acontecia no caso anterior. O nó que marca o início do projecto está representado pelo número zero e o nó de término do projecto está representado pelo número 6.

A programação em PERT/CPM é elaborada a partir do diagrama de precedência já explicado no item anterior. O diagrama de precedências indica o progresso do projecto por meio dos relacionamentos e durações das actividades, e com isso, é definido o caminho crítico. O caminho crítico pode ser definido como sendo todo o caminho da rede que corresponder à maior duração na execução de um projecto e é composto por uma sequência de actividades denominadas críticas. Então,

as actividades que compõem o caminho crítico definem a duração total do projecto. Normalmente assinalam-se, na rede elaborada, as actividades definidoras do caminho crítico. [42]

Assim, é de crucial importância reconhecer essas actividades, pois qualquer atraso numa delas acarretará atraso na duração total do projecto com consequente aumento dos custos previstos.

O planeamento utilizando a técnica PERT/CPM utiliza alguns conceitos na elaboração do diagrama de precedências. Esses conceitos são:

- a) Data de Início mais Cedo (D.i.m.c): corresponde a data em que uma actividade pode-se iniciar, desde que, cumpridas todas as actividades antecessoras;
- b) Data de Início mais Tarde (D.i.m.t): corresponde à data-limite em que uma actividade deve se iniciar para que sua conclusão não ultrapasse a data de término mais tarde;
- c) Data de fim mais Cedo (D.f.m.c.): corresponde à data de término de uma actividade que se iniciou na Data de Início mais Cedo e teve seu tempo de duração respeitado;
- d) Data de fim mais tarde (D.f.m.t): corresponde a data-limite para uma actividade ser concluída de forma a não atrasar as actividades sucessoras;
- e) Margem Total (MT): tempo máximo que uma actividade pode se atrasar sem comprometer a conclusão do projecto;
- f) Margem Livre (ML): tempo máximo que uma actividade pode se atrasar sem comprometer o início mais cedo das actividades sucessoras;
- g) Margem Independente (MI): atraso máximo de uma actividade, sem impedir o arranque das suas sucessoras na data de início mais cedo e as antecessoras se concluam nas datas de fim mais tarde;
- h) Margem Dependente (MD): atraso máximo de uma actividade, sem impedir o arranque das suas sucessoras na data de fim mais tarde e as antecessoras se concluam nas datas de fim mais tarde;
- i) Actividade Crítica: Actividade cuja margem total é igual a zero;
- j) Caminho Crítico: Sequência de actividades, do início até ao fim, em que:

$$ML=MT=MI=0 \quad (3.1)$$

Qualquer atraso nestas actividades compromete o projecto. Normalmente assinalam-se, na rede elaborada, as actividades definidoras do caminho critico.

Relativamente ao cálculo das margens existem algumas diferenças no cálculo destas, consoante se utilize o método com actividades nas setas ou nos nós. Segundo o método com actividades nas setas as margens calculam-se da seguinte forma [14,34,44]:

- Margem Total – MT

$$MT = D.f.m.t - D.i.m.c - t \quad (3.2)$$

- Margem Livre – ML

$$ML = D.f.m.c - D.i.m.c - t \quad (3.3)$$

- Margem Dependente – MD

$$MD = D.f.m.t - D.i.m.t - t \quad (3.4)$$

▪ Margem Independente – MI

$$MI = D.f.m.c - D.i.m.t - t \quad (3.5)$$

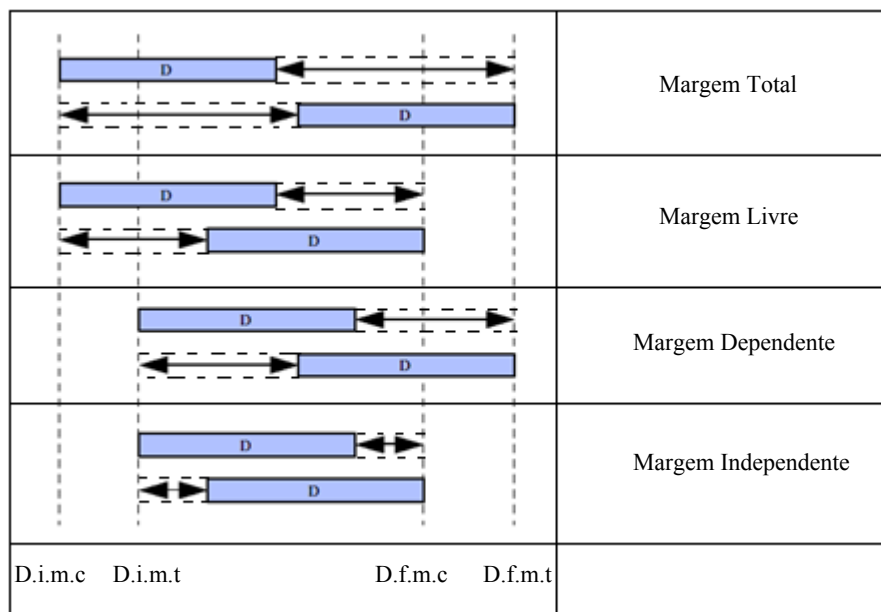


Fig.3.2 – Representação gráfica das folgas nas redes com actividades nas setas [14]

Nas redes com actividades nos nós, as folgas não podem ser calculadas utilizando o mesmo modelo adoptado para o método com actividades nas setas.

O modelo de cálculo torna-se mais complexo, à excepção da Margem Total cujo valor pode ser calculado, directamente, com os dados disponíveis na rede.

Os valores das restantes margens devem ser calculados considerando a actividade em análise (x) e as actividades antecessoras (x -i) e sucessoras (x+i). [29,34]

▪ Margem Total – MT

É calculada fazendo-se a diferença entre a data de fim mais tarde e início mais cedo de determinada actividade, subtraindo-se a duração, como visualizado na equação;

$$MT = D.f.m.t (x) - D.i.m.c (x) - t \quad (3.6)$$

Sendo:

x – actividade

t – duração

(x+i) – actividades imediatamente sucessoras de x

(x-i) – actividades imediatamente antecessoras de x

$D.f.m.c = D.i.m.c + t$

$D.i.m.t = D.f.m.t - t$

▪ Margem Livre - ML

A Margem Livre é obtida, fazendo-se a diferença entre o menor início mais cedo entre as actividades sucessoras e o início mais cedo da actividade antecessora, subtraindo-se a duração;

$$ML = \text{menor } D.i.m.c (x+i) - D.i.m.c (x) - t \quad (3.7)$$

▪ Margem Dependente – MD

A Margem Dependente é obtida diminuindo da data de início mais tarde da actividade, o maior valor das datas de fim mais tarde das actividades sucessoras.

$$MD = D.i.m.t (x) - \text{maior } D.f.m.t (x+i) \quad (3.8)$$

▪ Margem Independente – MI

A Margem Independente é obtida diminuindo do menor valor das datas de início mais cedo das actividades sucessoras, o maior valor das datas de fim mais tarde das actividades antecessoras e a duração da actividade em consideração.

$$MI = \text{menor } D.i.m.c (x+i) - \text{maior } D.f.m.t (x-i) - t \quad (3.9)$$

Salienta-se que a noção de Caminho Critico é de uma importância fundamental em planeamento pois, como se sabe, é ele que define o prazo de execução de um projecto.

Qualquer tentativa para reduzir esse prazo terá que incidir nas actividades críticas, sendo possíveis as seguintes hipóteses [20]:

- Transferir recursos (mão de obra, equipamentos, etc.) de actividades não críticas, e com grandes margens, para actividades críticas;
- Reduzir directamente a duração das actividades críticas pela aceleração dos seus trabalhos;
- Programar simultaneamente (em paralelo) actividades anteriormente previstas em sequência;
- Socorrer-se de novos recursos (novos tipos de equipamento, horas extraordinárias, trabalho por turnos, etc.).

No entanto, não se deve deixar de controlar as actividades não críticas porque apesar de terem margens, têm seus limites tanto para começar como para terminar. Se passarmos deste limite, as mesmas tornar-se-ão críticas. Por esta razão é conveniente calcular-se as margens das actividades. [14]

Quanto à representação, como já mencionado no cálculo das margens, existem praticamente dois métodos, mais conhecidos, para elaboração de uma rede de planeamento PERT/CPM.

Existem praticamente dois métodos, mais conhecidos, para elaboração de uma rede de planeamento CPM/PERT.

- “Actividades nas setas” que consiste em representar a rede, por setas ou linhas orientadas, que correspondem às actividades e por círculos ou nós, que representam os eventos. As setas, então, indicam a sequência de execução lógica das actividades. Além disso, as setas interligam os eventos que definem a data de início e a data de fim limite de cada actividade.

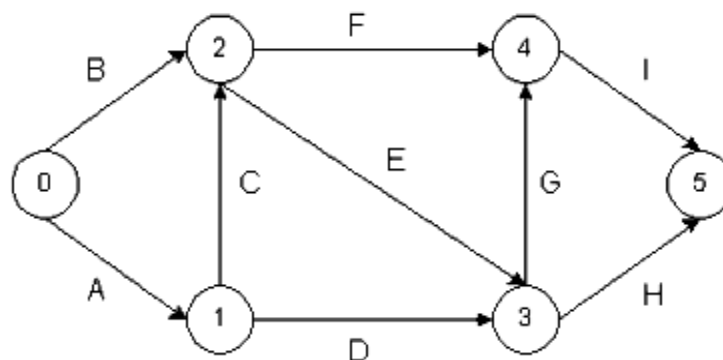


Fig.3.3 – Actividades nas setas [30]

- “Actividades nos nós” em que a representação gráfica se dá através de setas ou linhas orientadas que representam a ordem de ligação das actividades. Normalmente representa-se as durações das actividades num triângulo formado num canto dos rectângulos, rectângulos esses que representam as actividades.



Fig.3.4 – Representação das Durações [28]

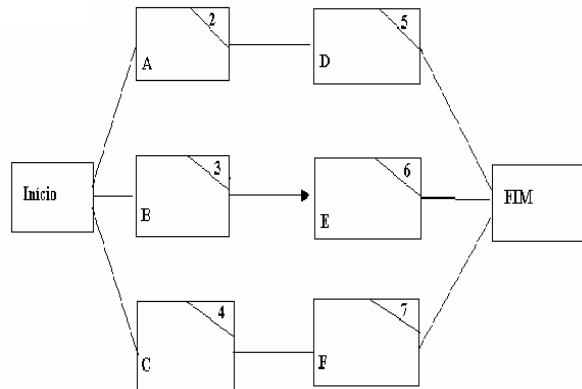


Fig.3.5 – Actividades nos nós [28]

A montagem de uma rede pelo método das actividades nas setas é de mais fácil utilização, especialmente quando se calcula os tempos e folgas vinculados a cada evento. O método das actividades nos nós permite uma visualização mais expedita. Porém, mais trabalhoso ao se determinar folgas e tempos correspondentes às actividades. [21]

3.2. PROPRIEDADES TÉCNICAS

Ao ser estabelecida uma rede, alguns cuidados devem ser tidos em conta, especialmente ao ser utilizado o método com as actividades nas setas, para isso é importante observar:

- eventos de início e de fim únicos
- a inexistência de ciclo fechado
- a unicidade das actividades
- actividades fictícias

As relações entre as actividades são relações de precedência, cujo conhecimento é um dado fundamental para o traçado da rede CPM do projecto. O passo seguinte a ser dado é a construção da rede. As actividades serão então representadas por setas, sendo os nós eventos (ou acontecimento). A rede tem por convenção apenas um nó de início e um nó de fim. Os nós são numerados de tal forma que para toda a actividade (i, j), com início no nó i e fim no nó j, se verifique a desigualdade $i < j$ [26].

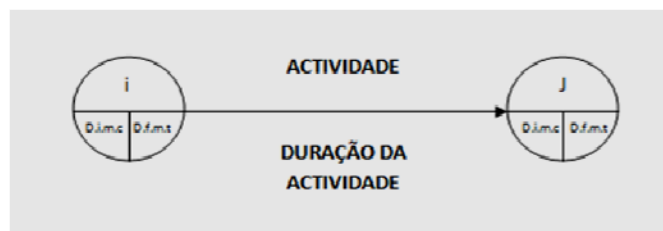


Fig.3.6 – Actividades nas setas

Na construção de um diagrama de precedências é preciso cuidado para evitar ciclos e omissão de relacionamentos. Um ciclo ocorre quando uma actividade passa a ser precedente dela própria, isto é, os ciclos surgem quando, por exemplo, uma actividade A precede a actividade B, a actividade B precede a actividade C, e por fim, a actividade C precede a actividade A. Essa rede de relacionamento impossibilita que o projecto se inicie ou termine.

A omissão de relacionamentos necessários entre duas actividades pode causar simultaneidade na execução, e isso acarreta custos adicionais para correcção no local ou problemas na qualidade do produto.

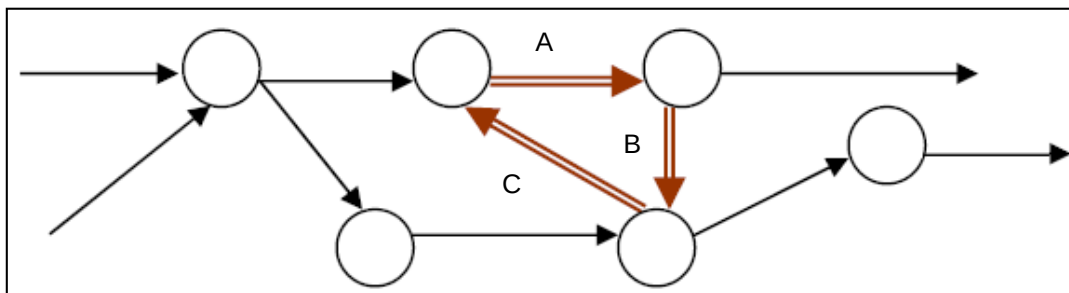


Fig.3.7 – Exemplo de um Ciclo [21]

O CPM permite uma análise lógica e a manipulação dessa rede de actividades a fim de determinar a melhor programação para execução do projecto.

A aplicação do PERT/CPM recomenda que entre dois eventos consecutivos corra apenas uma única actividade.

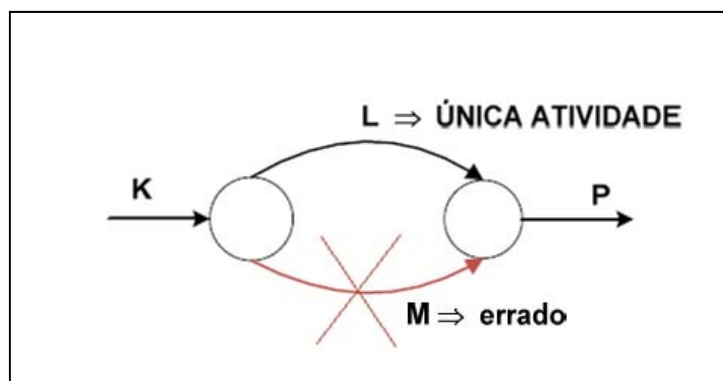


Fig.3.8 – Unicidade das actividades [21]

Havendo a necessidade de estabelecer duas actividades entre dois eventos consecutivos, o artifício proposto é criar uma actividade denominada fictícia. [21] Por vezes, no desenho de rede, é necessário utilizar estas actividades que traduzem unicamente relações de precedência e não utilizam/consomem recursos, têm pois duração nula. Convém minimizar a utilização de actividades fictícias no sentido de encontrar a rede ideal que traduz o projecto. A necessidade de interpor uma actividade fictícia ocorre quando há uma repetição de dependência. A repetição de dependência é caracterizada quando uma actividade é dependente de duas ou mais actividades que lhe são precedentes. Pode-se definir actividade fictícia como a representação de uma actividade que visa solucionar problemas de interdependência entre actividades ou estabelecer uma melhor comunicação gráfica. [43]

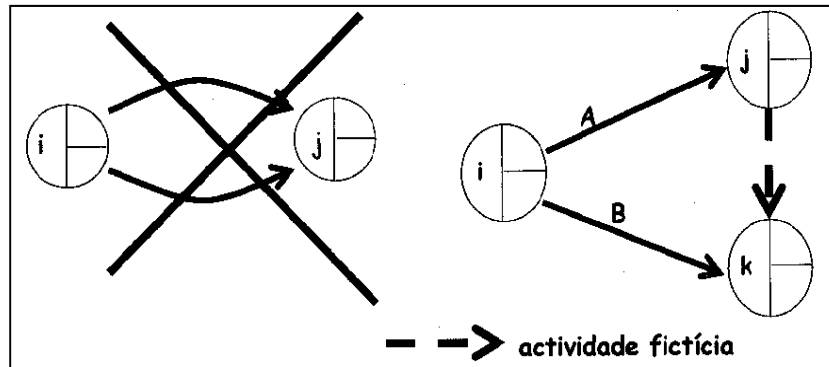


Fig.3.9 – Actividade fictícia [29]

As redes PERT/CPM (com actividades nas setas) contendo toda a informação, ficam muito "confusas" para o utilizador. As redes de actividades nos nós são mais simples na representação. São constituídas por actividades nos nós, (em geral rectangulares), e por relações de dependência definidas pelas setas.

O seu desenvolvimento teve como objectivo a simplificação da representação e da metodologia de cálculo do CPM.

A rede de blocos utiliza a representação das actividades através de nós (ou blocos), sendo por esse motivo também conhecido como diagrama de blocos. Os blocos especificam o nome da actividade, a sua duração bem como as respectivas datas de início e fim mais cedo e mais tarde.

As setas, por sua vez, indicam, simplesmente, relações de precedência entre actividades. Porém, o modo de calcular tempos e folgas é similar ao método com actividades nas setas.

Ao ser elaborada uma rede em que as actividades são representadas nos nós, é recomendável caracterizar o evento início e o final da rede por um bloco de início e outro de fim.

Este procedimento permite a perfeita caracterização do início e do final da rede. Caso contrário poder-se-á obter uma rede que apresente diversos inícios ou finais, facto que colide com as exigibilidades contratuais e, também, pode levar a equívocos quanto à determinação dos tempos de início e de fim de cada actividade intermediária da rede.

A actividade (bloco) onde é originada uma dependência é denominada de predecessora, por sua vez, a actividade (bloco) onde é finalizada uma dependência é denominada de sucessora.

Para uma mesma sequência de actividades, de um projecto representado por uma rede com actividades nas setas, e a mesma sequência através de uma rede com actividades nos nós, constatamos que se torna desnecessária a introdução de actividades fictícias, o que reduz significativamente o esforço envolvido tanto nos cálculos, quanto no desenho. [23]

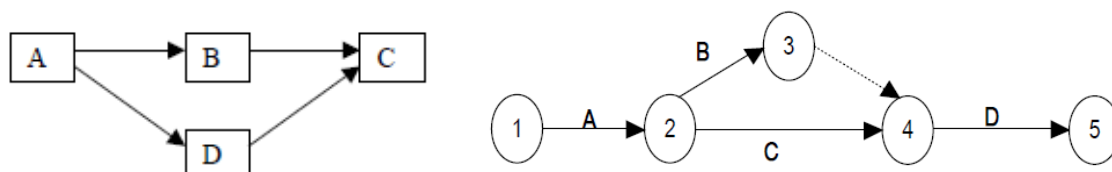


Fig.3.10 – Sequência de actividades sem e com necessidade de fictícia respectivamente [23]

Como referido anteriormente, em redes de Blocos, os nós caracterizam actividades e as setas simples relações de precedência. As setas indicam precedências (a actividade A precede a actividade B, ou seja, a restrição imposta à execução da actividade B é terminar A).

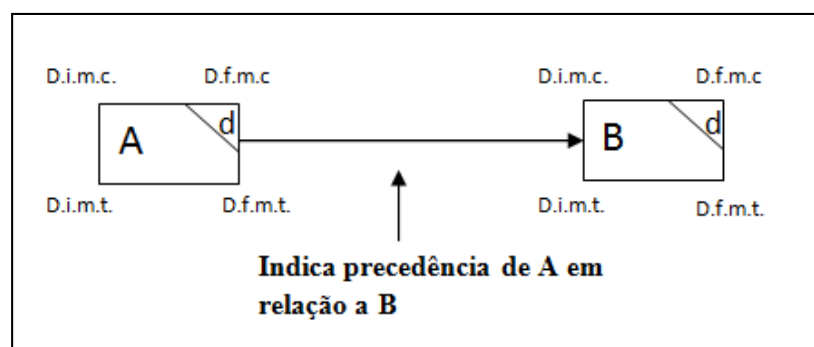


Fig.3.11 – Actividades nos nós e forma de representação dos tempos

Em cada bloco, é registado o nome da actividade, a sua duração, e as datas mais cedo e mais tarde, de início e de fim da actividade.

As datas que caracterizam os eventos de início e de fim das actividades e a margem total são calculadas a partir das datas estabelecidas e da duração.

3.3. METODOLOGIA PARA O TRAÇADO DA REDE CPM COMO MEIO DE PLANEAMENTO

3.3.1. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA CPM

A metodologia proposta para o planeamento de projectos de construção, utilizando redes CPM segue os seguintes procedimentos [21]:

1. Definir a natureza do projecto e seus objectivos;
2. Propor possíveis alternativas para a execução do projecto;
3. Estabelecer a tecnologia a ser utilizada;
4. Definir a WBS;
5. Estabelecer as relações de dependência entre as actividades;
6. Definir o nível de controlo;
7. Definir e quantificar os atributos das actividades, tempo e custo;
8. Construir a rede CPM;
9. Calcular os tempos mais cedo e mais tarde de cada evento e a duração total da rede;
10. Calcular as folgas do evento;
11. Calcular as folgas da actividade;
12. Estabelecer o Caminho Critico;
13. Definir os recursos para cada actividade;
14. Ajustar a rede segundo as restrições de tempo e recursos exigidos para cada alternativa proposta;
15. Efectuar a programação definitiva da melhor alternativa estudada.

Na elaboração do traçado da rede cria-se o conceito de linha de referência ou nível. Os níveis a definir dependem do nível das tarefas antecessoras que possuem [29]:

Nível 1 – Actividades sem antecessoras

Nível 2 – Actividades cujas antecessoras são, todas de nível 1

Nível 3 – Actividades cujas antecessoras são, no mínimo de nível 2

etc.

Relativamente à determinação e representação, na elaboração de uma rede CPM, dos níveis das actividades, apresenta-se um exemplo onde se pode verificar o nível a que está associada cada tarefa.

Quadro 3.1 – Determinação dos níveis das actividades

Actividade	Antecessoras	Duração	Nível
A	---	3	1
B	---	2	1
C	---	3	1
D	A	8	2
E	D	4	3
F	C	5	2
G	F	1	3
H	F	6	3
I	B	3	2
J	G,I	2	4
K	E	10	4
L	H,J,K	5	5
M	E	4	4

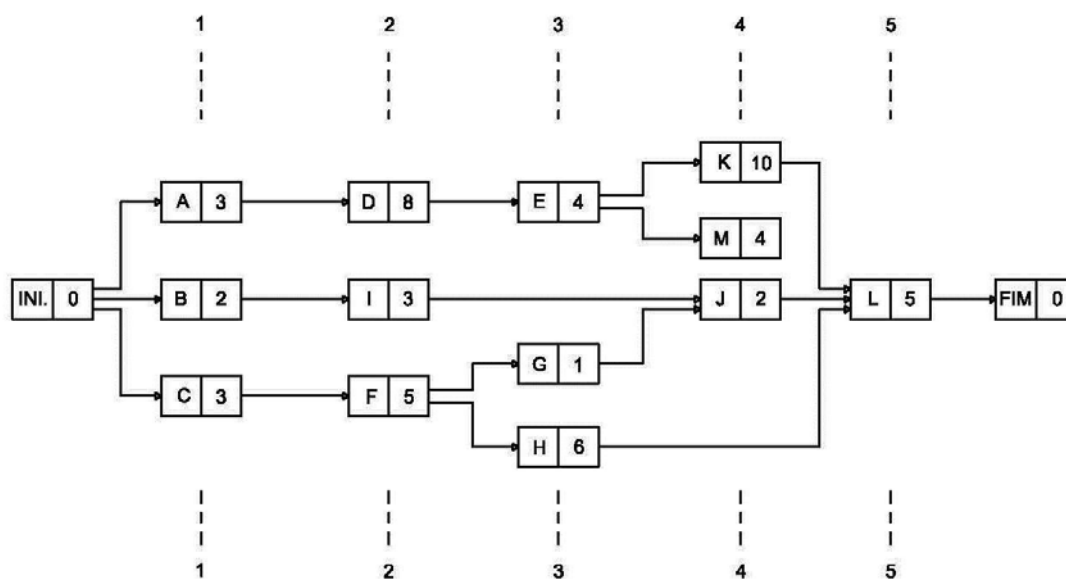


Fig.3.12 – Representação gráfica dos níveis na elaboração de uma rede

É muito comum dispor-se de um tempo relativamente curto para a execução de um empreendimento. Deste modo, recomenda-se dois procedimentos quando se planeia uma rede: o primeiro é dimensionar as equipas no limite de tempo tecnológico; o segundo, desenvolver, quando possível, actividades em paralelo. No entanto um cuidado que se deve ter é quanto à redução dos tempos de actividades que não integrem o caminho crítico, pois ao reduzir-se o tempo de execução dessas actividades, pode-se libertar mão-de-obra para outros serviços, facto que reduz o custo global de execução.

3.3.2. PLANEAMENTO DO PRAZO

Dadas estas convenções, podemos pensar agora, na construção das redes. Para isso, é necessária a existência de uma lista das actividades individuais do projecto a estudar e das suas relações de precedência. O desenho da rede era um processo de tentativas e seria sempre necessário um rascunho. Actualmente com o recurso a computadores e aplicações informáticas, como o MS Project, esta tarefa tornou-se muito mais fácil e rápida, permitindo alterações, não sendo por isso necessária a elaboração de rascunhos para o traçado da rede.

O método CPM tem como objectivo principal, por um lado, indicar o tempo que será necessário para a conclusão do projecto, e por outro, indicar quais as actividades que contribuem directamente para essa duração (actividades críticas).

Para ajudar a conseguir estas respostas é fundamental que a rede de precedências seja usada como suporte. É importante notar que um pressuposto fundamental para a técnica CPM é de que as durações das actividades são conhecidas e determinísticas (valores exactos, não probabilísticos). [19]

Relativamente às actividades, existem quatro instantes de tempos associados a cada uma como já foi referido anteriormente:

- D.i.m.c – Data de início mais cedo;
- D.f.m.c – Data de conclusão mais cedo = $D.i.m.c + d$;
- D.f.m.t – Data de conclusão mais tarde;
- D.i.m.t – Data de início mais tarde = $D.f.m.t - d$.

Pode ver-se na Fig.3.13 a rede do exemplo que estamos a considerar, com todos os tempos calculados para as actividades. A partir do momento em que estes instantes de tempo são calculados podemos responder à questão da duração do projecto que é de 12 dias. Quanto à resposta para a segunda questão (quais as actividades críticas) temos necessidades do acontecimento dos seguintes conceitos:

O caminho crítico é constituído pela sequência mais longa das actividades que ligam o nó inicial da rede ao seu nó final, determinando, portanto, o prazo mínimo de execução do projecto. No exemplo abaixo Fig.3.13, ele é constituído pelas actividades C e F.

As Actividades críticas são as que integram o caminho crítico e contribuem directamente para a duração do projecto.

Por isso, qualquer atraso numa actividade crítica provocaria atraso na conclusão do projecto. No exemplo analisado, elas são a C e a F.

Vejamos, para o exemplo da tabela abaixo, o cálculo dos tempos referidos:

Quadro 3.2 – Durações das Actividades

Actividade	Precedência	Duração
A	---	5
B	---	4
C	---	3
D	A	1
E	C	2
F	C	9
G	C	5
H	B,D,E	4
I	G	2

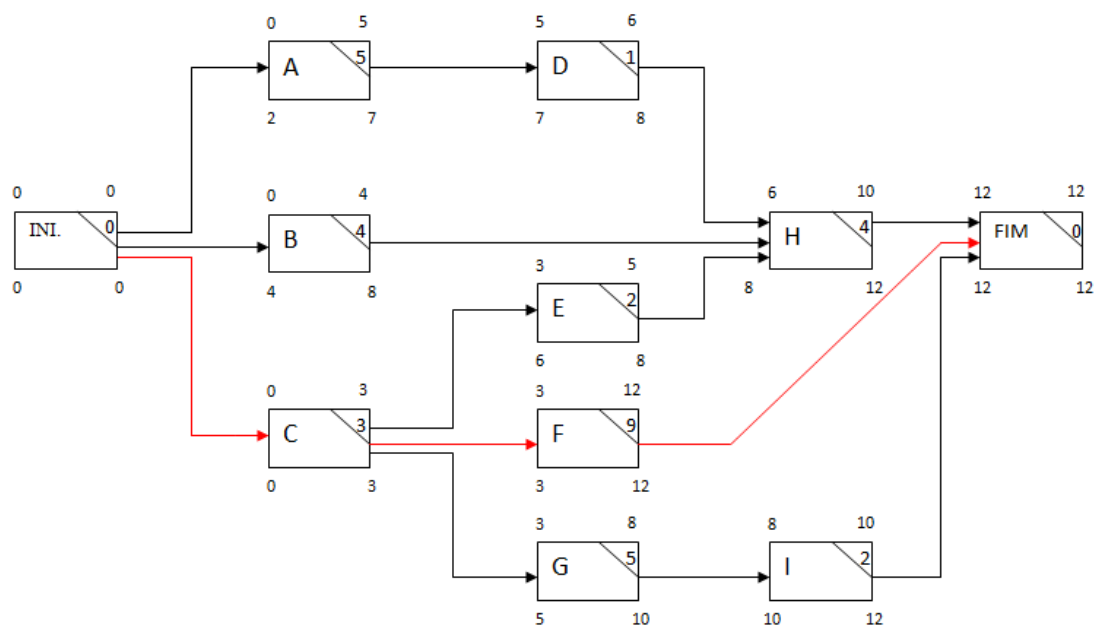


Fig.3.13 – Representação da rede

A margem representa a diferença entre a duração da actividade e o tempo que o projecto permite para a actividade, é o intervalo de tempo que a actividade tem para ser levada a cabo, entre o instante em que pode ter início e o limite máximo onde tem que estar concluída. Apenas as actividades não críticas tem folga, as actividades críticas tem folga igual a zero, ou por outras palavras, não tem folga.

3.3.3. PLANEAMENTO COM RESTRIÇÃO DE RECURSOS [19]

Um projecto de construção pode ser programado com as técnicas já referidas atrás (onde se consideram os recursos ilimitados), mas se se considerarem recursos limitados, não será certamente praticável a programação resultante, podendo ser consideradas diferentes técnicas.

Existem essencialmente dois tipos de restrições: as de precedência entre actividades, já abordada anteriormente, e as relativas à utilização de recursos. As restrições de precedência definem dependências entre actividades. Por sua vez as restrições relativas aos recursos limitam a utilização destes ao longo de um ou vários períodos de tempo.

Quando consideramos, neste tipo de problema, as restrições de recursos, passamos a ter um problema intrinsecamente difícil, não sendo fácil encontrar soluções óptimas. Não é possível formular este tipo de problemas através da programação linear, embora exista a formulação em programação inteira. Os únicos métodos que serão aqui apresentados são heurísticos que, como se sabe, não garantem que se encontre a solução óptima. Recursos limitados incluem materiais, componentes comprados e montados, trabalho manual por especialidades, espaço para produzir ou guardar stock, capital disponível, etc. O desenvolvimento de programação de projectos sem consideração de recursos limitados ou escassos levará a resultados impraticáveis para implementação. Como exemplo considere-se a rede e o respectivo diagrama de Gantt apresentados na Fig.3.14.

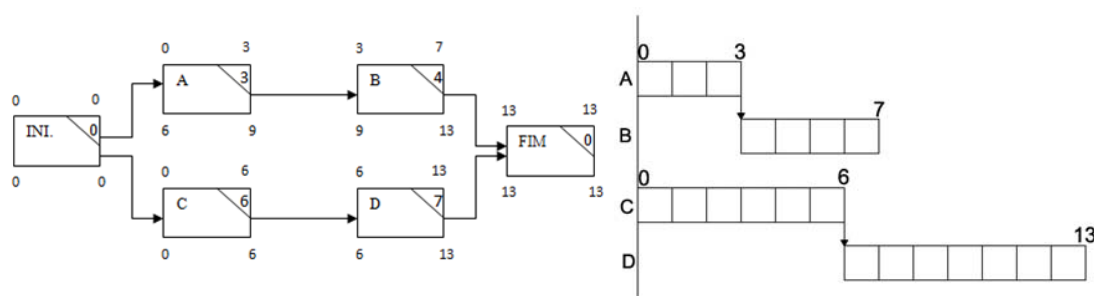


Fig.3.14 – Rede e Diagrama de Gantt correspondente

Suponhamos que cada uma das quatro tarefas requer operários e que cada operário permanece na mesma tarefa do princípio ao fim. O número de operários para cada tarefa é o seguinte:

Quadro 3.3 – Nº de operários por actividade

Actividades	Nº de Operários
A	2
B	2
C	3
D	2

Suponhamos que o número de operários disponíveis em qualquer altura é de 4. Se o projecto for programado como no gráfico de Gantt visto atrás, a necessidade de recursos no tempo será a representada na Fig.3.15.

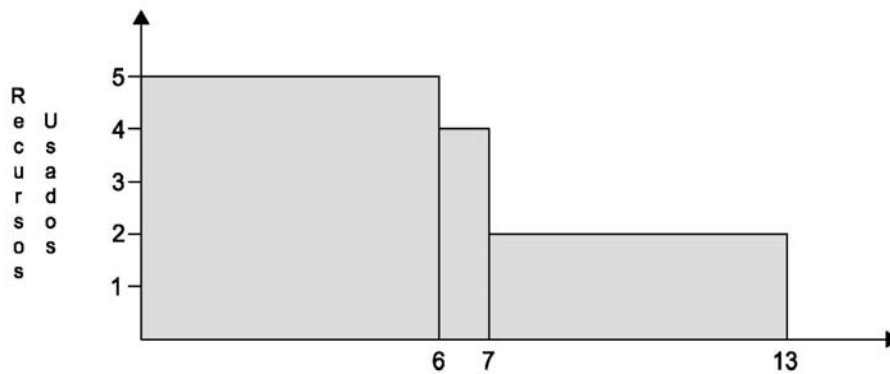


Fig.3.15 – Nível de recursos para o planeamento executado na figura 3.14

É claro que esta solução é impraticável já que só existem quatro operários disponíveis. No entanto se atrasarmos o início dos trabalhos A e B de 6 unidades de tempo, a programação ficará, do mesmo modo, com 13 unidades de tempo e permitirá a utilização simultânea dos quatro operários disponíveis, como se pode ver na Fig.3.16.

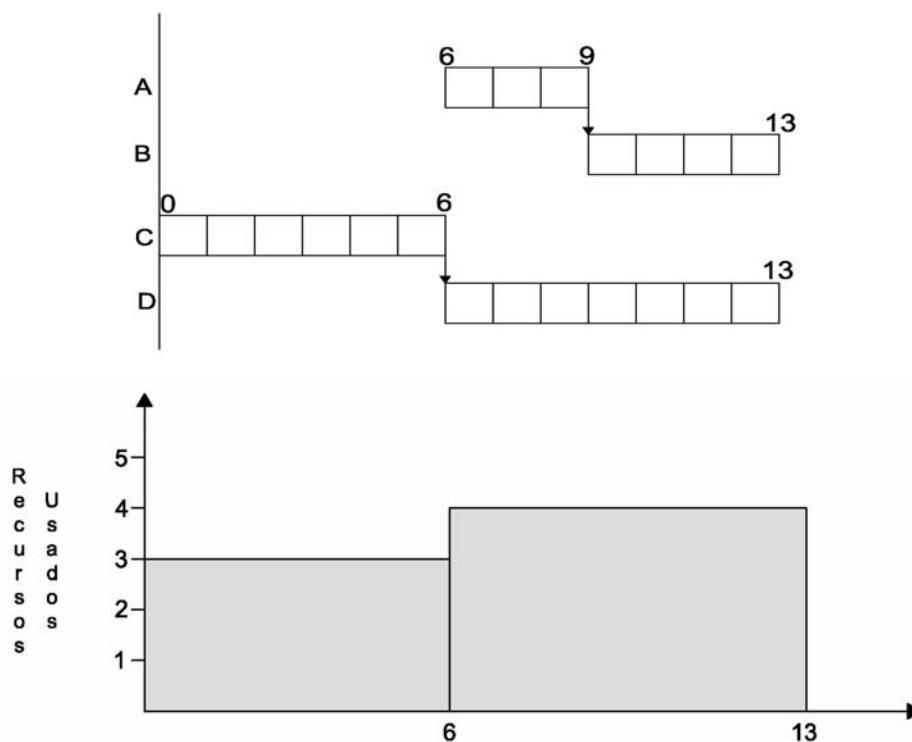


Fig.3.16 – Novo planeamento e respectivo nível de recursos usados

3.3.4. NIVELAMENTO

O Nivelamento de Recursos, em inglês chamado de “*Resource Leveling*”, é uma técnica que evita uma elevada necessidade dos mesmos. Os recursos são retirados de actividades não críticas e colocados em actividades críticas. Porém, apesar do nivelamento garantir que os recursos não são super-estimados,

evitando picos, o método normalmente aumenta o prazo do projecto. Sendo assim, análises de custos e prazos devem ser feitas antes do nivelamento e verificadas novamente após a aplicação do método.

Muitos gestores de projecto, erroneamente, fazem o nivelamento já na fase de execução, quando percebem que não possuem tantos recursos como o planeado no cronograma. E após a aplicação do método chegam à conclusão que precisam renegociar o prazo, pois os picos dos recursos foram nivelados e assim o tempo estendido. [35]

A técnica aborda situações em que os recursos necessários ou compartilhados estão disponíveis somente em determinados períodos ou em quantidades limitadas. Sendo essa a realidade de praticamente todos os projectos, o Nivelamento de Recursos torna-se fundamental para um bom plano de gestão do tempo.

O objectivo mais comum da programação de recursos é obter uma distribuição o mais uniforme possível do total de recursos necessários no tempo.

O Problema do Nivelamento de Recursos surge quando há recursos em quantidade suficiente, mas por alguma razão torna-se necessário reduzir as flutuações do padrão de utilização. O objectivo da programação neste caso é uniformizar o mais possível as necessidades de recursos; como não há limites de recursos, o processo de nivelamento consiste em manipular somente as actividades não críticas, utilizando suas folgas disponíveis. Agindo deste modo, sem manipular as actividades críticas, a duração do projecto permanece fixa.

Numerosos procedimentos heurísticos têm sido desenvolvidos para o nivelamento de recursos. A ideia básica destes procedimentos é produzir um histograma de recursos, gerado a partir da programação das actividades nas suas primeiras datas possíveis de início, e de acordo com um conjunto particular de regras, deslocar as actividades não críticas para unidades de tempo posteriores, até que o histograma esteja nivelado. No que toca à optimização analítica, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos, mas trazem o inconveniente de servir apenas às redes de pequeno tamanho.

Em virtude da complexidade matemática inerente aos projectos com milhares de actividades e dezenas de recursos, não existe uma técnica que permita a obtenção de uma solução óptima para o problema de nivelamento de recursos, ou seja, a minimização do máximo requerido de recursos para um projecto em qualquer ponto do tempo.

3.3.5. APLICAÇÕES INFORMÁTICAS

Ao longo das últimas décadas foram surgindo (e continuam a surgir) programas informáticos de planeamento de obras. A maior parte deles não se destina, especificamente à construção civil e foram concebidos para planear empreendimentos de qualquer tipo. [5]

Não constitui segredo para ninguém que ocorreu uma transformação na nossa sociedade com o aparecimento da Informática, que veio introduzir modernos meios tecnológicos. O computador veio introduzir alterações significativas na nossa forma de trabalhar, de viver e de comunicar. Na realidade esta máquina intervém de forma importante em grande parte das nossas actividades, desde as de trabalho até às de lazer.

O uso do computador, junto com aplicações informáticas vieram trazer rapidez, simplicidade e eficácia. De uma forma simplificada pode-se dizer que o computador e as aplicações informáticas são uma máquina de cálculo que permitem guardar informação e realizar operações matemáticas com uma rapidez tal, que ultrapassa largamente a capacidade humana para realização dessas tarefas. É importante referir que, no entanto, os computadores não substituem o ser humano pois não resolvem

os problemas por si só. Na realidade, estas aplicações seguem instruções que são fornecidas por quem está a elaborar o planeamento, portanto, qualquer erro existente no programa poderá afectar irremediavelmente a execução da tarefa.

É importante referir que não se deve recorrer ao computador sem [5]:

- preparar muito bem os dados-base;
- admitir várias hipóteses de duração programada;
- partir de um encadeamento explícito ou implícito de um gráfico de barras.

Os programas computacionais de análise com redes facilitam o estabelecimento do planeamento e programação da actividade construtiva. São rápidos e rigorosos nas suas respostas podendo-se simular rapidamente várias soluções e encontrar alternativas às soluções propostas. Apresentam vantagens, principalmente nas situações em que o processo construtivo se apresenta complexo e necessita de uma avaliação mais detalhada ao nível das tarefas e actividades da construção. Neste contexto tem encontrado um campo mais alargado de aplicação nas grandes obras.

A automatização generalizada em todos os sectores permitiu que a informática se adaptasse à técnica PERT/CPM. Aplicativos como o *MS Project*, o *Primavera* e outros da mesma classificação utilizam-na de diversas formas, quer isoladamente quer em conjunto com outras ferramentas, apresentando as redes de planeamento simples, de fácil visualização e entendimento. Da mesma forma muitos aplicativos gráficos dispõem de modelos quando não direccionadas, adaptáveis à construção de redes. O aplicativo *Smart Draw* nas suas últimas versões disponibilizou dezenas de modelos para redes de setas ou de blocos, tornando a tarefa de desenhar redes de planeamento uma mera metáfora de “clicks” e arrastos.

A elaboração de uma rede PERT/CPM pode, simplesmente, ser guardada, num arquivo informático sem que para isso tenhamos que recorrer à sua materialização sob a forma de papel. Esta forma de trabalhar veio diminuir o volume físico de papel dos documentos. Permite que se altere um documento sem ter de recorrer a correctores. Inerentemente, esta situação introduziu também rapidez em aceder a um determinado documento, de forma praticamente instantânea. A celeridade no processamento é também visivelmente útil em situações de cálculo matemático.

A facilidade de modelagem computacional dá resposta e velocidade às decisões e possibilita acompanhar as mudanças das restrições, quando estas são mais voláteis. Para além de vantagens na programação a principal utilidade da informática é a facilidade de fazer controlo.

A utilização de simulação computacional potencializa a utilização das técnicas de gestão, dando à empresa uma maior capacidade adaptativa conforme ocorram as mudanças de cenário, possibilita a avaliação de diversas restrições, sendo mais uma ferramenta ao serviço do gestor para a maximização dos ganhos no projecto.

4

METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO (LOB)

4.1. ASPECTOS GERAIS DA TÉCNICA

Existem diversos métodos de planeamento e controlo na construção civil, entre os quais se destacam desde técnicas mais simples como o Diagrama de Barras ou Gráfico de Gantt até as Redes PERT/CPM. Essas técnicas apresentam grande facilidade de aplicação para determinados tipos de obras onde não existe um considerável número de repetições, pelo facto das mesmas não levarem em conta a simplificação que a repetição oferece.

Alguns profissionais e investigadores manifestaram a sua decepção com o CPM, quando aplicado em projectos repetitivos. Um dos principais motivos foi a vulnerabilidade do CPM às mudanças de sequência de trabalho entre as actividades repetitivas, o que em projectos repetitivos é uma questão de escolha e de estratégia e frequentemente depende de circunstâncias imprevistas. [10]

A técnica da Linha de Balanço é um método de programação que teve origem na indústria. Foi desenvolvida pela Marinha Americana no início da década de 50 e vem sendo utilizada em projectos de natureza repetitiva, tais como conjuntos habitacionais, edifícios de múltiplos pavimentos e construção de estradas, entre outros. A Linha de Balanço (LOB) tem como objectivo obter ou avaliar a taxa de fluxo dos produtos acabados numa linha de produção. [15]

O LOB utiliza o conceito de linhas de fluxo ou curvas de produção, estabelecendo ritmos de produção para cada processo, o que a faz tirar proveitos da repetitividade.

As características da LOB são:

- determinar uma razão de produção;
- manter a produção uniforme;
- aumentar a produtividade;
- obter benefícios da repetitividade;
- otimizar o emprego dos recursos;
- encurtar a duração do projecto.

A Linha de Balanço baseia-se em conceitos de que a produção máxima é encontrada quando se estabelece um fluxo contínuo de trabalho entre as equipas. A continuidade da actividade em todas as unidades repetitivas terá benefícios como melhoria da produtividade da equipa, pelo efeito da mecanização da tarefa, melhor fluxo das equipas de trabalho, facilidade na gestão das equipas e maior facilidade na programação dos elementos que se encontram em falta.

A representação gráfica das actividades pelo método da Linha de Balanço pode apresentar duas configurações distintas. As duas configurações que os gráficos LOB poderão apresentar serão válidas, tendo em atenção as devidas diferenças na elaboração do seu traçado, consoante o tipo de representação que se pretenda utilizar.

As primeiras representações em Linha de Balanço surgiram com a sua representação gráfica em barra, o que poderá causar, numa primeira análise, alguma dificuldade de compreensão devido à espessura apresentada pela barra, que representa a actividade, ao longo do tempo.

Outra maneira de representar graficamente as Linhas de Balanço, como o próprio nome indica, é através de uma linha unindo o início e o fim da actividade ao longo das diversas unidades de repetição.

Actualmente a representação em linha tenderá a ser mais utilizada devido à sua maior facilidade de compreensão na representação e controlo das várias actividades que compõem o planeamento de um projecto. Isto está patente, quando utilizamos ferramentas informáticas para a execução do planeamento em Linhas de Balanço, pois estas adoptaram este tipo de representação em detrimento da representação em barra.

No entanto em termos de exemplificação de alguns casos adoptou-se a representação das actividades em barras, por esta se tornar mais compreensível, nomeadamente, nos casos em que se pretenda demonstrar a utilização de mais do que uma equipa em simultâneo na execução das tarefas.

Na figura a seguir (Fig.4.1) pretende-se demonstrar quais as diferenças e como interpretar a representação gráfica das actividades, pela metodologia da Linha de Balanço, utilizando a representação em linha ou em barra.

Para uma melhor percepção, compreensão e exemplificação adoptou-se como unidade de repetição o piso.

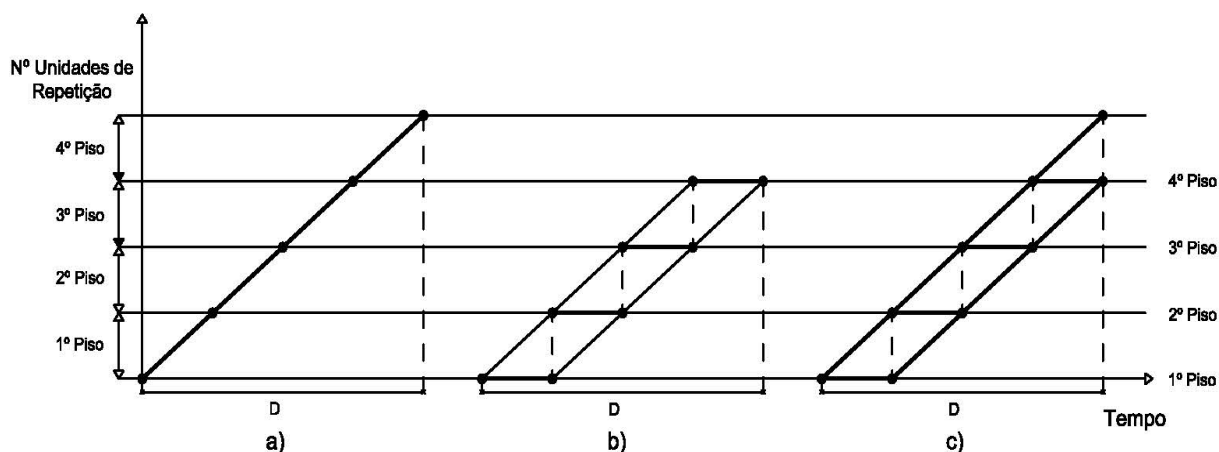


Fig.4.1 – Diferentes maneiras de representação gráfica da LOB

Quando a representação gráfica da LOB é feita em linha (Fig.4.1 a)), esta é definida como sendo uma variável contínua, pois pode assumir qualquer valor numérico num determinado intervalo de tempo. A execução da tarefa em causa dá-se continuamente ao longo do tempo, isto é, cobre um intervalo de valores sem vazios, interrupções ou saltos. Neste tipo de representação o número de unidades de repetição (pisos) dá-se ao longo do eixo das ordenadas, como constatável na figura 4.1 a).

Por sua vez se a representação se executar em barra, (Fig.4.1 b)) esta deverá ser tratada como uma variável discreta, uma vez que o número de valores possíveis é um número inteiro, não havendo

nenhum valor intermédio, isto é ou encontro-me no 1º piso ou no 2º piso e assim sucessivamente. Neste caso a representação das unidades de repetição (piso), está representada segundo o eixo das abcissas coincidente com o tempo como é verificável observando a representação dos pisos no lado direito da Figura 4.1.

Este tipo de representação significa que a actividade se desenvolve ao longo do eixo das abcissas provocando um salto entre a conclusão desta no primeiro piso e o início da respectiva actividade no piso seguinte.

O declive/inclinação de cada recta indica a produtividade ou ritmo no qual a actividade deverá ser executada. O seu ritmo é definido como sendo a razão entre a duração da actividade e o número de unidades de repetição. A sua duração é determinada entre o ponto inicial da actividade e o seu término Fig.4.1 c). [37]

Quando se pretende controlar o planeado, esse controlo pode ser efectuado através da análise do tempo de execução em função da percentagem de trabalho concluído.

Tomemos como exemplo a Fig.4.2 onde a representação da actividade se dá através de linhas.

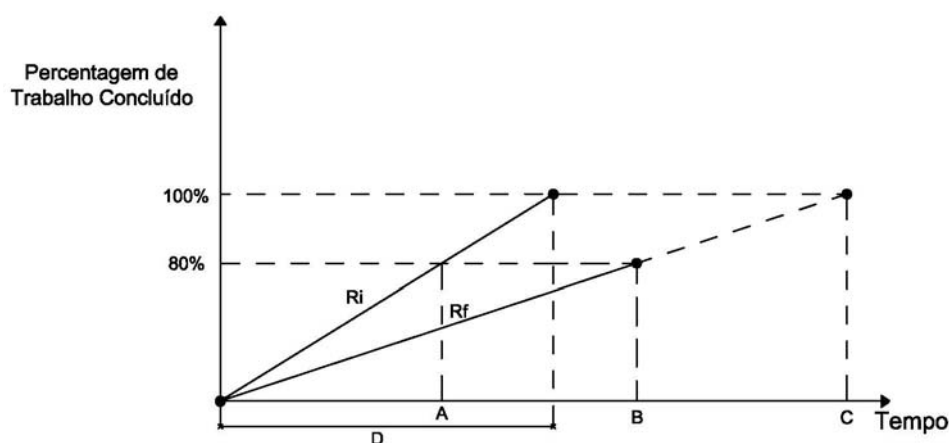


Fig.4.2 – Exemplo de controlo do planeado em LOB com representação em linha

Ao elaborar esse controlo constatamos que a actividade que está a decorrer se encontra atrasada, pois se definirmos como ponto de controlo 80% da mesma, verificamos que esta deveria estar no ponto A, se executada segundo o ritmo inicial (Ri) planeado. No entanto verificou-se que só em B é que se tinha concluído os 80% da actividade. Este atraso vai dar origem a um novo ritmo, ritmo, esse a que foi executada a actividade.

$$R_f = \frac{B}{80\%} \quad (4.1)$$

Se o ritmo final (Rf) se mantiver constante estima-se que a actividade só acabará em C.

Na Fig.4.2 verifica-se claramente que o ritmo final (Rf) é mais lento do que o que foi inicialmente planeado. O método de representação em linha torna-se mais intuitivo, não sendo preciso calcular o ritmo para traçar o gráfico.

Se considerarmos agora que este controlo se vai efectuar através das actividades representadas em barra, verificamos que além da representação por barras não ser intuitiva, é necessário calcular os ritmos manualmente para se obter uma previsão do fim da actividade, uma vez que as escalas (duração e percentagem de trabalho concluído) se sobrepõem.

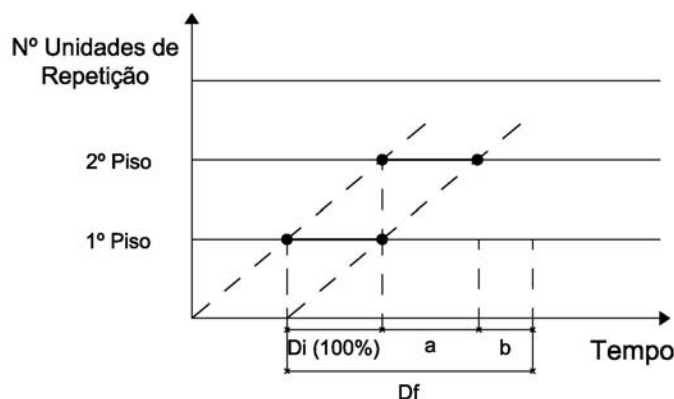


Fig.4.3 – Exemplo de controlo do planeado em LOB com representação em barra

Verificou-se que a 80% da percentagem de trabalho concluído a actividade já tinha uma duração xf, sendo xf a duração inicial da tarefa mais o atraso no ponto de controlo. Para prever quando a actividade acabará, teremos de recorrer a expressões matemáticas as quais se apresentam a seguir:

$$R_i = D_i / 100\% \quad (4.2)$$

$$R_f = x_f / 80\% \quad (4.3)$$

$$D_f = x_f + R_f \times 20\% = D_i + a + b \quad (4.4)$$

Sendo:

D_i = duração prevista/planeada para 100% de trabalho concluído

$x_f = D_i + a$

R_i = ritmo inicial

R_f = ritmo final depois de ocorrido o atraso

D_f = duração final prevista ocorrido o atraso

Esta representação torna-se menos prática e intuitiva, dificultando mais o controlo, o que torna esta representação menos aconselhável em detrimento da representação em linha.

Analizadas as diferenças entre os dois tipos de representação, pode-se adoptar qualquer uma das representações, em linha ou em barra, para se elaborar o planeamento em LOB.

A LOB consiste basicamente em traçar num par de eixos cartesianos linhas que representam actividades e o seu respectivo andamento, Fig.4.4. No eixo das abcissas encontra-se representado o tempo e no das ordenadas os valores acumulados do andamento do planeado para cada unidade de repetição.

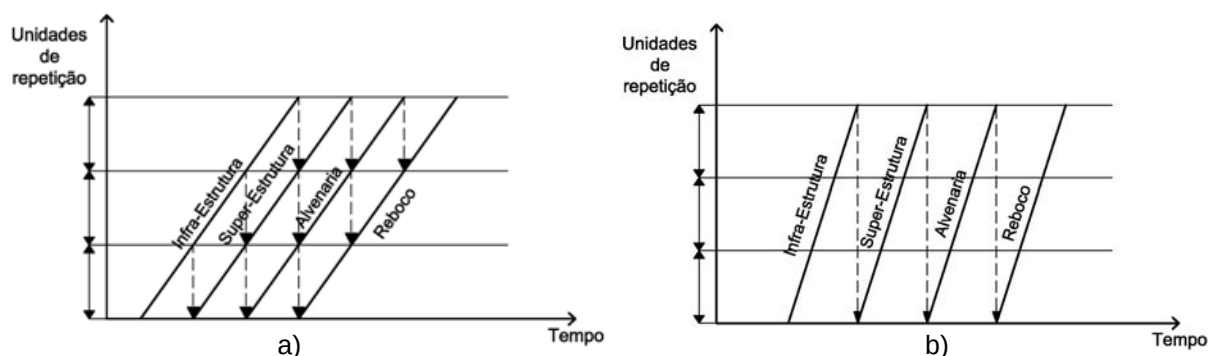


Fig.4.4 – Gráfico da Linha de Balanço (LOB) com relações de precedência entre unidades de repetição a) e actividades b) [15]

Esse método é geralmente adequado para projectos que possuem actividades comuns ou em projectos que possuem actividades com longa duração, pois a sua principal característica é sumarizar um grupo de actividades similares em apenas uma barra, representada graficamente. Isso reduz o volume de documentos para controlo, de modo a facilitar o acompanhamento da obra. Na metodologia LOB há, portanto, o sequenciamento da actividade pelas diversas unidades de repetição da obra. [39]

O grupo de actividades similares é graficamente apresentado por meio de linhas (barras) verticais com inclinação equivalente ao ritmo de produção da respectiva actividade.

As actividades do projecto são relacionadas entre si, de forma a construir dependências em relação ao tempo. Esses relacionamentos podem ser do tipo Início-Início, Início-Fim, Fim-Fim ou Fim-Início, explicados no capítulo anterior. A duração da actividade é demonstrada pela projecção da barra no eixo do tempo. Idealmente, o início da actividade é considerado o tempo zero e pode ser verificado pelo primeiro ponto da barra na parte inferior esquerda quando a barra tem inclinação positiva e o término da actividade pode ser verificado no canto superior direito. A inclinação positiva da barra significa que sua execução é realizada da primeira unidade para a última, como a estrutura de um edifício, e a inclinação negativa, o contrário, ou seja, a actividade é executada da última unidade para a primeira, como a pintura de um edifício. Neste último caso, os pontos, de início e fim, invertem-se.

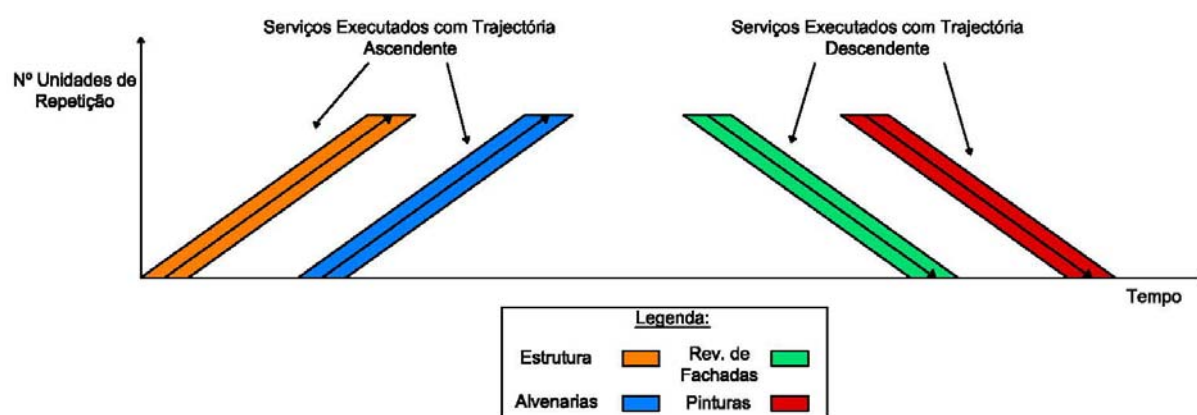


Fig.4.5 – Inversão das Actividades

Outro aspecto a ser observado é o paralelismo entre as actividades. Aquelas que são executadas simultaneamente e possuem ritmo igual de produção, têm as suas curvas sobrepostas e o gráfico deve

ser capaz de mostrar essa sobreposição, de modo a indicar a presença de mais que uma actividade representada pela barra.

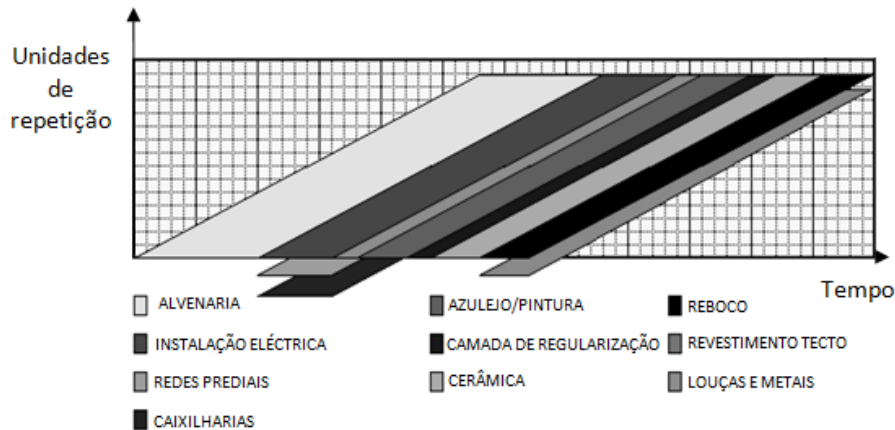


Fig.4.6 – Representação da sobreposição de actividades [22]

Segundo o método as linhas não devem cruzar-se. O cruzamento entre duas ou mais linhas indica que uma actividade sucessora alcançou a actividade antecessora e isso significa conflitos na execução. Mostramos na Fig.4.7 um gráfico LOB onde as actividades se intersectam.

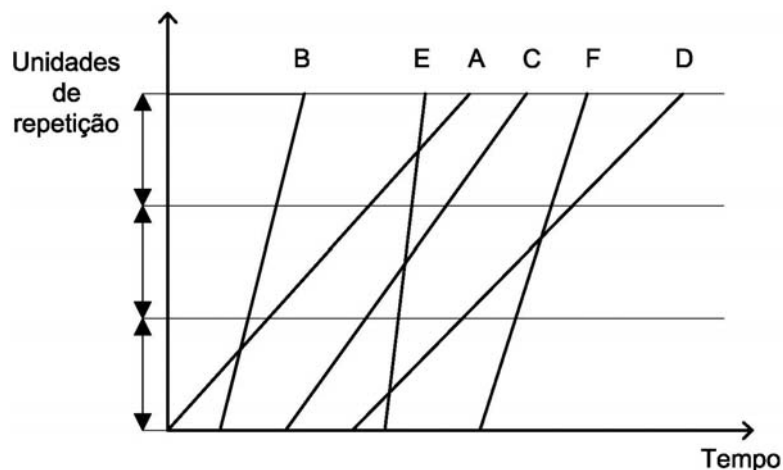


Fig.4.7 – Gráfico LOB com actividades que se intersectam, onde independentemente das relações de precedência entre actividades há conflitos

A LOB deve ser capaz de representar os diversos fluxos existentes. As figuras abaixo mostram esses fluxos, em termos de visualização de fenómenos que ocorrem nas obras através do uso da Linha de Balanço como ferramenta de programação. Isso demonstra a vantagem da LOB sobre as outras técnicas em termos de visualização dos fenómenos que ocorrem na construção.

Nos exemplos das Fig.4.8 e Fig.4.9, são apresentadas diferentes formas de direcção e ataque da obra. Por exemplo, na Fig.4.8 exemplifica-se um dos tipos de ligação possível entre as actividades, e na Fig.4.9 os fluxos possíveis, uma vez que em edifícios podem ocorrer fluxos de baixo para cima (estruturas) representado com inclinação para a direita como de cima para baixo (pinturas), representado com inclinação para a esquerda.

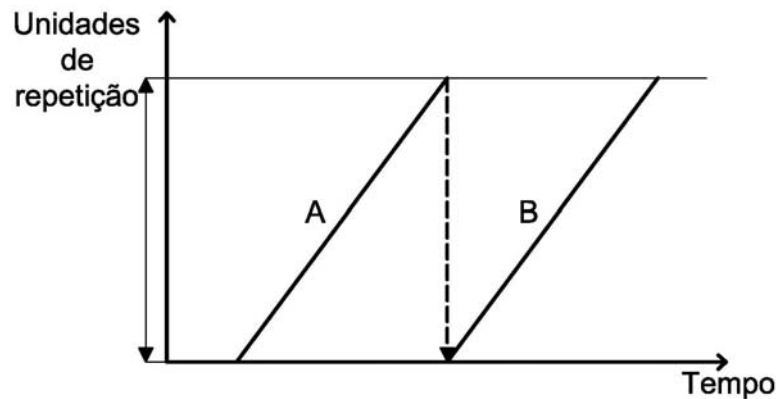


Fig.4.8 – Ligação de actividades fim-início

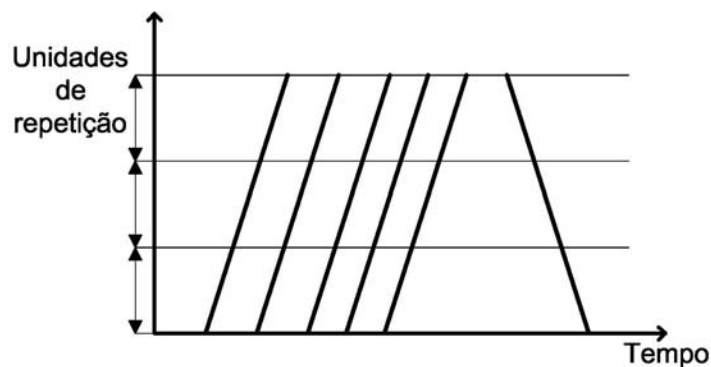


Fig.4.9 – Fluxos construtivos, ascendentes e descendentes, sem relação de precedência

As tarefas seguirão ritmos de produção definidos. Nesta situação diz-se que a produção está ajustada. Este ajuste facilita o estabelecimento de metas para a execução de actividades repetitivas e a previsão de entrada de novas equipas ou início de novos serviços e o fornecimento de materiais.

O método LOB apresenta dois critérios para definição do ritmo de produção: ritmo constante, no qual todas as actividades possuem ritmo uniforme e ritmo variável, no qual se calcula o ritmo de cada actividade a partir de informações sobre a produtividade das equipas responsáveis pelas actividades.

O ritmo constante é mais adequado para projectos que possuem poucas actividades e/ou muitas repetições nas unidades, pois pode-se definir um único ritmo para todas as actividades. Isso implica que as curvas referentes a essas actividades possuem a mesma inclinação e a distribuição dos recursos é constante. Há quem aponte este como o cenário ideal para quem planeia, porém muito raro de ocorrer. A Fig.4.10 ilustra um gráfico LOB com actividades de ritmo constante.

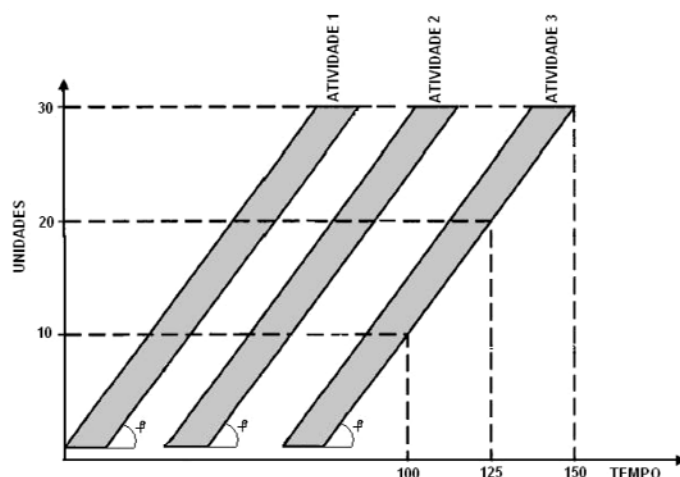


Fig.4.10 – Gráfico LOB de actividades com ritmo constante independentemente das relações de precedência [17]

A determinação do ritmo de produção é feita por meio de uma estimativa especializada baseada em experiências e recolha de dados. Essa obtenção de dados determina o intervalo de tempo necessário para a execução de todas as unidades do projecto.

O gráfico desse planeamento que utiliza ritmo constante apresenta todas as barras lineares e paralelas, ou seja, possuem o mesmo declive/inclinação. Como o nível de dificuldade das actividades, assim como a quantidade de serviço são diferentes, os projectos com ritmo constante apresentam dificuldades para gerir a mão-de-obra, pois algumas actividades mais complexas necessitam de um maior número de equipas para executá-las, enquanto que outras actividades mais simples, consequentemente, apresentam uma menor necessidade dessa mão-de-obra. Os custos da perda de produção causados pela sobrecarga dos empregados em algumas actividades são maiores que o valor economizado na redução da duração total do projecto. [41]

O ritmo variável, entretanto, é calculado em função do consumo de mão-de-obra necessária para cada actividade, da produtividade dessa mão-de-obra e da composição das equipas. Este planeamento resulta em projectos com durações mais longas e consequentemente, com maiores custos indirectos. A lógica de cálculo do planeamento com ritmo variável é semelhante à anterior, com ritmo constante. A diferença entre eles é consideração do arredondamento do Número de Equipas, que, neste caso, é arredondado para o inteiro mais próximo e não para o inteiro superior como no caso anterior.

Com isso, obtêm-se valores diferentes para o número de unidades executadas por período de tempo e, consequentemente, para a duração total da execução de uma unidade. Para construção do gráfico, cada actividade é desenhada segundo o seu declive específico, ou seja, cada actividade possui o seu ritmo de produção.

Há outras situações, no entanto, que o projecto apresenta variações no declive de uma mesma actividade. Neste caso, os projectos possuem actividades com ritmo de produção não uniforme ao longo do tempo devido a diversos factores como: descontinuidade da equipa, curva de aprendizagem, localização geográfica das unidades de projecto, restrições financeiras, etc. Isso significa que uma actividade possui mais de um declive para as diferentes fases de execução. Nesses casos, calcula-se o declive da actividade em cada fase de execução, de forma a respeitar tal descontinuidade.

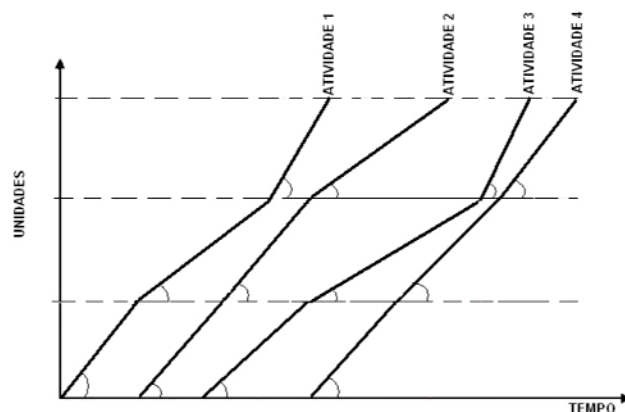


Fig.4.11- Actividade LOB com mais de um ritmo de produção

Citamos como exemplo uma actividade do projecto que será executada por apenas uma equipa durante as 15 primeiras unidades do projecto e que as 10 unidades restantes serão executadas com a contribuição de duas equipas. O projecto será executado no período de 10 dias, com 5 dias para as primeiras 15 unidades e mais 5 dias para as restantes 10 unidades. Assim, obtêm-se os seguintes ritmos ou declives:

- com uma equipa nas primeiras 15 unidades.

$$R_{15} = \frac{15/5}{1} = 3 \quad (4.5)$$

- com duas equipas nas restantes 10 unidades.

$$R_{10} = \frac{10/5}{2} = 1 \quad (4.6)$$

Para atingir estes objectivos, é estimado para cada actividade o rendimento em homens-hora necessária para o dimensionamento óptimo das equipas. Esta informação concede uma taxa de produção natural para cada actividade (numero de unidades/dia), definida como a taxa que uma equipa com um dimensionamento óptimo é capaz de produzir. [9,21]

Logo que o número de equipas, e a taxa de produção sejam calculadas para cada actividade, o diagrama LOB pode ser desenhado traçando linhas com declive igual às taxas de produção. Por exemplo duas linhas oblíquas e paralelas, cujo declive igual à taxa real de produção, indicam, respectivamente, os tempos de início e de fim, de cada actividade em todas as unidades, desde a primeira à última.

Na figura a seguir pode-se visualizar o efeito da adopção de diferentes números de equipas no ritmo de execução. O declive da recta indica o maior ou menor ritmo de execução da actividade.

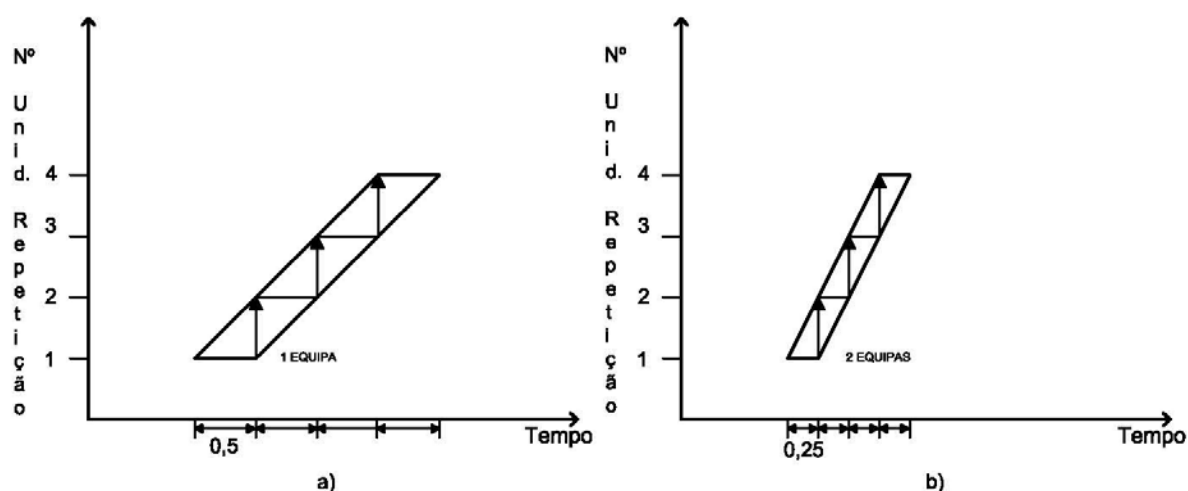


Fig.4.12 - Diagrama LOB para uma actividade: (a) nº de equipas usadas =1; taxa de produção = 2 uni./dia; (b) nº de equipas usadas = 2; taxa de produção = 4 uni./dia [7]

Um exemplo de uma actividade que tem a duração de 0,5 dias e uma taxa natural de 2 unidades de produção por dia, é representado na Fig.4.12. No primeiro caso (a) é usada unicamente uma equipa de tamanho óptimo e uma taxa real de produção de 2 unidades por dia. No segundo caso (b), são utilizadas 2 equipas e uma taxa real de produção de 4 unidades por dia. A seta vertical mostra o movimento das equipas de unidade em unidade. Não existe tempo de espera para nenhuma das equipas em nenhum dos casos. A taxa de produção é determinada pela razão entre o número de unidades repetitivas e a duração total da actividade em todas as unidades de repetição. [7]

Em todas as situações de projectos anteriormente citadas, é comum utilizar um tempo de espera (folga ou margem) entre as actividades para permitir flexibilidade de tempo e para absorver a variabilidade natural da execução. Essa folga é um intervalo de tempo pequeno, inicialmente livre, que pode ser absorvido por uma actividade que esteja atrasada, ou mesmo para fins de deslocamento da equipa de uma actividade para outra, quando o projecto possui áreas físicas distantes. A utilização da folga é vantajosa, pois, absorve imprevistos, sem influenciar o término do projecto. No método da LOB, a utilização dessas folgas torna-se necessária devido ao facto ser provável a ocorrência de eventuais imprevistos e de se adoptar valores médios de produtividade para o dimensionamento das equipas. Os índices de produtividade, na prática, variam substancialmente. Embora o uso dessas folgas possa incorrer num aumento de custos, devido ao aumento do prazo total da obra, a sua correcta utilização permite um fluxo de trabalho contínuo e sincronizado, o que justifica a sua utilização até mesmo em projectos cujo planeamento se faz de forma detalhada.

Essas folgas de programação podem ser inseridas com a finalidade de absorver eventuais erros de estimativa das durações das actividades, atrasos causados por falta de condições de trabalho e também para contemplar as inversões, caso existam.

A Fig.4.13, situação a), mostra o diagrama LOB para um projecto simples de construção de moradias para habitação, onde cada unidade tipo de construção tem 4 actividades tipo: (A), (B), (C), (D). A sequência de trabalho tipo tem as actividades (B) e (D) a decorrer simultaneamente. A actividade (D) tem algum tempo de folga, que é representado pela linha a tracejado e perceptível na situação b). Para este tipo de projecto é unicamente necessário mostrar e analisar a primeira e a ultima rede tipo da

sequência das moradias, uma vez que para um controlo das actividades é necessário saber qual a data de início e de fim das actividades em causa. [10]

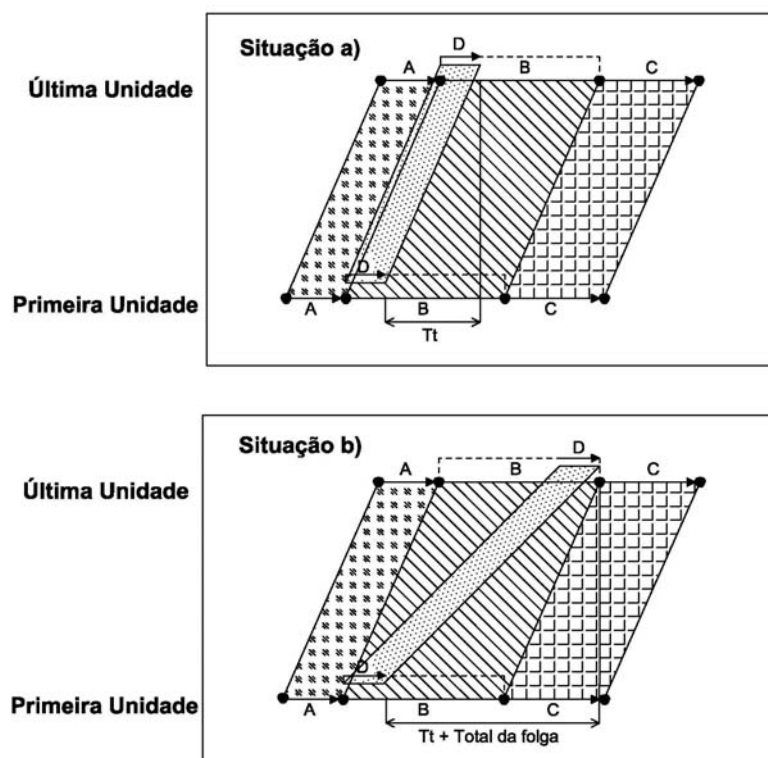


Fig.4.13 – Utilização da folga/margem no cálculo da LOB [10]

O controlo da LOB é, geralmente, efectuado traçando-se as curvas de produção realizadas sobre as curvas planeadas (previstas) e analisando a variabilidade de avanço das actividades. A variabilidade representa os desvios da produção em relação à quantidade planeada. A comparação entre o previsto e o realizado fornecerá informações substanciais para as tomadas de decisões necessárias na gestão do projecto. A variabilidade de duas actividades consecutivas deve ser monitorizada de forma a garantir que a probabilidade das curvas se cruzarem seja próxima de zero, ou seja, evite conflito de execução. O controlo por meio das linhas permite o estudo de reaproveitamento de equipas e adaptações na sua programação, como também o acompanhamento dos fornecimentos de forma a evitar grandes *stocks* ou ausência de materiais para a execução da actividade. Esse controlo, também, permite monitorizar a produtividade que evita atrasos ou adiantamentos que possam causar conflitos entre actividades.

Uma das principais vantagens do método LOB é a visualização das dependências entre as actividades. O progresso da obra é melhor acompanhado, pois é fácil identificar o momento para ser tomada uma acção correctiva. Se o cronograma apresenta uma actividade com velocidade de avanço muito alta, ou seja, altamente inclinada comparada a uma actividade antecessora, prevê-se, assim, um conflito na execução que pode ser evitado retardando a actividade sucessora quando possível ou aumentando o ritmo da antecessora para não retardar o seu fim.[38]

Os resultados obtidos ao planear e gerir um projecto utilizando o método LOB adequa-se a:

- actividades ou processos que estão abaixo do desejado e requerem ritmos mais acelerados para satisfazer as quantidades de produção planeadas;

- actividades ou processos que estão adiantados e que podem resultar em recursos operacionais além do necessário;
- uma previsão das unidades concluídas por actividade, grupo de trabalho, ou processo para apoiar a programação de entrega ou conclusão da obra;
- desvios de entrega de materiais que possam influir na produção.

Os benefícios deste método ainda incluem a minimização dos produtos armazenados, melhores possibilidades de implementação do trabalho em grupo, "agrupamento" do trabalho com melhor definição de tarefas, e um controlo facilitado por meio de gráficos.

A LOB oferece, ao responsável pela obra, uma visão mais simples da execução das actividades, o que contribui para melhorar a produtividade e a qualidade nos estaleiros.

A utilização de técnicas gráficas permite uma comunicação mais eficiente. Essa facilidade ocorre pela natureza das actividades repetitivas.

4.2. PROPRIEDADES TÉCNICAS

O gráfico da Linha de Balanço (LOB) é muito semelhante ao gráfico de barras, ou Gráfico de "Gantt", basta trocar no eixo vertical as actividades ou fases da obra pelos locais onde as mesmas vão ser executadas, por exemplo, os pavimentos de um edifício. [15] Assim cada barra contínua representa uma actividade ou fase da obra, obtendo-se assim um conjunto de curvas de produção representadas num plano cartesiano com unidades de repetição (fachadas, pavimentos, pinturas), e durações definindo-se ritmos de trabalho (iguais ou diferentes) que promovem linhas inclinadas, representando o seu ritmo de avanço.

A Fig.4.14 apresenta a comparação entre o Diagrama de Barras (Fig.4.14a) e a Linha de Balanço (Fig.4.14b), transformando cada uma das barras horizontais da (Fig.4.14a) em barras inclinadas. Essa inclinação das barras indica o ritmo de execução dos serviços. [15]

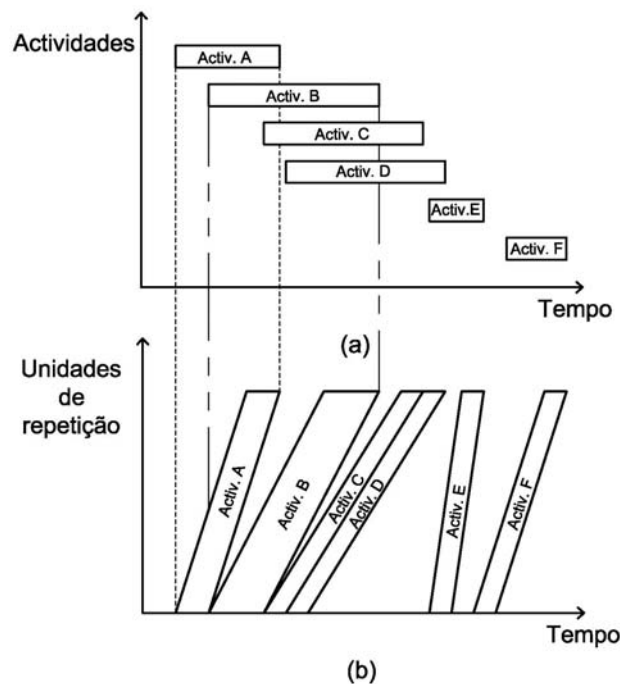


Fig.4.14 – Comparação entre o Gráfico de Gantt e Linha de Balanço (LOB)

Na programação utilizando o método da Linha de Balanço, para determinação do ritmo médio de execução considerando as actividades todas paralelas, há a necessidade de se determinar as variáveis globais do projecto agregado como um todo, as quais se encontram expressas na Fig.4.15. [42]

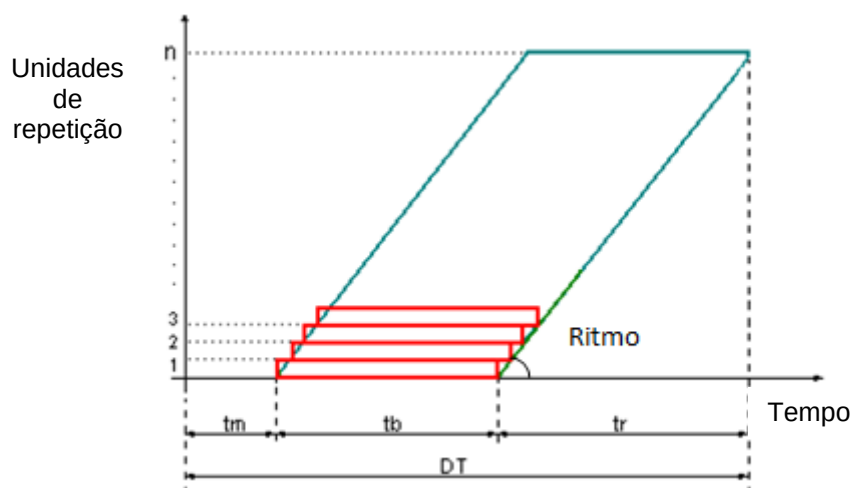


Fig.4.15 – Variáveis da Linha de Balanço [27]

Onde:

- a) n = número total de unidades de repetição;
- b) T_m = tempo de mobilização, representa o tempo gasto com execução de actividades não repetitivas, como por exemplo, preparação do estaleiro e execução de fundações;
- c) T_b = tempo de base, é o tempo necessário para a execução de todas as actividades numa unidade de repetição supondo que estas sejam realizadas todas sem interrupção ou desfaseamento;
- d) T_r = tempo de ritmo, é o tempo necessário para a execução de todas as unidades de repetição menos a primeira;
- e) Ritmo é a taxa de execução das unidades repetitivas, definido em número de unidades repetitivas por unidade de tempo;
- f) D_t = duração total do projecto. É o somatório do tempo de mobilização (T_m), tempo de base (T_b) e o tempo de ritmo (T_r).

Após o cálculo dos parâmetros utilizados para obter as actividades, é importante ajustar/ equilibrar as linhas. Esse ajuste garante uma relação mais adequada e viável entre produção e custo. Geralmente é realizado de forma analítica, podendo também utilizar métodos heurísticos desenvolvidos para tal. Se o planeamento de um projecto utiliza poucos recursos por tempo, consequentemente a sua duração será muito extensa. Isso significa que esse projecto terá um custo indirecto elevado, uma vez que o custo indirecto de um projecto está directamente relacionado à sua duração. Porém, não se pode corrigir essa situação aumentando drasticamente a equipa e os materiais a fim de encurtar a duração do projecto, pois essa atitude implicará um custo directo alto e desperdício da mão-de-obra, apesar da diminuição do custo indirecto. Portanto, é importante ajustar as actividades, definindo o ritmo de produção coerente à execução da obra e às condições existentes dos recursos financeiros.

O objectivo do ajuste é executar todas as actividades continuamente sem interferências. A simulação das curvas de produção de todo o sistema de processos de um projecto poderá provocar interferências

entre algumas actividades. Desta forma uma análise destas interferências e de todo o conjunto de processos, ou de um subconjunto destes, torna-se necessária.

Tomem-se por exemplo as linhas de balanço das actividades mostradas na Fig.4.16 (a). Se todas estas actividades pudessem ser executadas sem levar em conta as interferências entre si este Gráfico LOB estaria correcto, resultando na duração T1 para o projecto. Porém se considerarmos que as actividades não podem ter interferências, isto é, as suas actividades não se podem cruzar, e que devem ser executadas sequencialmente (A-B-C-D), de acordo com as relações de precedência da figura em cada unidade repetitiva, a execução real destas actividades resultaria num gráfico como o da Fig.4.16 (b) com uma duração para o projecto T2, maior que T1. Pode-se observar na Fig.4.16 (b) que a actividade B é a que limita o sistema, fazendo com que as actividades C e D sejam retardadas, criando aberturas (tempo extra) após a sua execução. [12]

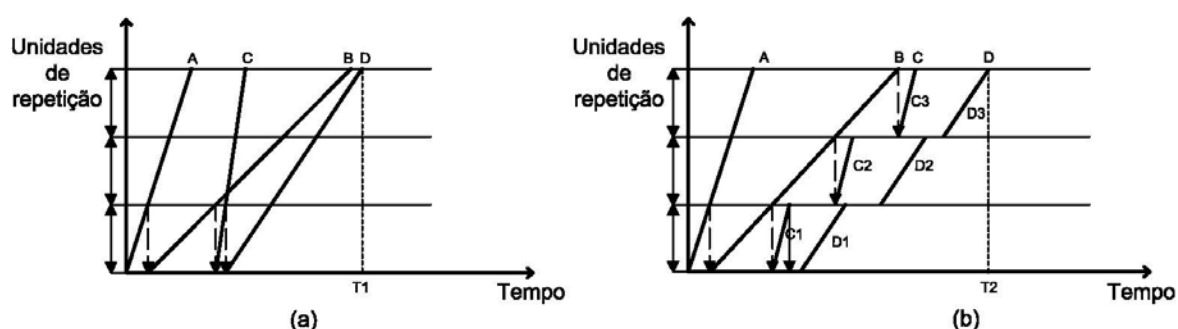


Fig.4.16 - LOB das actividades (a) teóricas e (b) simulação real (actividades na sequência A-B-C-D)

Pode-se observar que este processo de ajuste das actividades tem algumas similaridades com o nivelamento de recursos numa rede (CPM), onde as actividades têm a sua execução deslocada no tempo dentro da folga calculada. A diferença principal é que na Linha de Balanço trabalha-se graficamente com o ritmo de produção, que também pode ser modificado, e a continuidade dos serviços pode ser mantida ou interrompida conforme decisão de quem está a planear.

Concluindo, o ajuste/equilíbrio das actividades na programação procura modular a execução, sugerindo a especialização na execução das tarefas, e assim organizadas, induzem a diversos benefícios: maior rapidez na execução de uma actividade, mais clareza nas tarefas que se executam, maior garantia na conclusão. Tais benefícios são observados em várias obras, no entanto, não são obtidos sistematicamente, como pode ser conseguido com a aplicação do ajuste na programação.

Na prática, esse ajuste é obtido através de eliminação de conflitos entre equipas, mudando a data de início da actividade, o ritmo de produção e/ou número de equipa, para a eliminação do ponto de estrangulamento da obra, e definição de estratégias de execução que permitam execução simultânea de actividades. [24]

4.3. METODOLOGIA PARA O TRAÇADO DA LINHA DE BALANÇO COMO MEIO DE PLANEAMENTO

4.3.1. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LOB

Foram-se desenvolvendo técnicas para a programação de obras em Linha de Balanço, cuja metodologia se encontra descrita a seguir [15]:

- a) Definição da unidade de repetição: a definição da unidade de repetição, o “n” da Figura 4.15, é uma decisão estratégica que depende de factores como tipo de obra e tipo de tecnologia a ser empregada;
- b) Determinação das actividades a serem programadas e suas precedências: a sequência de actividades é feita respeitando as precedências normais à execução da obra;
- c) Dimensionamento do tamanho das equipas, produtividades esperadas e durações das actividades na unidade de repetição: na posse dos quantitativos e da tabela de composição de preços para orçamentos, determina-se a quantidade de mão-de-obra, necessária para cada actividade, estipulando-se o número de profissionais correspondentes a cada actividade. O tempo de duração de cada actividade na unidade de repetição é determinado a partir das equipas estipuladas. A determinação dos recursos necessários à execução de uma determinada actividade está intimamente ligada à produtividade obtida do grupo de profissionais que irá executar tal actividade;
- d) Determinação do tempo de base: o “Tb” da Figura 4.15 é obtido através da rede de precedências entre as actividades na unidade básica;
- e) Definição do prazo da obra e datas importantes: A definição da duração do empreendimento, o “Dt” da Figura 4.15, é determinada em função de condicionantes referentes à viabilidade do mesmo, oriunda de imposições políticas, comerciais ou técnicas;
- f) Determinação da estratégia de execução da obra: essa é uma decisão que depende de diversos factores tais como factores construtivos, definição da unidade de repetição, disponibilidade financeira, existência de financiamentos, facilidade de venda, e facilidade de aplicação do método da Linha de Balanço;
- g) Programação das actividades: após determinar a estratégia de ataque à obra, o passo seguinte é programar as actividades, encontrando-se um ritmo de execução das unidades;
- h) Modificar a programação para atender aos objectivos: quando as durações calculadas não são iguais ou múltiplas do ritmo encontrado, ajustar o planeado. Para esse ajuste pode-se utilizar as folgas, caso existam, aumento do número de equipas ou alterar as relações de precedência sem que estas alterações de precedência interfiram na sequência lógica das actividades;
- i) Desenho da Linha de Balanço.

4.3.2. PLANEAMENTO DO PRAZO [15]

Devido a necessidade de se adequar o planeamento ao fluxo da obra, muitas vezes são introduzidas folgas na programação da mesma, atrasando ou adiantando alguma actividade. É o caso dos fluxos não paralelos.

A programação não paralela Fig.4.17 ou programação de recursos, como também é conhecida, é uma programação que tem como objectivo programar a execução de cada uma das actividades que constituem um projecto na sua razão natural de progresso, de modo a obter uma razão produtiva que muito se aproxime da razão de construção desejada.

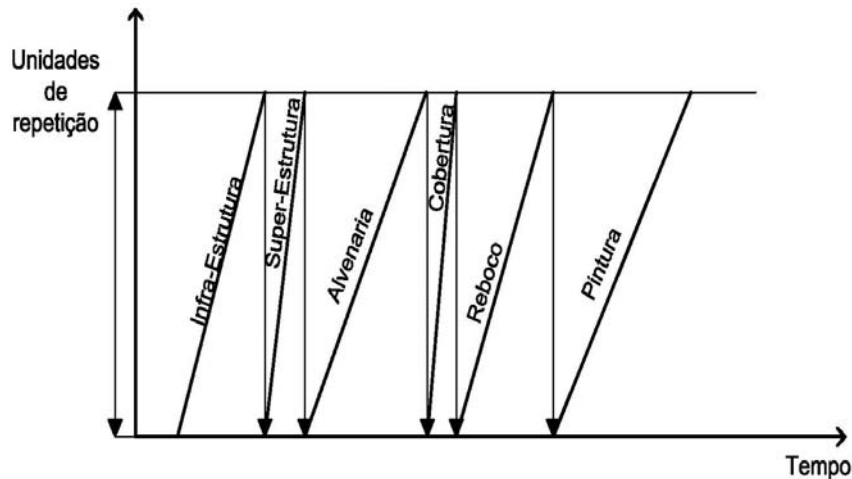


Fig.4.17 – Programação não paralela na LOB [8]

Na programação não paralela, o início das actividades que vêm após uma actividade que estrangula/limita o desempenho é alterado para que se possam manter os ritmos de cada actividade, tendo como consequência o aumento do prazo.

No caso da LOB da Fig.4.18, verifica-se que a actividade B é o ponto que limita a programação. Isso faz com que retarde o início da actividade C.

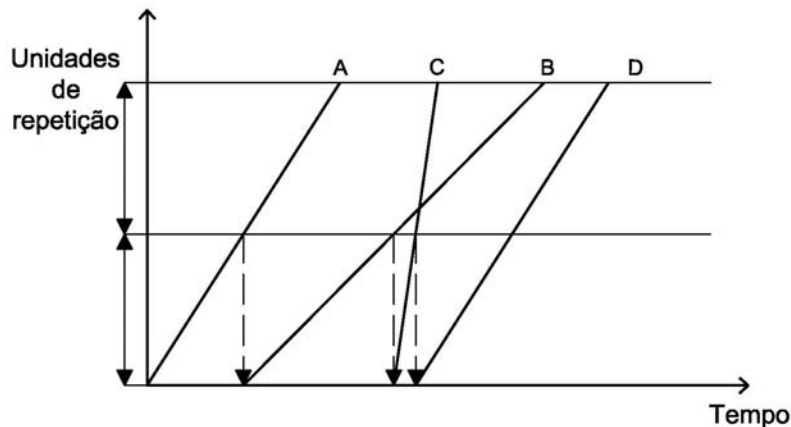


Fig.4.18 – LOB com programação não paralela com actividades que se intersectam

São apresentadas como soluções para resolver o problema da intersecção existente da actividade B da Fig.4.18, as seguintes opções:

- Programar as actividades paralelamente acelerando o ritmo da actividade B, aproximando-o do ritmo da actividade A, e diminuindo o ritmo da actividade C (Fig.4.19a).
- Reduzir os ritmos das actividades C e D, aproximando-os de B (Fig.4.19b).

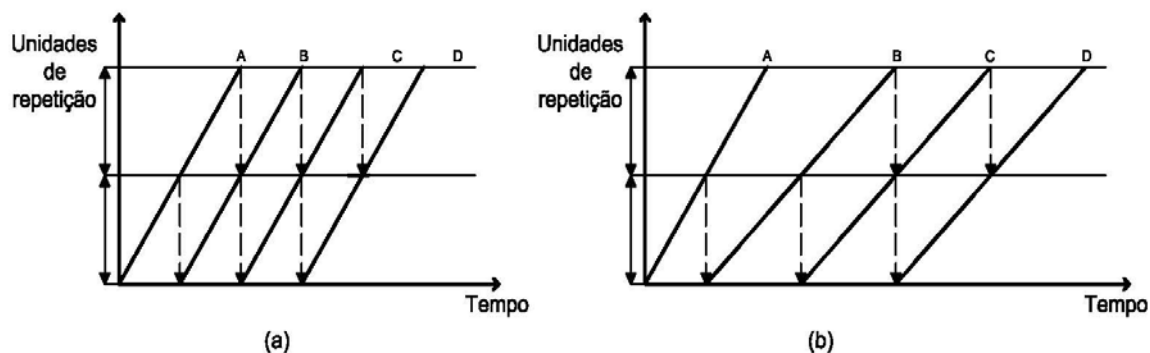


Fig.4.19 – Ajuste das actividades com programação paralela

- c) Aumentar o ritmo da actividade B, aproximando-o de A, e manter o ritmo das actividades sucessoras.

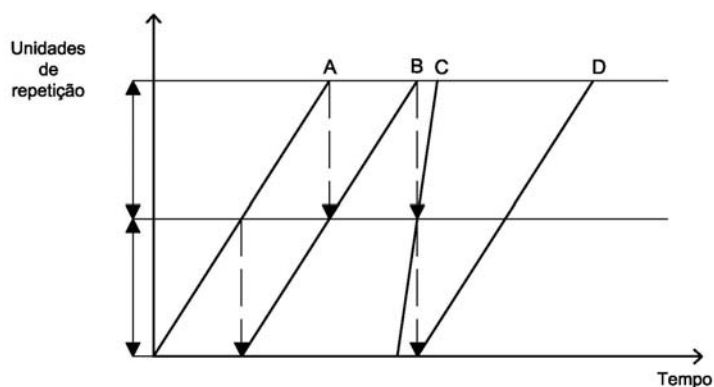


Fig.4.20 – Ajuste das actividades com alteração de ritmo da actividade B mantendo o ritmo das suas sucessoras

- d) Manter a programação não paralela através da criação de tempo de espera (Fig.4.21a), ou criar interrupções nas actividades com ritmos muito acelerados (Fig.4.21b).

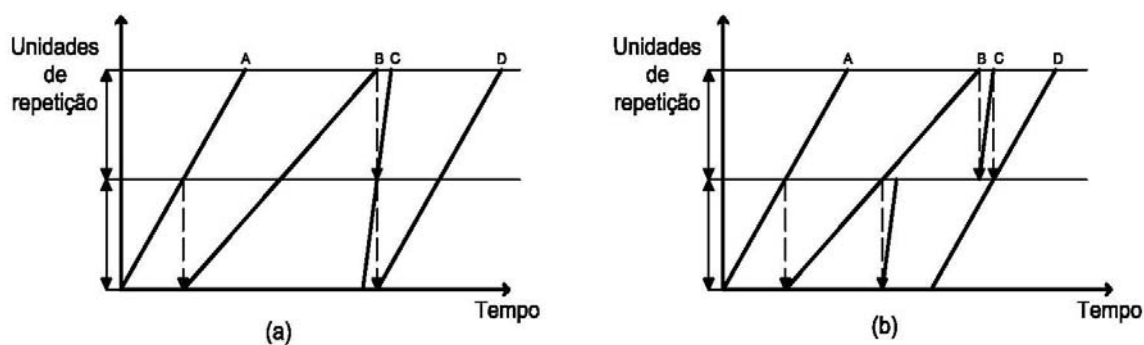


Fig.4.21 - Programação não paralela: (a) com tempo de espera e (b) com interrupção da execução

Uma outra maneira de ilustrar o encadeamento entre actividades e a duração total do projecto é através da análise do seu caminho crítico.

O caminho crítico na programação paralela pode ser determinado de quatro formas distintas, conforme mostra a Fig.4.22. Pode ser obtido pelo caminho 1-2-3 ou 4-5-6, ou 7-8-9, ou ainda 1-10-11, o que implica dizer que na programação paralela todas as actividades fazem parte do caminho crítico.

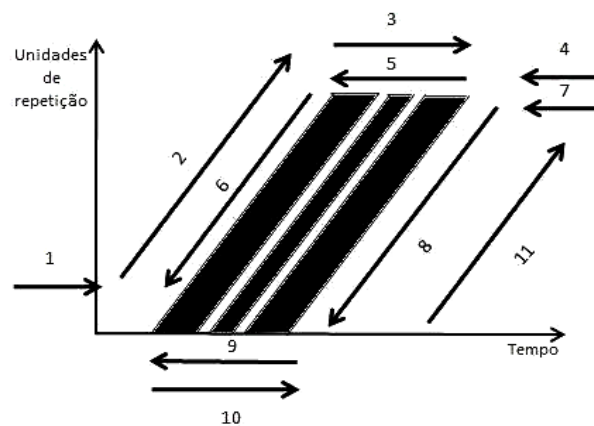
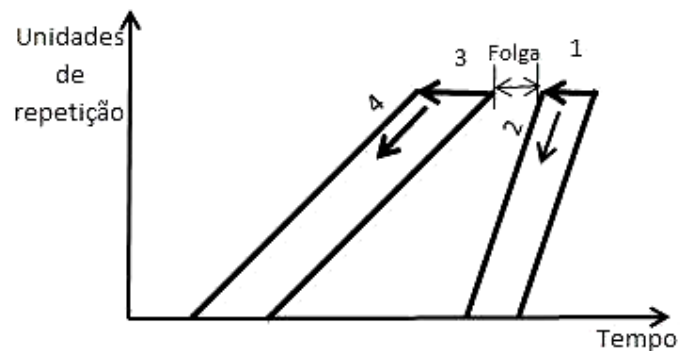


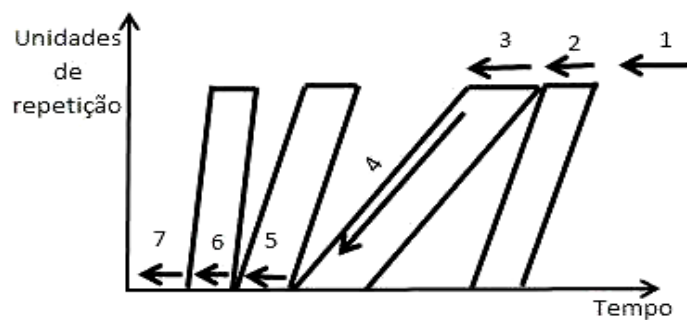
Fig.4.22 – Caminho crítico na programação paralela [15]

A determinação do caminho crítico na programação não paralela apresenta uma maior flexibilidade dependendo de como a programação é feita, ou seja, depende das folgas entre as actividades. O caminho crítico é aquele que apresenta menor folga. Abaixo são apresentadas três formas de determinação do caminho crítico na programação não paralela (Fig.4.23 a),b),c))

Na programação paralela também deveria ser levado em consideração a folga, só que esta é igual para todas as actividades.



a)



b)

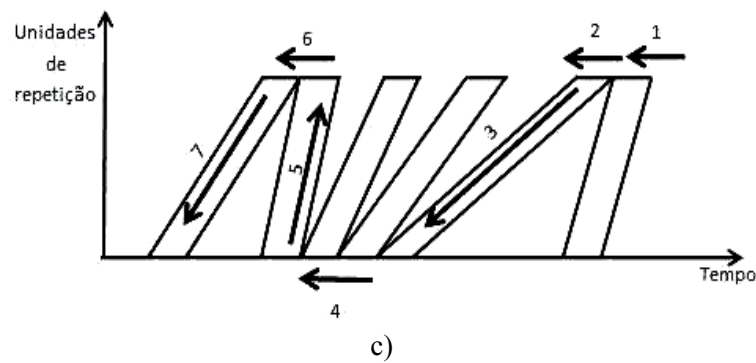


Fig.4.23 - Caminho crítico na programação não paralela [15]

A programação de um projecto frequentemente inicia-se com a consideração dos recursos a serem utilizados, próximo item a ser abordado neste trabalho.

4.3.3. PLANEAMENTO E NIVELAMENTO DOS RECURSOS [15]

A programação dos recursos também é algo que vai permitir o desenho da LOB e dar a noção de fluxo. O que foi descrito nos itens anteriores só pode ocorrer se houver recursos para executá-los (tanto recursos físicos como mão-de-obra e equipamentos, bem como recursos financeiros).

A Linha de Balanço facilita a visualização da distribuição de recursos ao longo da obra. É o que se observa na Fig.4.24.

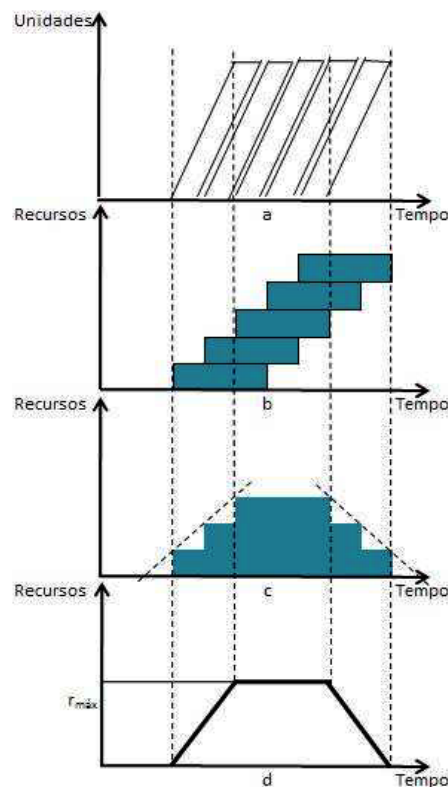


Fig.4.24 – Derivação da curva de agregação de recursos a partir da LOB [15]

O nivelamento dos recursos é feito em função da duração da actividade. É o que se observa na Fig.4.25. Analisando a figura em causa constata-se que todas as actividades decorrem durante quase toda a obra, o que provoca uma maior estabilização no consumo dos recursos, como é o caso da programação paralela.

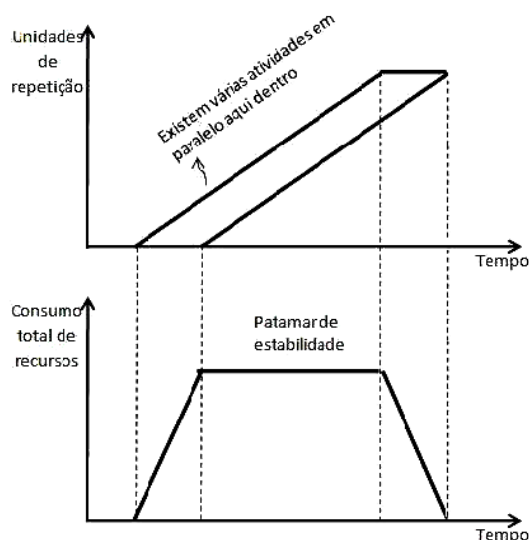


Fig.4.25 – Nivelamento dos recursos em função do paralelismo das actividades com ritmos lentos [15]

Na programação não paralela, a distribuição dos recursos é mais irregular, cada actividade gera um fluxo de recursos conforme mostra a Fig.4.26

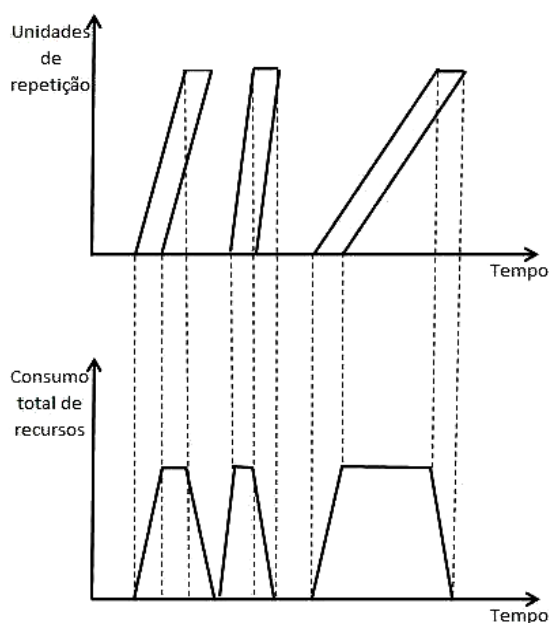


Fig.4.26 – Distribuição dos recursos na programação não paralela [15]

4.3.4. APLICAÇÕES INFORMÁTICAS

O recente desenvolvimento de meios informáticos potentes e portáteis, bem como a disponibilização de *software* específico vocacionado para o apoio à gestão de projectos permitem produzir instrumentos avançados que podem apoiar o gestor, ganhando em qualidade e rapidez de utilização. [31]

A gestão de um projecto complicado exige planeamento, programação e controlo de um grande número de actividades interdependentes, e coloca um desafio para o gestor. Por esta razão, e em particular a gestão de projectos, tem sido, tradicionalmente, uma das áreas a ser informatizada. [32]

O método LOB ainda é pouco difundido devido à ausência de programas computacionais específicos.

Uma tentativa para desenvolver uma aplicação de computador foi desenvolvida por Psarros (1987) (ARDITI, TOKDEMIR e SUH, 2002). Porém a ferramenta era limitada a resolver problemas de LOB básicos e, portanto, não obteve sucessos. Essa primeira aplicação foi denominada de SYRUS, “*System for Repetitive Unit Scheduling*”, termo em inglês que pode ser traduzido como: Sistema para Programação de Unidade Repetitiva.

A aplicação Syrus é um programa de menus que é baseado numa combinação de tecnologias e redes LOB. Primeiro, o usuário fornece os dados para uma das muitas unidades repetitivas, e o programa analisa esta rede. A saída gerada por esta análise é então ligado ao procedimento de LOB que finalmente produz um diagrama LOB para as actividades críticas. Essa tentativa pioneira tentou provar que um programa de computador pode ser desenvolvido, apesar de não ser livre de ocorrerem falhas. [9]

Desde o estudo Arditi & Psarros em 1987, houve várias tentativas para resolver os vários problemas associados com a programação linear. Wang & Huang (1998) introduziu a programação multi-estágio linear (MLS) método baseado no conceito multi-processo de decisão. Hegazy et al. (1993) apresentou um esforço para melhorar as capacidades de programação linear técnicas, tornando-os mais práticos e mais atraentes para uso na construção civil. Thabet & Beliveau (1994) descreveu um procedimento estruturado para incorporar restrições verticais e horizontais para agendar trabalhos repetitivos num projecto de construção de vários andares. Lutz et al. (1994) modelaram o impacto da aprendizagem nos seus programas. [9]

Harris & Ioannou (1998) criou o modelo de agendamento repetitivo (RSM), que garante uma contínua utilização de recursos. Não houve, no entanto, foi nenhum sistema comercialmente disponível que trata-se todos os problemas associados com a programação linear.

O principal objectivo era desenvolver um sistema de agendamento que supera-se os problemas associados, com a tentativa para informatizar o agendamento de unidades repetitivas de construção e para produzir um sistema que tivesse bastante apelo para uso comercial.

Os objectivos incluíam particularmente o seguinte [9]:

- Estabelecer um algoritmo eficiente que facilita a informatização do LOB agendamento e fornecendo uma ferramenta que pode lidar com as limitações da lógica e estratégica devido às características particulares de actividades individuais;
- Incorporar o fenómeno “de aprendizagem” nos cálculos da LOB em que a duração real de uma actividade é reduzida com o aumento da repetição;
- Realizar uma análise de optimização de custos;
- A incorporação de diferentes tipos de actividades repetitivas e não repetitivas em programação LOB;
- A eliminação de problemas de natureza visual como a não apresentação de diagramas LOB.

A segunda geração de programas computacionais para LOB foi desenvolvida por Arditi, Tokdemir e Suh, (2001) e é denominada RUSS, “*Repetitive Unit Scheduling Systems*”. O sistema tem um programa de análise escrita em linguagem “C “. O usuário entra com as diversas informações necessárias e o programa analisa uma “rede” que representa o relacionamento lógico entre as actividades executadas em uma das muitas unidades idênticas e, então, calcula o ritmo de produção de cada actividade considerando a produtividade máxima e o efeito da aprendizagem. O programa manipula limitações lógicas e estratégicas provocadas pelas características particulares das actividades repetitivas e otimiza os recursos.

O programa RUSS é ferramenta que lida com as limitações lógicas e estratégicas devido às características particulares das actividades repetitivas. Um modelo de aprendizagem é desenvolvido e incorporado cálculos LOB. O programa é projectado para otimizar a distribuição de recursos usando múltiplos do ritmo natural das actividades. Um tamanho ideal da equipa que garante o máximo de produtividade numa actividade é usada em todo o LOB cálculos para atingir o custo otimizando horários. Actividades não-lineares e discretas são incorporadas nos cálculos LOB. O RUSS exhibe o diagrama LOB de cada caminho individual na rede da unidade. Acredita-se que um sistema como RUSS fará o método LOB mais atraente para os gestores, de projectos repetitivos. [11,58]

Outro programa computacional para esse método é o CHRISS. Este programa desenvolve o planeamento da construção de um edifício seguindo a metodologia LOB e utilizando um sistema especialista, LOBEX, desenvolvido por Arditi, consulta as diversas fontes do conhecimento de como as actividades são relacionadas umas às outras.

Também é proposto um modelo de planeamento em formato electrónico (*Microsoft Excel*). Baseado na técnica LOB. Este modelo possibilita um ambiente de informações para tomada de decisões ou para a programação de serviços e recursos na execução de empreendimentos de construção civil. A primeira versão desse modelo possui, ainda, algumas limitações nas técnicas utilizadas, mas atinge o objectivo proposto de apresentar uma ferramenta a quem está a planear que facilite o trabalho de verificação das possíveis situações decorrentes de decisões a serem tomadas.

Mais recentemente surgiu o programa informático *Vico Control*, o qual vai ser utilizado neste trabalho para o planeamento em LOB. Este *software* apresenta um interface amigável para o utilizador, o que o poderá tornar numa ferramenta importante para a aplicação deste método como meio de planeamento.

5

ESTUDO DE UM CASO PRÁTICO – PARQUE ESCOLAR – ESCOLA SECUNDÁRIA ALMEIDA GARRETT VILA NOVA DE GAIA

5.1. DESCRIÇÃO DO PROJECTO (CASO DE ESTUDO)

A criação do projecto, como qualquer fase inicial é de extrema importância, visto ser o elemento que dará o primeiro impulso para que se possa criar o que se pretende. Como tal o projecto tem que ser bem realizado, gerido e principalmente compreendido definindo uma estratégia de abordagem à construção em causa. No caso concreto de um projecto de uma obra de construção civil, a sua realização depende da perfeita compreensão do respectivo projecto, pelo que o engenheiro tem que quase de uma forma inata compreender aquilo que o projecto lhe transmite e de uma forma clara, coerente e concisa dar-lhe forma e executá-lo.

Pretende-se desenvolver a capacidade de planear e interpretar as características gerais de um projecto a que se teve acesso, referente à Escola Secundária Almeida Garrett (ESAG), incidindo principalmente no projecto de execução designadamente no projecto de arquitectura. Com esta análise pretende-se identificar os trabalhos necessários à execução do planeamento da obra e efectuar a sua quantificação em termos de duração total da obra.

Apesar de o planeamento promover uma componente de análise global do projecto, será apenas detalhado uma parte deste, debruçando-se, sobre quatro dos blocos da escola (blocos A,B,C,D).

O projecto em estudo refere-se a um projecto de execução de uma escola (Escola Secundária Almeida Garrett) inserida no programa de modernização das escolas do ensino secundário. O local de implantação da ESAG localiza-se bem perto do centro nevrálgico de Vila Nova de Gaia, adjacente à Av. da República e no que se pode considerar como o início da mancha urbana residencial consolidada a nascente da cidade.

O edifício escolar pertencente ao segundo período de construções escolares, começou a leccionar no ano lectivo de 1966/67. Implantado num lote com cerca de 22.502 m², verifica uma área total de implantação de 6.887 m² e uma área bruta total de cerca de 13.774 m², distribuídas pelos vários edifícios.

Esta escola, do tipo pavilhonar, é constituída por cinco edifícios articulados entre si por galerias exteriores. O edifício administrativo, com um piso e pontualmente uma pequena parte com dois pisos, engloba as funções administrativas, direcção e sociais.

Existem ainda quatro edifícios, com dois pisos afectos à área lectiva e onde se localizam as salas de aulas e laboratórios. Existem também dois pavilhões desportivos com balneários, campos de jogos e recreio exteriores.



Fig.5.1 – Enquadramento da localização da ESAG [36]

A intervenção caracteriza-se pela remodelação das instalações existentes, ao nível do seu reordenamento interior, beneficiação dos revestimentos interiores e exteriores, manutenção das condições estruturais remodelação integral das infra-estruturas eléctricas, telecomunicações, águas e esgotos. Construção de novos edifícios com funções sociais e lectivas. O espaço desportivo coberto também será beneficiado e prevê-se a execução de arranjos exteriores.

As circulações existentes na actual Escola assenta no uso individual dos pavilhões e provocam um “sobe e desce” para quem pretender circular entre os vários módulos dos pavilhões aos outros espaços.

É intenção do Projecto garantir a acessibilidade total a todos os espaços da Escola. Esse objectivo será atingido pela criação de um segundo nível de circulação interior e que, com o recurso a rampas e apenas um elevador de uso condicionado permite a interligação de todos os espaços construídos, garantindo os percursos acessíveis em todo o interior e exterior da Escola.

Nesta fase de Projecto de Execução a Escola Secundária de Almeida Garrett encontra-se com uma área virtual de implantação de cerca de 9.300 m² (6.887 m² no existente) e uma área bruta total de cerca de 16.203 m² (13.774 m² no existente). Desta área bruta total a área reservada a desporto, ginásios e balneários é de 2811 m² (1893 m² no existente), e ainda da área bruta total de 16.203 m², 7.673 m² serão áreas a remodelar e 8.529 m² serão área de construção nova.

Dos corpos existentes, 4 pavilhões de salas de aulas e dois pavilhões gimnodesportivos, vai ser mantida a sua estrutura sofrendo demolições parciais e remodelação, sendo as restantes construções existentes situadas entre os pavilhões de salas de aula totalmente demolidas, dando lugar a construções novas.

Os pavilhões das salas de aula existentes com dois pisos, são designados pelas letras A, B, C e D, os quais vão ser remodelados e objecto particular de estudo.

A área central existente vai ser completamente demolida e dará lugar a um novo núcleo que inclui o acesso principal, distribuição, sala de professores, cafetaria, laboratórios, auditório e biblioteca designou-se pelas letras F e I. Neste núcleo central está incluído ainda o edifício administrativo / gabinetes, com dois pisos, designado pela letra E.

É criado um novo corpo a norte, designado pela letra G, com 3 pisos destinados a área técnica e de pessoal, refeitório e salas de aula.

O pavilhão gimnodesportivo existente (H) sofre uma remodelação com a demolição dos actuais balneários e a criação de novas instalações de apoio. O ginásio existente (J) agora designado por sala polivalente sofre uma intervenção semelhante à anterior.

Em termos estruturais, a implantação do edifício no terreno é assegurada pelas fundações, constituída por várias sapatas, isoladas e conjuntas, ligadas entre si por vigas de fundação. Desta forma fica definida em termos gerais a infra-estrutura do edifício. A parte complementar desta, a super estrutura, é constituído essencialmente por uma estrutura reticular de betão armado, concebida por vigas e pilares. A matriz concebida por estas, sustenta todos os restantes elementos horizontais e verticais do edifício, como as lajes e as paredes exteriores e interiores. De uma forma geral será usado parquet ao cutelo e o mosaico hidráulico em pavimentos interiores, nos terraços acessíveis e coberturas será utilizado o tipo de cobertura invertida com acabamento a lajetas de betão ou godo, nas coberturas inclinadas chapa dupla termolacada em painel sandwich.

As paredes exteriores serão simples, em tijolo vazado de 0,20m e termicamente isoladas pelo exterior com poliestireno expandido na espessura de 0,05m, sendo depois rebocadas e pintadas, em tudo formando o sistema de “isolamento térmico pelo exterior”. Será usado um lambrim com alta resistência mecânica até 2.20 m de altura, assegurando uma eficaz protecção do sistema.

As paredes divisórias interiores serão executadas em tijolo de 0,11m e/ou ou 0,15m de espessura, consoante os casos de acabamento estanhado e pintura a esmalte aquoso ou azulejo. Os tectos serão estucados e os vãos interiores guarnecidos com madeira para envernizar.

A climatização parcial e as novas infra-estruturas eléctricas do edifício vão obrigar ao uso de tectos falsos em situações particulares das circulações e salas de aula, tectos falsos que serão acessíveis nas circulações.

O estudo começou a tomar forma com a ideia de planear um empreendimento pelo método da LOB. Entretanto, esse planeamento não poderia ser de uma obra que possuísse características convencionais, de maneira a evidenciar as vantagens da referida técnica. A proposta era encontrar uma obra que possuísse características diferenciadas sobre as demais disponíveis, pelo facto desta técnica construtiva possuir a particularidade da existência de unidades de repetição e estar sendo bem aceita no mercado.

A partir desses critérios, a obra foi seleccionada, e todas as decisões para o início da programação foram tomadas, conforme descrito.

Relativamente ao planeamento que será executado, este vai incidir exclusivamente nos Blocos A, B, C e D, uma vez que, todos eles apresentam uma configuração estrutural muito semelhante, ao qual se adequa a aplicação da metodologia LOB. As Fig.5.4 e 5.5 ilustram a planta tipo (Bloco A), planta essa, que se considera igual para os restantes blocos em estudo.

A estratégia adoptada tem semelhanças e diferenças com o elaborado para o empreendimento, sem que isso comprometa a entrega no prazo final estipulado. A exemplo disso temos a execução da obra, de forma consecutiva, ou seja, inicia-se uma actividade num bloco após o final da actividade antecessora.

Iniciando a reestruturação pela parte frontal da escola, nomeadamente pelo Bloco A seguindo-se os restantes Blocos (B,C,D).

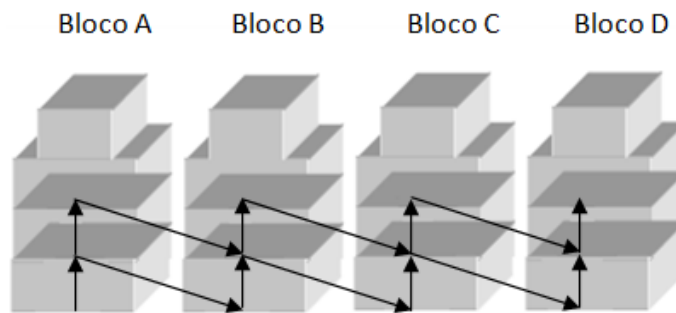


Fig.5.2 - Sequência de execução das actividades nos blocos

A parte central da escola, bem como o pavilhão gimnodesportivo (H) e sala polivalente (J) não serão objecto de estudo uma vez que nestes locais não existem unidades de repetição.

As plantas com os desenhos arquitectónicos dos blocos em estudo são mostradas nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5.

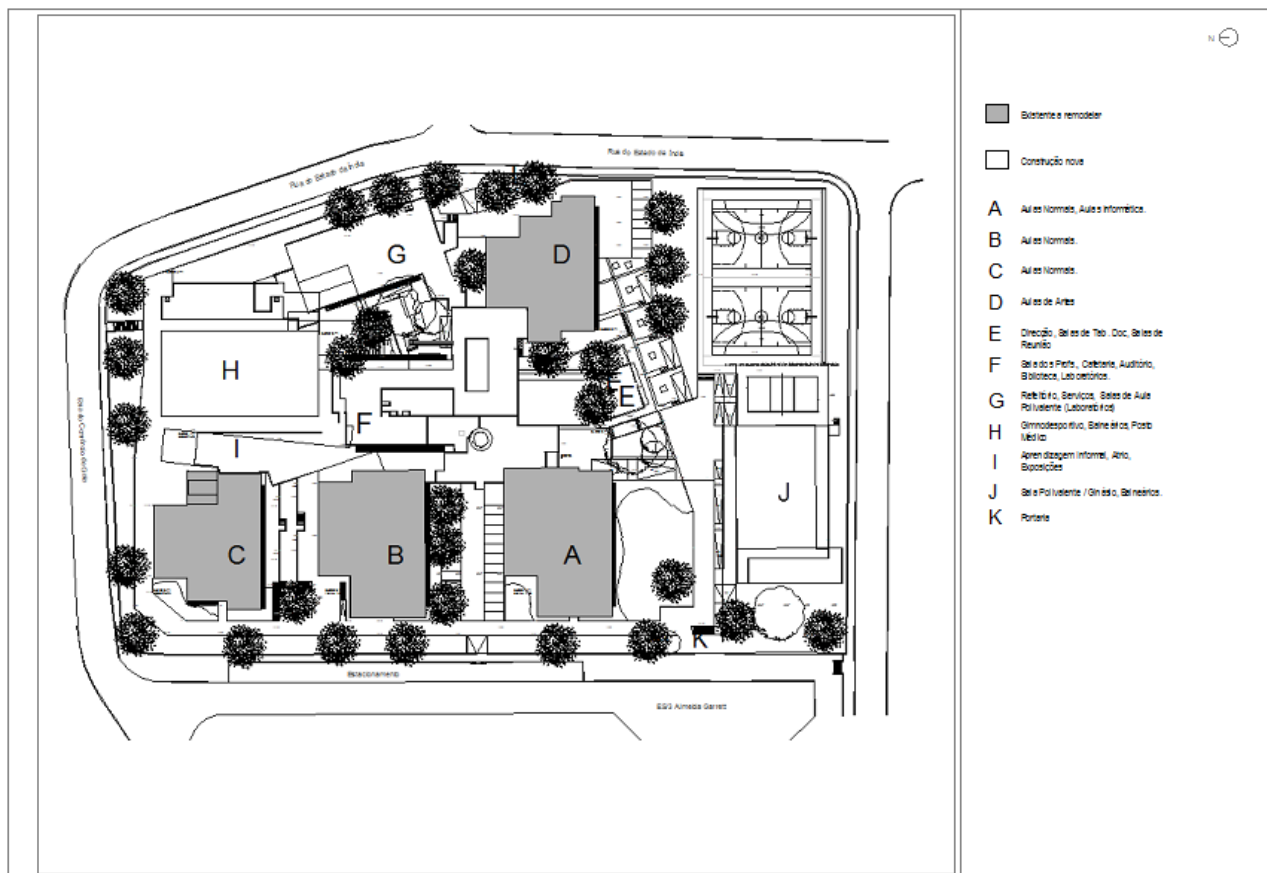


Fig.5.3 – Vista em planta dos Blocos em estudo

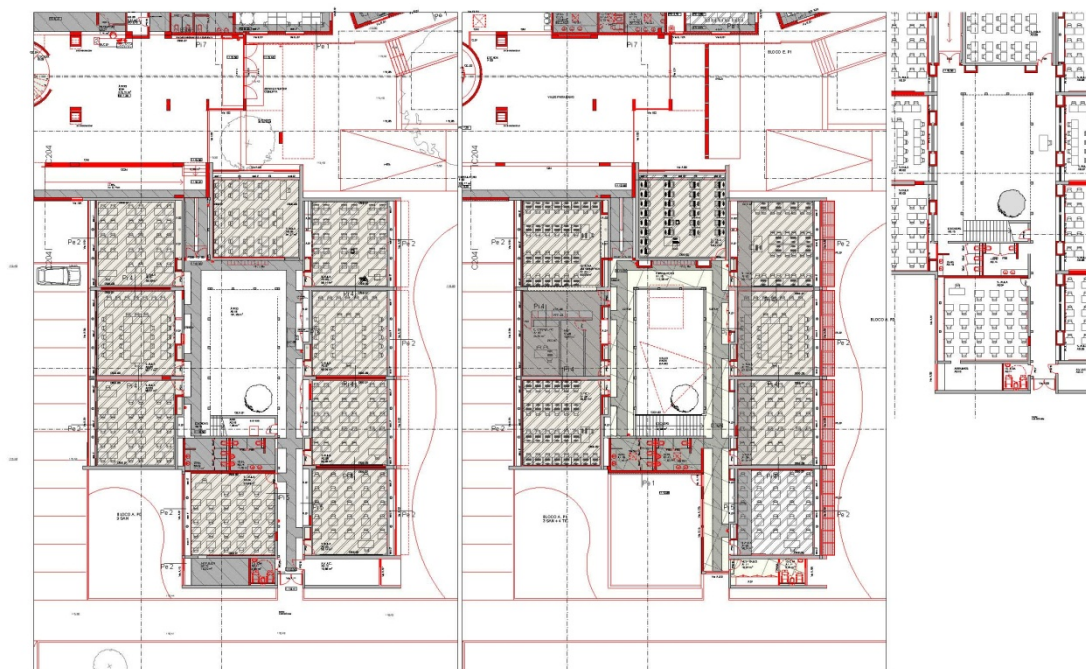


Fig.5.4 – Bloco A planta do piso 0, 0A e 1

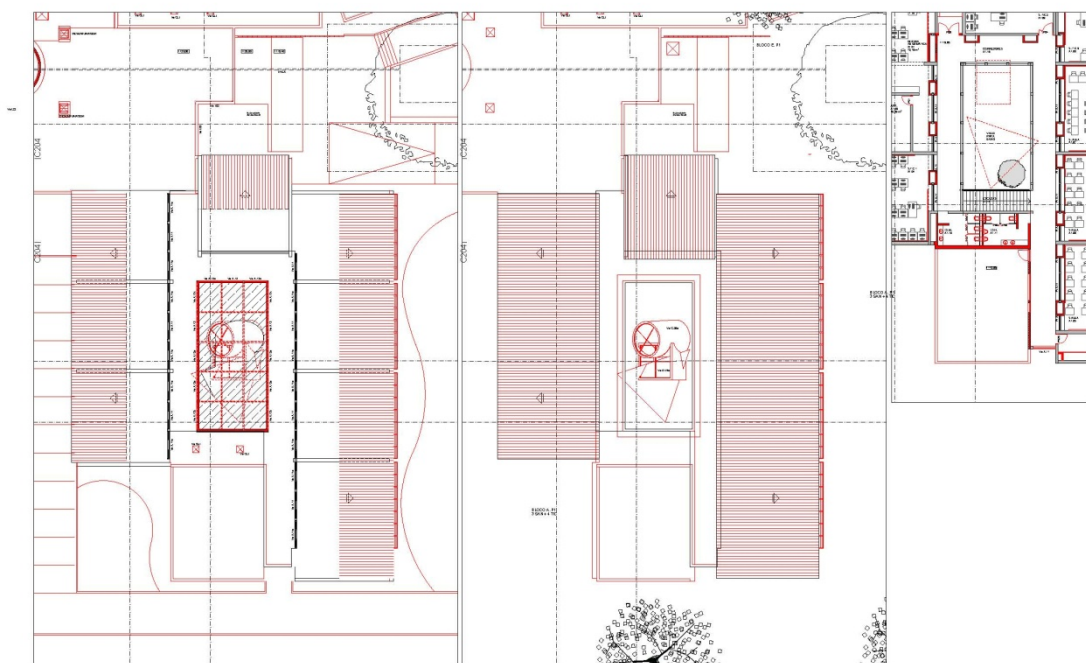


Fig.5.5 – Bloco A planta piso 1A, 2 e cobertura

5.2. PLANEAMENTO DO PROJECTO APLICANDO A METODOLOGIA CPM

A elaboração do planeamento dos blocos A e B, C e D da ESAG segundo a técnica PERT/CPM iniciou-se a partir das quantidades fornecidas pelos projectistas responsáveis. Foram definidas todas as actividades, unidades de medida e respectivas quantidades necessárias para execução da obra, dados estes que foram retirados do Mapa de Tarefas e Quantidades (MTQ). Como suporte computacional ao planeamento segundo este método, utilizamos o *software Microsoft Project*.

O *MS Project* é uma aplicação que trabalha em ambiente *Windows* e que se destina à gestão de projectos. Através das capacidades gráficas do ambiente em que se encontra inserido, o *MS Project* possibilita o planeamento das actividades e dos recursos, assim como a criação de relatórios discriminados por categorias.

As suas tabelas, de estrutura semelhante a uma folha de cálculo, assim como os seus gráficos e vistas, disponibilizam várias formas de olhar o projecto, para além de permitirem uma melhor inserção e leitura da informação.

Para a resolução de problemas ou conflitos sempre existentes nas fases de planeamento e gestão de um projecto, o *MS Project* disponibiliza informação diversa nas áreas dos custos e recursos, durações de tarefas, afectação de recursos a tarefas, calendários de projecto, etc.. [20]

Qualquer planeamento deve ter como objectivo prever de forma metódica e progressiva a realidade futura, para isso define-se uma estratégia de abordagem para o caso em estudo.

Inicialmente definiu-se a WBS do projecto para um Bloco, o Bloco A, seguindo um critério de distribuição de actividades repetitivas entre Blocos. Assim obtivemos os seguintes níveis hierárquicos demonstrados na Fig.5.6.

Com a WBS definida, determinamos os recursos necessários para cada uma delas. Algumas actividades foram agrupadas quando inseridas no *MS Project* a fim de facilitar o controlo do projecto. Esse agrupamento foi feito, por exemplo, com as actividades de Chapisco, Emboço e Acabamento, estando estas 3 actividades englobadas na actividade Revestimento de tectos e paredes. A quantidade total da actividade agrupada corresponde a soma das quantidades de cada uma das anteriores, uma vez que todas possuem a mesma unidade para quantidade, m².

Para determinação da quantidade de recursos na actividade agrupada, somamos a quantidade de cada recurso em comum e mantivemos os restantes recursos não comuns com a sua quantidade inicial.

ID	Nome da Tarefa	Quant.	Unidade
0	Construção do Bloco A		
1	CONSIGNAÇÃO		
2	ESTALEIRO		
3	Montagem do Estaleiro		
4	Manutenção do Estaleiro		
5	Implementação do Plano de Segurança		
6	Implementação do Plano de Qualidade		
7	Acompanhamento Ambiental		
8	Desmontagem do Estaleiro		
9	EXECUÇÃO DA EMPREITADA		
10	Demolições		
11	Execução de demolição, picagem e desmontagem de pavimentos, paredes, tectos, e de outros elementos interiores	1.435,31	m²
12	Alvenarias		
13	Alvenarias Exterior	26,91	m²
14	Alvenaria interior Simples e Dupla	615,70	m²
15	Revestimentos		
16	Paredes		
17	Reboco constituído por chapisco + emboço + acabamento	1955,14	m²
18	Lambrim de azulejo	302,12	m²
19	Lambrim de MDF	210,66	m²
20	Tectos		
21	Reboco constituído por chapisco + emboço + acabamento com argamassa de cimento e areia e cimento, cal hidráulica e areia não armada	15,84	m²
22	Reboco constituído por chapisco + emboço + acabamento com cal aérea e gesso não armada	276,28	m²
23	Tecto falso interior em placas simples gesso cartonado	1151,99	m²
24	Pavimentos		
25	Betonilha	1452,60	m²
26	Marmorite de cimento	573,07	m²
27	Revestimento Coberturas Inclínadas		
28	Isolamento Térmico em Coberturas	1080	m²
29	Revestimento de coberturas inclinadas com chapas metálicas trapezoidal	297,50	m²
30	Revestimento de coberturas inclinadas com chapas de aço galvanizado	689,45	m²
31	Recuperações		
32	Recuperação de revestimento danificado de paredes exteriores através da remoção parcial de reboco por picagem, e reposição da parte parcialmente removida	613,44	m²
33	Limpeza de peças de degraus de escadas interiores em pedra mármore moleanos com recurso a jacto de água ou outro método mais adequado considerando trabalhos de desmontagem, sempre que necessário, substituição de elementos deteriorados, recolocação e todos	10,80	m²
34	Recuperação e reparação de guardas e corrimões estando considerada a desmontagem, sempre que necessário, limpeza, substituição de elementos deteriorados, acabamentos (decapagem, metalização, pintura na cor a definir), recolocação em local indicado no proj	37,70	m
35	Pinturas		
36	Aplicação em paredes interiores com acabamento estanhado e de gesso cartonado	1.755,39	m²
37	Aplicação em paredes interiores com acabamento areado	192,14	m²
38	Carpintaria		
39	Porta interior de madeira	9	un
40	Porta interior Segurança	2	un
41	Porta interior com placas de derivados de madeira	16	un
42	Moldura de lambrim (roda-cadeiras) de madeira maciça exótica	489,90	m²
43	Rodapé em madeira exótica	515,30	m
44	Parquete de tacos de madeira de eucalipto	988,61	m²
45	Serralharias		
46	Janela exterior de alumínio	37	un
47	Janela exterior existente a recuperar	22	un
48	Porta exterior de alumínio termolacado branco	2	un
49	Porta interior de correr, em alumínio, estando considerados reforços estruturais necessários, guarnições, acabamento final a definir, características, de resistência ao vento a definir [Pa], sem dispositivos de segurança, força de manobra classe 1, du	2	un
50	Palas horizontais de protecção solar em alumínio	67,76	m2
51	Colocação de chaminés	1	un
52	Sistemas de fixação dos quadros escolares	1	vg

ID	Nome da Tarefa	Quant.	Unidade
53	Fornecimento e colocação de claraboias em base de PRV (poliester reforçado com fibra de vidro) , considerando isolamento térmico, reforços estruturais necessários, acabamentos, fixações, remates, vedações, rufos, construção de protótipos e opções de cor i	2	un
54	Espelhos e Vidros		
55	Espelho de material vítreo com cristal branco	10,12	m2
56	Perfilados de vidro existentes a recuperar	39	un
57	Cerramento de vãos exteriores		
58	Estores interiores em rolo	226,32	m2
59	Diversos		
60	Fornecimento e colocação de sinalética alusiva ao código/ função/ horário em chapa acrílica incolo	1	m
61	Fornecimento e montagem de cabide singular	24	un
62	Tapetes	5,39	m²
63	Equipamentos Sanitários		
64	Cabines Divisórias WC	25,52	m²
65	Distribuidores de toalhetes	5	un
66	Distribuidores de papel higiénico	12	un
67	Doseadores de Sabão liquido	3	un
68	Baldes de Lixo	12	un
69	Barras de apoio a pessoas com mobilidade condicionada.	4	un
70	Piaçabas	12	un
71	Rede Prediais		
72	Rede de Abastecimento de água		
73	Tubagem em roços e/ou suspensa	153	m
74	Acessórios de rede de abastecimento	37	un
75	Acessórios de equipamentos sanitários	74	un
76	Rede de Águas Residuais		
77	Tubagem em roços e/ou suspensa	179	m
78	Acessórios de rede de águas de residuais	28	un
79	Caixas de Visita	10	un
80	Rede de Águas Pluviais		
81	Tubagem Suspensa ou valas	121	m
82	Acessórios de Rede de Águas Pluviais	9	un
83	Caleiras	42	m
84	Caixas de Visita	8	un
85	Instalações Eléctricas		
86	Condutores e Cabos	2326	m
87	Tubos	2982	m
88	Calhas	650	m
89	Sistema de Extração Ventilação		
90	Condutas e todos os acessórios	144	m
91	Montagem de Aparelhos		
92	Luminárias	301	
93	Quadros eléctricos	18	
94	FIM BLOCO A		
Página 2			

Fig.5.6 – Elaboração da WBS do projecto da ESAG

Após todas as actividades definidas, atribuímos os principais recursos (materiais, equipamentos e mão-de-obra) necessários para execução da obra e suas quantidades. A atribuição das quantidades e unidades e preços unitários respeitou o descrito no MTQ detalhado para o Bloco em causa.

Para cada actividade, definimos os relacionamentos de precedência das actividades segundo critérios de processo executivo e de sincronismo das equipas. As equipas e a duração das actividades foram ajustadas segundo o caminho crítico e respeitando um prazo adequado de execução de uma actividade e o tamanho das equipas que se definiu.

Existe agora a necessidade de se saber com exactidão os tempos gastos para a execução dos serviços.

A duração das actividades pode ser calculada sabendo-se a quantidade de serviço a ser executado, rendimento da equipa e o número de elementos que fazem parte da desta.

$$D = \frac{Q \times r_m}{N_{He} \times N_{ht}} \quad (5.1)$$

Onde:

D - Duração da actividade (dias);

Q - Quantidade de serviço a ser executado na actividade;

rm - Rendimento em H.h/unidade da actividade;

NHe – Número de Homens que compõem a equipa;

Nht – Numero de horas de trabalho.

É preciso fixar algumas variáveis, como tamanho da equipa (NHe,) ou duração da actividade (D). O valor será fixado dependendo da prática do responsável pela obra e também do tamanho desta. Sem analisar o prazo final de entrega da obra, a prática recomenda que, em construções mais complexas, sejam dimensionadas equipas maiores.

A divisão da quantidade de trabalho a ser executada pelo rendimento diário é outra maneira de fornecer uma primeira duração para a execução da actividade. Porém, muitas vezes essa duração é longa, pois estamos a utilizar apenas uma equipa. Então, deve-se analisar um tamanho ideal para a equipa e simula-se uma nova duração.

O MS Project mostra simultaneamente as actividades e o gráfico de Gantt com o Caminho Crítico gerado. É necessária uma análise crítica dos relacionamentos e utilização das equipas entre as actividades de forma a gerar um cronograma com menor duração possível sem que as quantidades de mão-de-obra e materiais sejam excessivas. O cronograma deve prever uma quantidade de equipas que proporcione um equilíbrio entre o custo indirecto e custo directo. A redução dos custos indirectos pelo aumento das quantidades de mão-de-obra e materiais não é directamente proporcional, pois maiores quantidades de mão-de-obra exigem maior número de pessoas indirectas para administrar e supervisionar a obra.

A Fig.5.7 apresenta o Caminho Crítico gerado pelo MS Project.

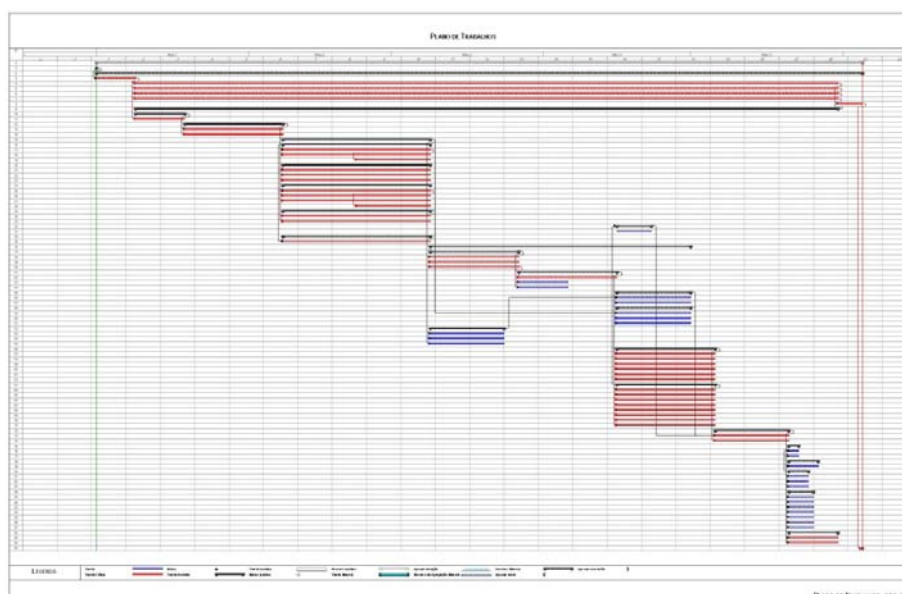


Fig.5.7 – Relacionamento entre actividades e respectivo caminho crítico (representado a vermelho)

As quantidades, bem como os preços unitários foram definidos e retirados do mapa de medições detalhadas, bem como do resumo da estimativa orçamental elaborada mostrada, em parte, pela Fig.5.8. Esta folha de cálculo reúne informações acerca da quantidade, e custo de cada composição (recurso) necessária às actividades da obra. Os rendimentos dos serviços em cada empresa e, principalmente em cada empreendimento, têm um valor particular devido às suas características internas. Por isso, o recurso a valores extraídos de publicações tem que ser utilizados cuidadosamente. Existe a necessidade de se saber com exactidão os tempos gastos para a execução dos serviços, para tornar o valor da obra o mais real possível.

MAPA DE QUANTIDADES DE TRABALHOS					
Código	Designação	Un.	QTD. TOTAL	P.UN.(C)	P.TOTAL(C)
3	DEMOLIÇÕES				
3.2	DIVERSOS				
3.2.2	OUTRAS DEMOLIÇÕES				
3.2.2.1	Execução de demolição, picagem e desmontagem de todos os materiais existentes não contemplados nem adequados às cotas e materiais da remodelação do projecto, nomeadamente pavimentos, paredes, tectos, e de outros elementos interiores, estruturais ou não, incluindo cabilharas, equipamentos, louças, considerando o seu eventual reaproveitamento, desactivação de redes de infra-estruturas, ligações provisórias e desvios, reparação de danos em elementos contíguos, remoção para local a designar pelo Dono da Obra ou para vazadouro licenciado (a cargo do empreiteiro), e todos os trabalhos necessários, de acordo os pormenores do projecto e as especificações do Caderno de Encargos. <i>NOTA: A quantidade apresentada corresponde à totalidade da área útil a manter, nos edifícios existentes.</i>	m²	1.435,31	5,00 €	7.176,55 €
7.1	PAREDES				
7.1.1	TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO EM GERAL				
7.1.1.1	PAREDES DA ENVOLVENTE EXTERIOR				
7.1.1.1.1	Paredes Correntes				
7.1.1.1.1.1	Parede Exterior Simples				
7.1.1.1.1.2	Paredes exteriores simples em tijolo cerâmico LD, furado [furação horizontal], sem paramentos à vista, assentes ao cutelo com argamassa corrente de cimento e areia, ao traço 1:4 com paramento recto, para um pé-direito até 3.70 m, incluindo execução de vãos e respectivas padieiras correntes amadas (quando aplicável), dispositivos de travação, fornecimento e transporte de materiais, cargas, descargas e execução, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos	m²	26,91	14,50 €	390,20 €
7.1.1.1.1.2.1	executada com tijolos de dimensões 300 x 200 x 200 (mm x mm x mm),	m²			
7.1.1.2	PAREDES INTERIORES DE EDIFÍCIOS				
7.1.1.2.1	Paredes Correntes				
7.1.1.2.1.1	Parede Interior Simples				
7.1.1.2.1.2	Paredes interiores simples, em tijolo cerâmico LD, furado [furação horizontal], sem paramentos à vista, assentes ao cutelo com argamassa corrente de cimento e areia, ao traço 1:4, com paramento recto, para um pé-direito até 3.70 m, incluindo execução de vãos e respectivas padieiras correntes amadas (quando aplicável), fornecimento e transporte de materiais, cargas, descargas e execução, de acordo com os desenhos de pormenor e o caderno de encargos	m²	364,98	11,00 €	4.014,78 €
7.1.1.2.1.2.1	Pano em tijolos 300 x 200 x 110 [mm x mm x mm],	m²			
7.1.1.2.1.2.2	Pano em tijolos 300 x 200 x 70 [mm x mm x mm],	m²	137,56	9,00 €	1.238,04 €

Fig.5.8 – Extracto dos mapas de quantidades e estimativa orçamental

Depois de executado o planeamento para um bloco (anexo A1), elaborou-se o planeamento geral incluindo os restantes Blocos (B,C,D), sendo que é a partir deste que o estudo em questão se debruçará.

Para a elaboração deste planeamento a estratégia adoptada foi a de utilizar o planeamento executado para um só bloco, e repeti-lo mais três vezes, isto é passamos a ter os quatro blocos interligados entre

si através das actividades. Essa interligação entre actividades, além de respeitar os relacionamentos de precedência de processo executivo e de sincronismo das equipas, foi encadeada de maneira a que terminando uma actividade no bloco A se inicie a mesma actividade no bloco B. Este encadeamento foi executado para os restantes blocos. Estas ligações permitem que utilizemos a mesma equipa para a execução da mesma actividade nos diferentes blocos, uma vez que, uma actividade no bloco sucessor (por exemplo bloco B) só pode começar depois da mesma actividade ter terminado no bloco antecessor (bloco A). Em algumas actividades este relacionamento, fim de uma actividade num bloco início no outro, não acontece devido às restrições de precedência existentes. Como exemplo disto temos a actividade Recuperações que possui um desfaseamento entre o término da actividade no bloco A e o início no bloco B, ou seja a actividade termina no bloco A mas não pode começar no bloco B, uma vez que a actividade Recuperações tem como antecessora as actividades Redes Prediais, Instalações Eléctricas e Sistemas de Extracção e Ventilação, e estas não estando concluídas, a sua sucessora neste caso a actividade Recuperações (bloco B) não se pode iniciar. O mesmo sucede-se com outras actividades tais como Carpintaria, Serralharia, Pinturas e todas as actividades finais dos blocos em estudo. Isto é constatável observando o anexo A2, onde se verifica o encadeamento fim-início entre algumas actividades nos diferentes blocos bem como o desfaseamento acima mencionado.

Posteriormente, com todas as actividades dimensionadas, datas definidas, rendimentos calculados, obtemos um primeiro planeamento para a ESAG.

Já definido o prazo da obra e as equipas necessárias para a realização de cada actividade, realizamos a análise, ajuste e consolidação do planeamento, a fim de optimizá-lo e reduzir ao máximo a mão-de-obra supérflua. Para isto utilizamos o gráfico da mão-de-obra como parâmetro de análise.

A representação gráfica do número necessário de mão-de-obra, indica a sua evolução no tempo. O formato S representa um projecto que começa lentamente, depois se agiliza, e no final, diminui o seu ritmo de forma rápida. É também uma expressão usada para a provável distribuição cumulativa resultante de uma simulação, uma ferramenta da análise quantitativa de riscos.

A partir da análise dos gráficos de necessidade de mão-de-obra, e como pretendermos reduzir a ocorrência de picos de mão-de-obra desnecessária e a criação de altos e baixos procedeu-se ao nivelamento desta. Essas flutuações implicam a necessidade ou não de mão-de-obra ao longo do tempo, isto poderá traduzir-se num aumento de custos para a empresa devido às necessidades bruscas que daí poderão ocorrer. Para evitar estas situações, reajustamos o planeamento utilizando as margens que algumas tarefas possuem. Para isto realizamos o redimensionamento das equipas nas actividades, repensou-se os relacionamentos das actividades e deslocou-se algumas tarefas utilizando a sua margem, sem no entanto aumentar as durações de qualquer bloco, obtendo-se assim o planeamento final (anexo A3) e os resultados ilustrados nas Figuras: 5.9, 5.10 e 5.11. No anexo A4 pode-se observar as actividades que dispõem de margens.

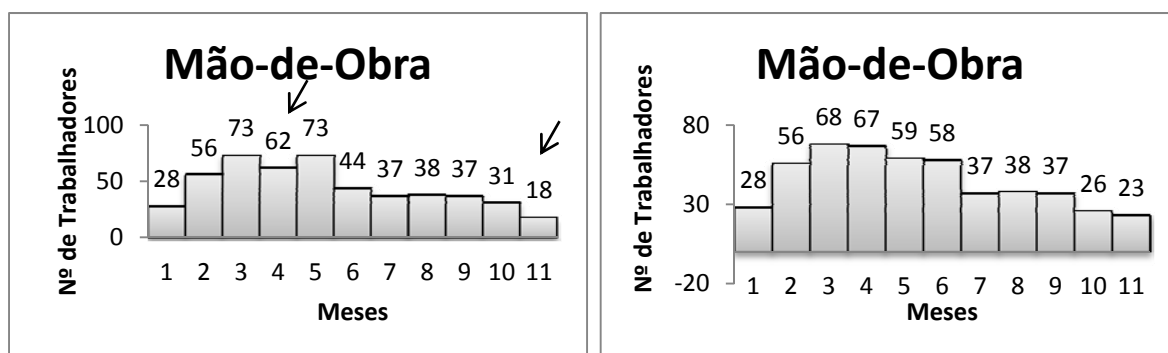


Fig.5.9 – Cronograma de mão-de-obra, anterior e posterior ao ajuste do planeamento

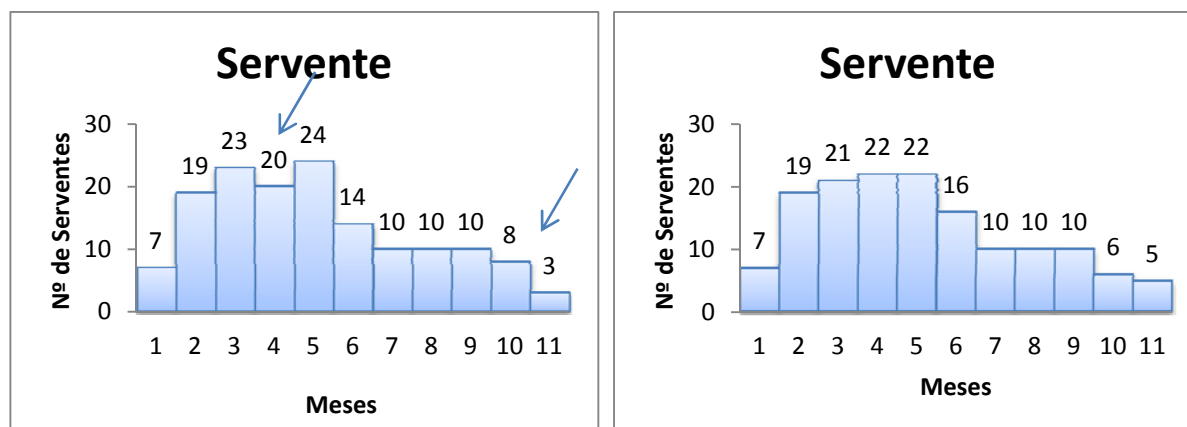


Fig.5.10 – Cronograma de pedreiro, anterior e posterior ao ajuste do planeamento

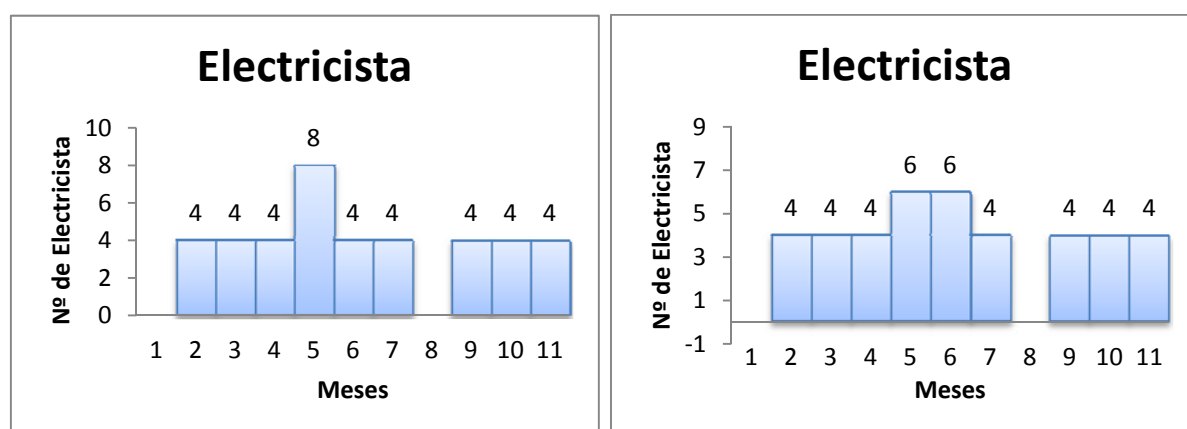


Fig.5.11 – Cronograma de electricista, anterior e posterior ao ajuste do planeamento

O projecto da ESAG planeado de acordo com a metodologia PERT/CPM apresenta várias actividades que fazem parte do Caminho Crítico. Estas actividades definem a duração total da obra, uma vez que um atraso numa destas actividades tem como consequência o aumento da duração total do projecto. A duração total da obra é de 315 dias, aproximadamente 10,5 meses. Neste caso não existe a execução de fundações uma vez que se trata de uma reestruturação, caso existisse deverá ser tido em conta o período de chuvas, normalmente de Dezembro a Fevereiro, para que não coincidisse com as etapas de movimentação de terras, construção de fundações e estruturas em betão armado, pois a chuva prejudica a produtividade da equipa nesse tipo de actividade. Caso se tivesse optado pela execução de um bloco de cada vez, isto é, execução do bloco A e só depois deste terminado executar o próximo bloco (bloco B) e assim sucessivamente, a duração total da obra situar-se-ia nos 156 dias, aproximadamente 5,2 meses como constatável no anexo A1, o que implicava que a construção dos 4 blocos demorasse 624 dias. Esta estratégia de execução teria de ser adoptada se existisse a necessidade de se continuar a leccionar nos restantes blocos (B,C,D), o que neste caso não se tornou uma objecção uma vez que foram instalados contentores para que se pudesse continuar a leccionar, sem condicionar o normal funcionamento da actividade lectiva.

Após a consolidação do planeamento do projecto, e tomando como base de preço a estimativa orçamental, elaborou-se um cronograma mensal e acumulado da facturação da construção dos quatro Blocos.

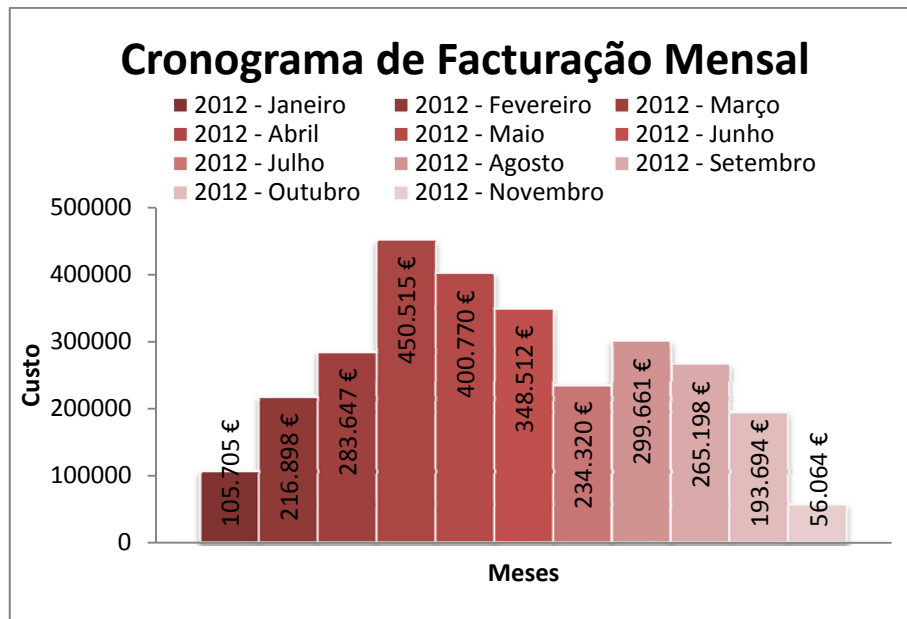


Fig.5.12 – Cronograma de facturação mensal

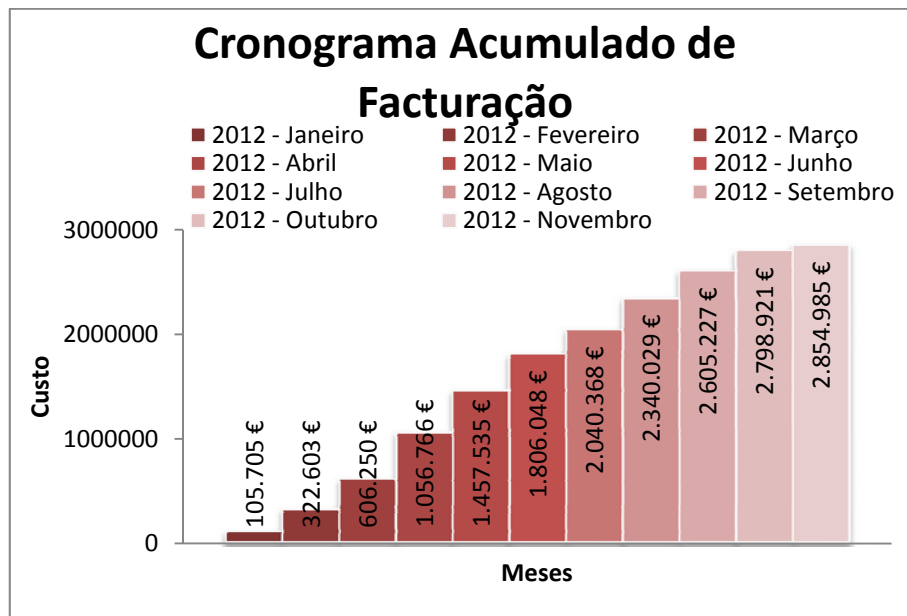


Fig.5.13 – Cronograma acumulado de facturação

No próximo item, desenvolve-se uma aplicação da técnica LOB para este mesmo projecto e posteriormente, serão apresentadas as diferenças e semelhanças entre as técnicas CPM e LOB.

5.3. PLANEAMENTO DO PROJECTO APLICANDO A METODOLOGIA LOB

Os passos para aplicação da Linha de Balanço estão directamente ligados com as tomadas de decisões tácticas que originam os principais factores intervenientes na programação da construção. Assim, a aplicação do método exige conhecimento da quantidade de serviço a executar e a produtividade da mão-de-obra disponível, pois tais informações são necessárias para o cálculo da necessidade de mão-de-obra para execução da tarefa no prazo estabelecido.

A primeira fase do trabalho é a elaboração de uma lista (determinação) das actividades que estarão envolvidas no processo construtivo de uma unidade básica, neste caso definida por bloco. Com a elaboração desta lista de actividades, é possível adoptar dois caminhos: calcular o tempo necessário para executar cada tarefa em função da equipa disponível, ou estipular as equipas em função do tempo de ritmo, caso a empresa opte por fixar o prazo de entrega da obra, com possibilidade de alteração no número de funcionários

O próximo passo é a construção do gráfico da Linha de Balanço, que pode ser elaborado com auxílio de computador, com recurso a programas informáticos, neste caso utilizou-se o *software* Vico Control. O gráfico deve ser impresso numa escala que facilite a visualização, podendo ser dividido entre os meses em que a obra será executada.

Com a obra em andamento, é possível controlar os resultados e se necessário, modificar a programação para atender à realidade na fase de execução.

A técnica LOB possui um menor detalhe das actividades quando comparada a outros métodos como o CPM. Para aplicação da técnica no projecto teve-se o cuidado, na elaboração da WBS, de se dividir em actividades que fossem aplicadas a esta metodologia. Para isso agruparam-se as actividades obtidas no planeamento do item anterior em macro actividades de forma a obter um menor número de actividades. As actividades definidas foram: Demolições, Alvenarias, Instalações de Redes Prediais, Instalações Eléctricas, Sistemas de Extração e Ventilação, Revestimentos, Recuperações, Carpintaria, Serralharia, Pinturas e Montagem de Aparelhagem. O anexo A5 mostra o agrupamento detalhado das actividades em macro actividades.

Foram definidos os quantitativos de cada actividade e reunidos num quadro, contendo além das actividades, o tempo de duração e a actividade antecessora.

Quadro 5.1 – Actividades do Projecto

	Actividades		Precedência	Duração (dias)
A	Consignação	---	---	0
B	Montagem do Estaleiro	A	Consignação	8
C	Demolições	B	Montagem do Estaleiro	10
D	Alvenarias	C	Demolições	20
E	Redes prediais	D	Alvenarias	30
F	Instalações Eléctricas	D	Alvenarias	30
G	Condutores e Cabos	F,I	Revestimentos/Instalações Eléctricas	7

H	Sistemas de Extracção e Ventilação	D	Alvenarias	30
I	Revestimentos	E,F, H	Redes/Instalações Eléctricas/Sis. Extracção e Ventilação	53
J	Recuperações de Elementos Danificados	E,F, H	Redes/Instalações Eléctricas/Sis. Extracção e Ventilação	15
K	Carpintaria	I	Revestimentos	20
L	Serralharia	I	Revestimentos	20
M	Pinturas	G,K, L,I	Condutores e Cabos/Carpintaria/Serralharia/ Revestimentos	15
N	Espelhos e Vidros	M	Pinturas	2
O	Cerramento de Vãos Exteriores (Estores)	M	Pinturas	6
P	Diversos	M	Pinturas	4
Q	Equipamento Sanitário	M	Pinturas	5
R	Montagem de Aparelhagem	M	Pinturas	10
S	Desmontagem do Estaleiro	R	Montagem de Aparelhagem	5

Visando facilitar a programação pelo método da LOB, foram necessárias simplificações. Por exemplo, o empreendimento possuía obras complementares, como a infra-estrutura, a ligação entre todos os blocos, a remodelação de um pavilhão e ginnodesportivo, as quais foram desconsideradas.

Como se constata no Quadro 4, algumas actividades apresentam uma curta duração, e não merecem destaque na elaboração do planeamento, como os condutores e cabos, espelhos e vidros, cerramento de vãos exteriores, diversos e equipamentos sanitários.

Em função disto, algumas actividades foram excluídas, e um novo quadro (Quadro 5) de actividades foi elaborada, organizando as actividades e excluindo-se as actividades de menor importância. Do total de dezoito actividades relacionadas, sete foram excluídas. Isto, conforme já mencionado anteriormente, serve para melhorar a visualização do gráfico, e retirar aquelas actividades que possuem um pequeno tempo de execução em relação às restantes actividades, bem como as actividades não repetitivas, como são o caso da montagem e desmontagem do estaleiro.

Quadro 5.2 – Actividades Seleccionadas

Actividade	Precedência	Duração Calendário (dias)
Demolições	Montagem do Estaleiro	10
Alvenarias	Demolições	20
Redes Prediais	Alvenarias	30
Instalações Eléctricas	Alvenarias	30

Sistemas de Extracção e Ventilação	Alvenarias	30
Revestimentos	Redes/Instalações Eléctricas/Sis. Extracção e Ventilação	53
Recuperações de Elementos Danificados	Redes/Instalações Eléctricas/Sis. Extracção e Ventilação	15
Carpintaria	Revestimentos	20
Serralharia	Revestimentos	20
Pinturas	Condutores e cabos/ Carpintaria/Serralharia/ Revestimentos	15
Montagem de Aparelhagem	Pinturas	10

Como o prazo pretendido para a execução da obra é de 10,5 meses aproximadamente, foi utilizado uma escala de tempo em semanas, (precisão 0,5 semanas), por ser uma unidade de tempo razoável de actualizações. Todas as durações foram arredondadas para valores superiores, uma vez que as durações não apresentavam tempos exactos, e por outro lado por precaução de pequenos atrasos que possam surgir. Assim, estimou-se inicialmente que a duração total do projecto seria de 44 semanas, tempo necessário para a construção dos 4 Blocos (ou unidades de projecto) mais as actividades Montagem do Estaleiro a qual não é repetitiva neste projecto.

Quadro 5.3 – Durações em Semanas

Actividade	Duração Calendário (dias)	Duração Semanas (semanas)
Demolições	10	1,43 = 1,5
Alvenarias	20	2,86 = 3
Revestimentos	53	7,57 = 8
Recuperações de Elementos danificados	15	2,14 = 2,5
Pinturas	15	2,14 = 2,5
Carpintaria	20	2,86 = 3
Serralharia	20	2,86 = 3
Redes Prediais	30	4,29 = 4,5
Instalações Eléctricas	30	4,29 = 4,5
Sistema de Extracção e Ventilação	30	4,29 = 4,5
Montagem de Aparelhagem	10	1,43 = 1,5

Os dados relativos ao tempo e ritmo das actividades, foram calculados a partir das durações das tarefas, durações essas que foram retiradas do planeamento em CPM, uma vez, que se considera as mesmas quantidades bem como as mesmas composições de equipas.

As equipas disponíveis para execução de cada actividade, foram dimensionadas de acordo com tabelas de rendimento, as quais também se consideram iguais ao planeado pelo método CPM, bem como o tempo necessário para execução de cada actividade para cada bloco, e inicialmente há apenas uma equipa para execução de cada actividade. [13]

Estabelecidas as durações de todas as actividades necessárias para a elaboração de uma sequência, que tenha uma lógica de precedência normal executável para uma obra pode-se estabelecer a duração da unidade básica, por meio da soma das durações de cada actividade necessária à elaboração dessa unidade.

Diante da duração total do projecto e do número total de unidades de repetição, calcula-se a razão entre estes, obtendo-se assim uma estimativa do ritmo de produção da obra igual a 0,0909 Bloco por semana, ou 11 semanas para cada Bloco.

A sistemática de planeamento proposta está demonstrada por passos no Quadro 7. As etapas descritas nesse quadro referem-se a tarefas já discutidas neste trabalho e, por isso, estão apresentadas de forma resumida.

Quadro 5.4 – Conjugação dos 2 métodos

Etapas	Tarefas do Planeamento	Técnica Aplicada
Etapa1	Elaboração do Diagrama de Precedências das Actividades e Sequência lógica	PERT/CPM
Etapa 2	Estimativa da Duração das Actividades	PERT/CPM
Etapa 3	Definição do Caminho Crítico	PERT/CPM
Etapa 4	Agrupamento das Actividades em Actividades para aplicação do LOB	LOB
Etapa 5	Definição da duração das actividades LOB a partir da Etapa 2	LOB
Etapa 6	Definição das escalas do gráfico LOB e obtenção desses quantitativos	LOB
Etapa 7	Construção do Gráfico LOB	LOB

Com estas informações, foi elaborado então o gráfico da linha de balanço, num planeamento das actividades que deverão ser desenvolvidas dentro da obra, para atender às metas estabelecidas.

Como suporte computacional ao planeamento segundo este método, utilizamos o *software Vico Control*. O *Vico Control* é uma aplicação informática que trabalha em ambiente *Windows* e que se destina ao planeamento de projectos em linha de balanço. É um programa relativamente recente, mas que poderá vir a ser muito importante e interessante no planeamento em LOB, devido às inúmeras funcionalidades que apresenta. Na elaboração deste trabalho não foram exploradas todas essas funcionalidades, como recursos utilizados, relatórios, custos, devido às restrições de prazo, bem como

a alguma falta de conhecimentos na inserção e utilização dos dados no referido programa, deixando essa exploração como sugestão para desenvolvimentos futuros.

O Anexo A6 apresenta, de uma forma mais legível, o planeamento executado em linhas de balanço que está demonstrado nas figuras a seguir apresentadas.

Numa primeira fase, na elaboração do planeamento, e após ter inserido os dados previamente calculados referentes à duração das actividades, obteve-se o seguinte planeamento Fig.5.14.

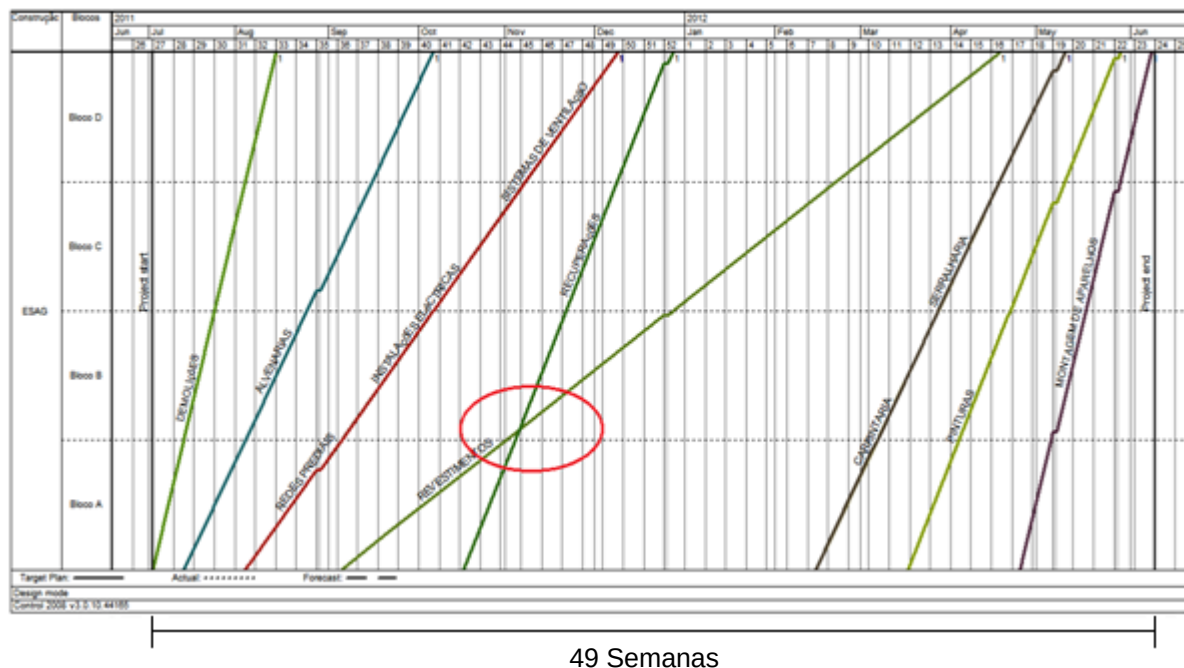


Fig.5.14 – Planeamento Inicial em LOB

Com a elaboração deste planeamento constatamos que existe uma intersecção entre duas actividades nomeadamente Revestimentos e Recuperações. As actividades não se devem intersectar, pois o cruzamento entre duas ou mais linhas indica que a actividade sucessora alcançou a actividade antecessora e isso cria conflitos de execução. Para melhor percepção, salienta-se a zona de intersecção das duas actividades, a qual não deverá ocorrer para um bom planeamento em LOB.

Neste caso a actividade revestimentos é uma actividade “crítica” neste planeamento, pois é ela que limita o desempenho do planeamento, fazendo com que seja criada a intersecção com a actividade recuperações, devido ao facto de ser uma actividade cuja sua execução demora mais tempo.

Para contornarmos esse problema, aliado à extensa duração da actividade Revestimentos, uma vez que esta possui uma duração muito longa (32 semanas) se executada sequencialmente nas quatro unidades de projecto, e pretendendo garantir o prazo previsto de execução da obra (44 semanas) respeitando o tamanho das equipas para cada unidade, desenharam-se as linhas de balanço executando esta actividade em dois blocos simultaneamente. Para isso duplicou-se o número de equipas, o que se traduz numa redução da duração para metade, o que não compromete a restante produção da obra.

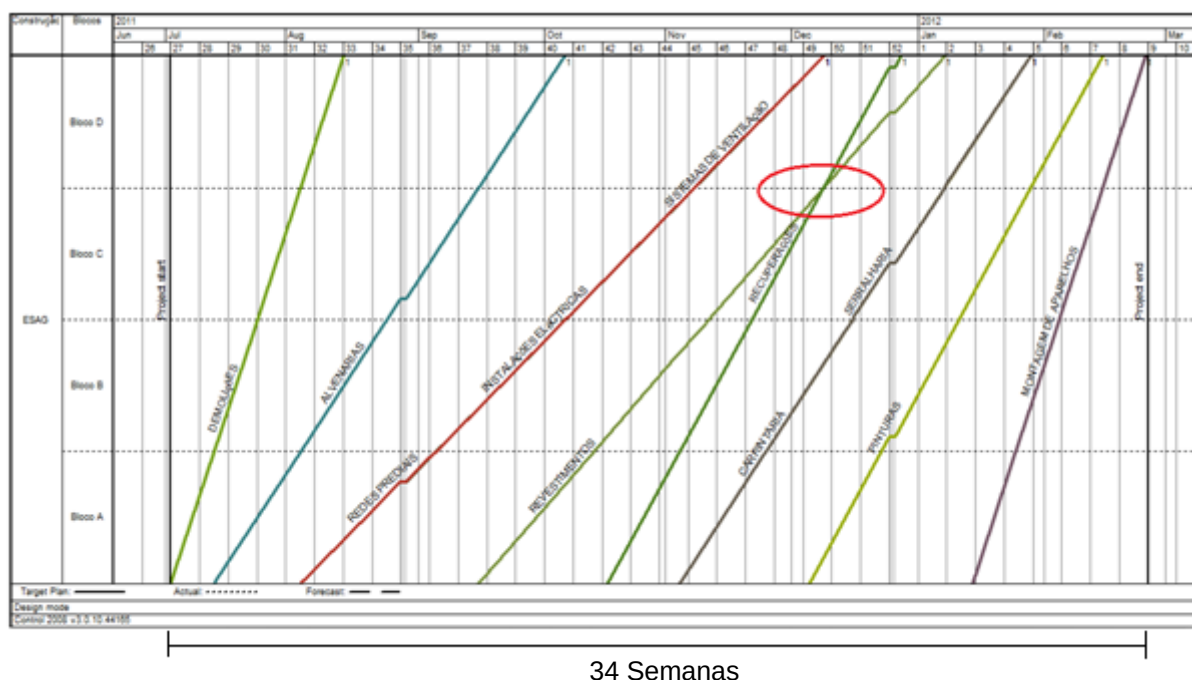


Fig.5.15 – Aumento do número de equipas na actividade Revestimentos

Depois de duplicarmos o número de equipas na actividade Revestimentos, aumentando o seu ritmo de produção, constatamos que mesmo assim não é suficiente para resolver o problema da intersecção com a actividade Recuperações. O contínuo aumento do número de equipas na actividade Revestimentos teria um custo de perda de produção, causado pela sobrecarga dos funcionários, superior ao valor economizado na redução da duração total do projecto.

No entanto o outro objectivo, diminuição da duração total da obra, foi conseguido aproximando-se mais do tempo previsto para a execução da obra.

Para resolver esta intersecção criou-se uma limitação, a actividade recuperações passou a ter uma ligação fim-fim com a actividade Revestimentos, isto é as recuperações passam a acabar ao mesmo tempo que a actividade revestimentos, não limitando assim o início das actividades Serralharia e Carpintaria, uma vez que estas só podem começar depois de terminados os Revestimentos e as Recuperações. Com esta ligação obteve-se o planeamento ilustrado na Fig.5.16

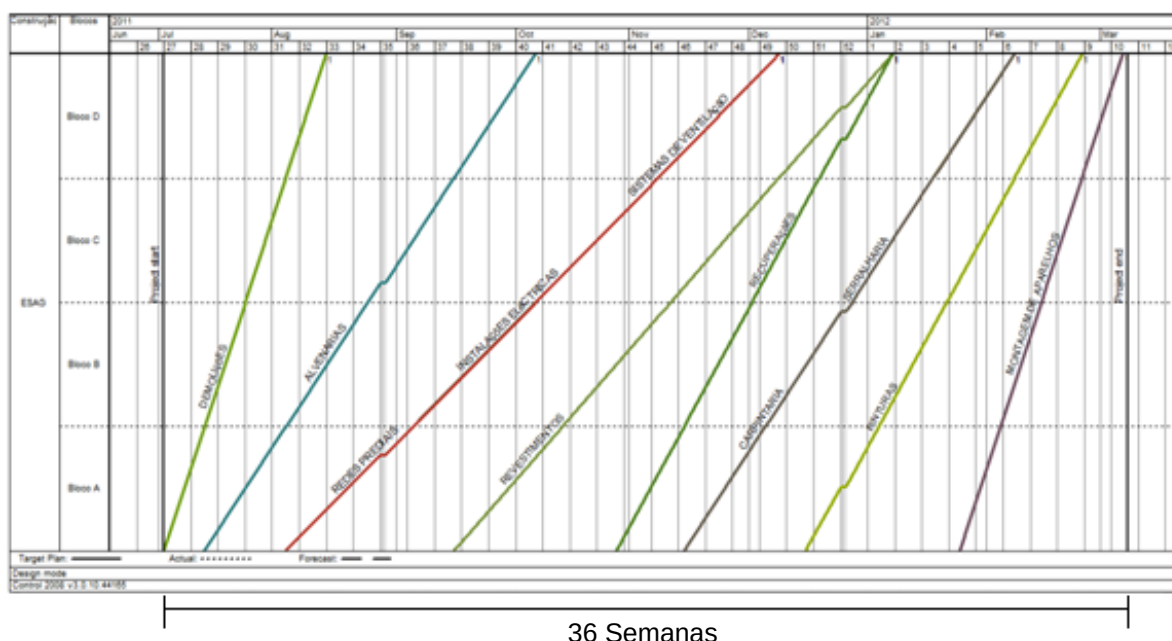


Fig.5.16 – Planeamento Final

A actividade de Pintura ocorre apenas no ambiente interno do prédio. Assim, decidiu-se executá-la do primeiro pavimento do bloco para o último, uma vez que esta actividade somente se inicia após o término completo das actividades serralharia e carpintaria em cada unidade de projecto.

Com o planeamento final elaborado, a duração total da obra situar-se-á nas 36 semanas, 252 dias. Esta duração não contempla montagem e desmontagem do estaleiro bem como as actividades de curta duração, as quais não teriam grande interesse de controlo uma vez, que um pequeno atraso nestas não teria grandes consequências na duração final do planeamento executado, bem como a sua representação iria dificultar a percepção no planeamento em LOB devido ao excesso de actividades que iriam representar.

Verificou-se com o planeamento que a técnica LOB permite continuidade dos serviços, devido ao uso adequado de tempos de folga e cálculo do tamanho das equipas. Uma equipa de trabalho executa a actividade a ela definida por unidade de projecto, assim, logo quando uma actividade é finalizada, a próxima inicia-se. Isto é verificável na Fig.5.17 e 5.18. Em obras maiores, existe a curva de aprendizagem, isto é, com a repetitividade das unidades, a equipa aumenta o seu rendimento devido à sequência estabelecida e aos conhecimentos e experiência adquiridos.

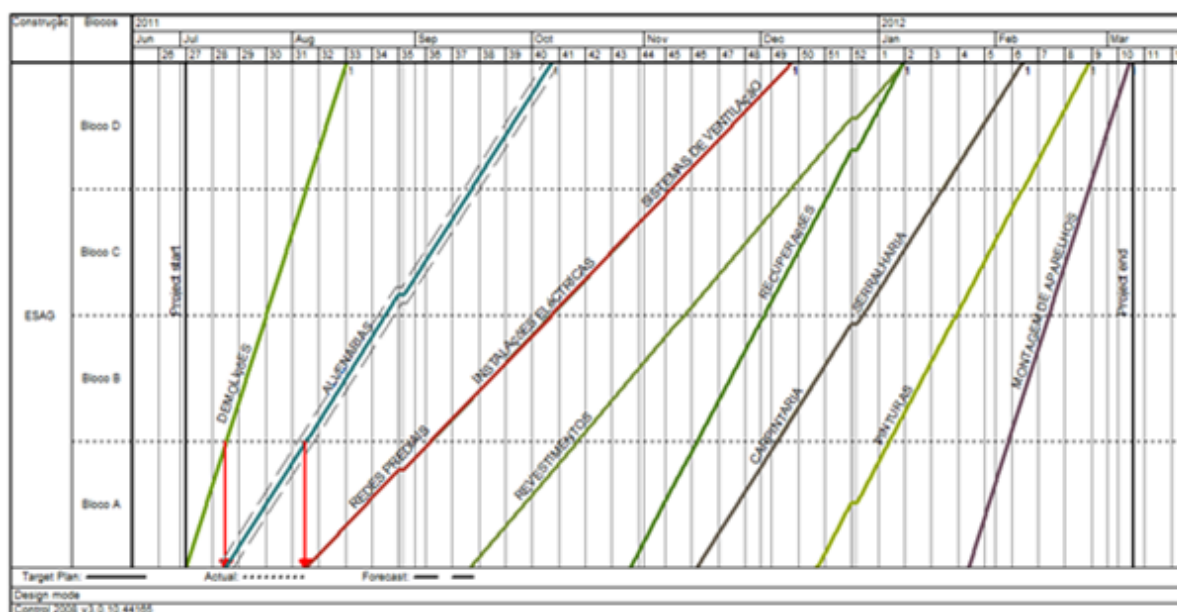


Fig.5.17 – Continuidade do serviço entre as actividades Demolições, Alvenarias e Redes Prediais e Eléctricas

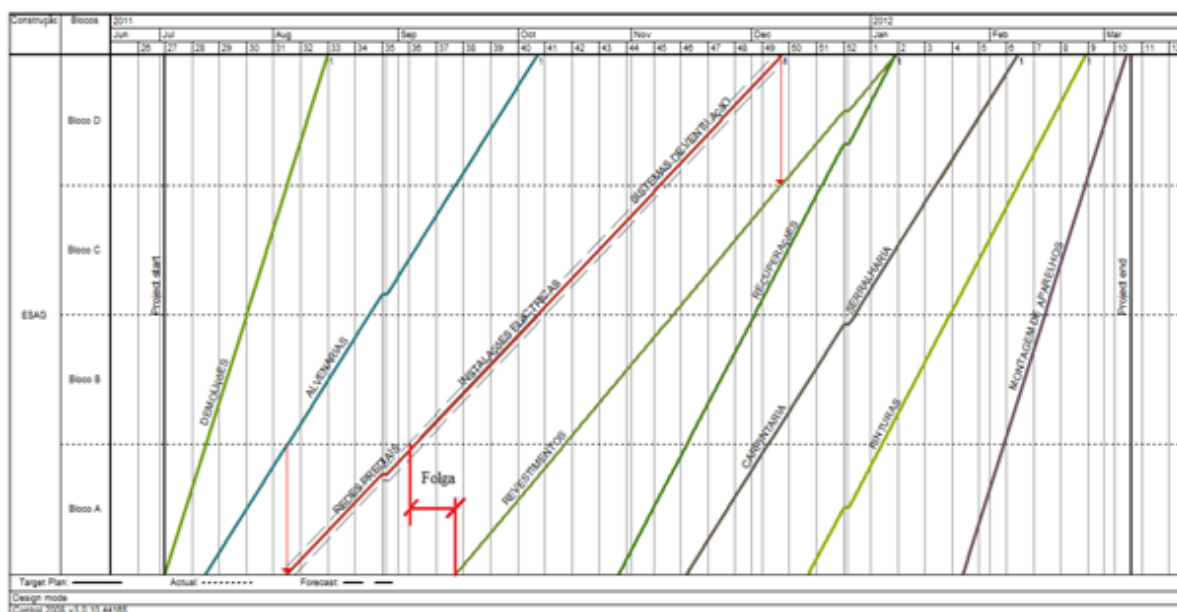


Fig.5.18 – Relação de encadeamento entre as actividades Redes Prediais e Instalações Eléctricas com sua Antecessora e Sucessora e folga existente para a actividade Revestimentos

Depois de elaborado o planeamento pelos dois métodos, em estudo, constatamos que a duração do planeamento para a execução da obra pelo método LOB é de 252 dias, sendo esta menor que a obtida pelo método CPM, situando-se esta nos 315 dias. Esta diferença de duração, aproximadamente 2 meses, entre os dois métodos será questionável uma vez que a não contabilização do tempo de montagem e desmontagem do estaleiro, bem como a não consideração das actividades de menor duração terá um relativo peso na obtenção da menor duração pelo método LOB. No entanto a diferença existente não é totalmente justificável só pela não consideração das actividades acima

mencionadas, o que nos indica que este método será o mais indicado para planeamento onde existam unidades repetitivas, pois permite continuidade dos serviços, com todas as vantagens daí obtidas, o que se traduz numa menor duração para o planeamento executado por este método.

6

CONCLUSÕES

6.1. COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLO CPM E LOB

Os métodos LOB e PERT/CPM diferenciam-se, principalmente, quanto à natureza do projecto ao qual poderão ser aplicados. Enquanto o LOB foi desenvolvido e, aplica-se adequadamente a projectos de natureza repetitiva, os responsáveis pelo planeamento têm-se decepcionado com a aplicação do método CPM nesse tipo de projecto. Actualmente, na construção em Portugal, a técnica CPM é um requisito “obrigatório” como método de planeamento de projectos afirmando-se como uma ferramenta de controlo de projectos que ganhou a confiança das empresas de construção.

A vulnerabilidade do PERT/CPM é percebida aquando das mudanças da organização sequencial das tarefas do projecto. Muitas mudanças ocorrem durante a execução de um projecto, e é essencial que o impacto dessas mudanças seja rapidamente calculado a fim de se obter um novo planeamento para a conclusão do projecto. A actualização dessas mudanças, no cronograma e diagramas de precedências PERT/CPM, é uma tarefa árdua que demora algum tempo para quem está a planear. Na técnica LOB essa tarefa é razoavelmente fácil.

Em ambas as técnicas, é possível ter-se previsibilidade nos atrasos nas actividades, porém apenas as redes PERT/CPM permitem que os impactos na conclusão do projecto causados pelos atrasos sejam analisados com precisão na conclusão do projecto, pois esta técnica define claramente as actividades críticas que compõem o caminho crítico.

Uma vantagem apresentada pela técnica LOB, não constatável nas redes PERT/CPM é a continuidade do trabalho. Usando o CPM como uma técnica para construção repetitiva, é preciso descartar a necessidade de criar continuidade de trabalho a fim de obter máxima utilização dos recursos.

Uma grande vantagem da técnica PERT/CPM é a possibilidade de efectuar o nivelamento de recursos e utilizar as folgas nas actividades caso existam. Essas práticas são complexas para serem implementadas na técnica LOB.

O nível de detalhe das técnicas é outro ponto a destacar-se nessa comparação. A LOB é uma técnica que apresenta uma quantidade limitada de informações nos seus gráficos e, além disso, o grau de complexidade é limitado. Essa característica pode ser interpretada tanto como uma vantagem, para a comunicação e interpretação por quem executa, como uma desvantagem quando é necessário um maior detalhe da tarefa a executar em obra. Para o planeamento PERT/CPM, as actividades são bem detalhadas, o que, por um lado, facilita a determinação da causa dos atrasos e/ou outras mudanças no cronograma, mas, por outro lado, dificulta o acompanhamento e controlo do progresso da obra.

A visualização de um gráfico com poucas actividades proporcionadas pela técnica LOB e distribuídas em unidades de projecto facilita a comunicação com quem está a executar. O entendimento das informações é rápido e claro. Essa transparência reflectida no processo construtivo acentua a prática dos princípios do planeamento pois reduz a variabilidade do fluxo de trabalho e consequentemente reduz desperdícios e tempo de duração do projecto. Assim, pretende-se evitar que as actividades que agregam valor sejam interrompidas, através da redução da variabilidade.

6.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO/APLICAÇÃO

Todas as técnicas de programação apresentam vantagens e desvantagens relativamente ao planeamento na construção. Descreve-se a seguir algumas vantagens e desvantagens associadas à programação de obras das técnicas CPM e LOB:

6.2.1. CPM

a) Vantagens:

- visualiza as relações e interdependências entre actividades;
- visualiza as sequências de actividades;
- permite a previsão das datas dos acontecimentos;
- permite a identificação das actividades que não devem ser atrasadas;
- permite a definição das folgas existentes entre actividades;
- permite a definição do caminho crítico;
- facilita a tomada de decisões.

b) Desvantagens (para projectos de maior dimensão):

- exige um planeamento de maior complexidade;
- para casos complexos, é de representação e construção difícil;
- “obriga” à utilização de computador para efectuar os cálculos;
- obriga à realização de um planeamento cuidadoso;
- a leitura e análise do planeamento realizado, revelam-se difíceis.

6.2.2. LOB

a) Vantagens:

- facilidade na transmissão de informações;
- detecção dos chamados estrangulamentos de produção;
- possibilidade de programar a utilização de mão-de-obra, equipamentos e componentes da construção, permitindo a programação para contratação de pessoal e aquisição e uso de materiais em obra;
- possibilidade de ajuste nos ritmos ou velocidades de execução, evitando-se conflitos ou espera na execução dos serviços;
- representação do intervalo de tempo em que cada actividade deve ser executada em cada secção do projecto e da folga existente entre a execução das actividades;
- visualização imediata das actividades que se desviaram da programação inicial e suas influências nas restantes etapas da obra, quando usada como instrumento de controlo;
- maior motivação na mão-de-obra provocada pela fixação de metas;
- especialização da mão-de-obra, através do efeito aprendizagem, proporcionada pela repetitividade.

b) Desvantagens:

- dificuldade de se considerar as variáveis que influenciam no processo construtivo; várias actividades exigem uma sequência de execução diferente do andamento da obra, como por exemplo, a execução das fachadas de um edifício;
- necessidade de um projecto integrado à forma de execução;
- necessidade de se programar à parte os serviços não repetitivos;
- especialização da mão-de-obra, tornando o operário conhecedor apenas da tarefa que executa;
- necessidade de se manter um eficiente departamento de compras de materiais ou estabelecer locais para a armazenagem destes, em função da utilização gradual dos materiais previstos na programação.

Apesar das desvantagens apresentadas, a LOB é apontada como sendo a ferramenta mais indicada para a programação de obras repetitivas. Destaca-se como benefícios da técnica, maior rapidez na execução de uma actividade, maior clareza nas actividades que se executam e maior garantia de conclusão.

O objectivo principal deste método centra-se em garantir trabalho contínuo para as equipas, eliminando as interrupções improdutivas e geradoras de custos suplementares em mão de obra e equipamentos. Da análise feita ficaram evidentes as vantagens da sua utilização na programação de projectos com características repetitivas. As principais vantagens são a simplicidade gráfica, a diminuição do tempo e do esforço de programação, a facilidade de percepção da lógica do projecto, a facilidade de monitorização e utilização regular dos recursos. Apresentam porém alguns problemas que carecem de correcção tais como a dificuldade de computadorização e a necessidade de rigor na previsão da duração das actividades e no controlo da evolução do projecto. Embora os métodos referidos não apresentem diferenças substanciais entre si, verifica-se que alguns surgiram vocacionados para determinado tipo de projectos, demonstrando a preocupação em ir ao encontro das necessidades da construção e de eliminar alguns dos problemas associados aos métodos de programação tradicionais.

6.3. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Apresentadas as vantagens e desvantagens das técnicas em estudo, faz sentido analisar as condições gerais de sucesso e aceitação da mesma, por parte da indústria da construção.

Por temer uma burocratização ou por não acreditar na eficácia dos métodos de programação, a maioria das empresas não faz um planeamento cuidado, e não percebem os benefícios que isso pode trazer para a empresa.

O planeamento deve ser entendido como uma simplificação do processo, e não como uma burocratização do mesmo, pois deve retratar a realidade do estaleiro de obras, visando definir os prazos desta, para que a empresa tenha vantagem competitiva no mercado. Cada empresa deve estabelecer uma forma de planeamento, levando em consideração a sua área de actuação, poder no mercado e tamanho das equipas.

Sabe-se que, embora haja uma preocupação crescente de grande parte das empresas construtoras em conhecer métodos organizacionais de trabalho que determinem menor turbulência e desperdícios em obra, poucos são os que conseguem adoptar e manter até o final da obra um método de programação e controlo do trabalho. Os vícios dos métodos usuais de construção e a tendência geral a decisões de recurso adoptadas no estaleiro vêm a colaborar para a inércia e falta de audácia do corpo técnico das empresas em utilizar novos métodos de organização do trabalho.

Também percebe-se na maioria das empresas que estas possuem uma equipa fixa de funcionários, que atendem a várias obras da empresa, ocasionando uma rotatividade da mão-de-obra e muitas vezes também uma descontinuidade nos trabalhos.

Este trabalho estudou a aplicação de duas técnicas de planeamento de projectos: PERT/CPM e LOB. A primeira delas é uma técnica bem difundida e amplamente utilizada, enquanto que, a segunda ainda é pouco difundida nacionalmente e possui poucas ferramentas computacionais, até agora, eficazes.

É possível observar que muitas pesquisas foram desenvolvidas de forma a estudar a elaboração do gráfico e seus benefícios, gerando Linhas de Balanço fictícias, mas poucas são aquelas que estudam casos reais de utilização da técnica. Tendo em vista essa realidade, pretende-se contribuir para essa utilização da técnica em casos práticos, aplicando-o num planeamento elaborado para a remodelação de uma escola, planeamento esse que foi efectuado no capítulo 5.

A técnica LOB apresentou-se bastante adequada para projectos de construção civil, especialmente os de natureza repetitiva. A vantagem da aplicação da Linha de Balanço em projectos de construção repetitiva é o seu uso para prever ou analisar facilmente o ritmo de qualquer processo, seja de produção, de montagem ou fornecimento. Também vale ressaltar, como dito anteriormente, que o método LOB apresenta uma melhor eficácia no planeamento de actividades repetitivas, mas não contempla as actividades relacionadas com fundação, garagens montagem e desmontagem de estaleiro. Para estas actividades torna-se necessário um planeamento à parte, o que muitas vezes inibe o seu uso. O mesmo ocorre com as actividades externas, que não são executadas por andar, mas sim por fachadas do edifício. A técnica PERT/CPM, por sua vez, exige uma grande repetitividade de actividades para esse tipo de planeamento de projecto que desfavorece o seu uso.

Fundamentado nos resultados obtidos na comparação da aplicação dessas técnicas, foi proposta uma sistemática de planeamento que integra as práticas de ambas as técnicas. Esse modelo proposto sugere a utilização do método PERT/CPM nas fases iniciais de desenvolvimento do projecto, quando é necessário maior detalhe nos relacionamentos entre as actividades, precisão de suas durações e definição das equipas de trabalho. Na fase de execução da obra, entretanto, sugere-se a utilização da técnica LOB, pois é eficiente no controlo dos progressos e oferece uma ferramenta gráfica de fácil compreensão no estaleiro.

A técnica LOB utilizada na execução da obra permite a identificação prévia dos riscos do projecto que comprometem a conclusão e/ ou o custo da obra conforme planeado. A sistemática de planeamento proposta neste trabalho permite que a fase de execução da obra ocorra da forma mais ajustada possível em relação ao previsto, controlando a variabilidade da produção e preocupando-se com a gestão dos riscos do projecto.

A pesquisa desenvolvida procurou contribuir na interpretação e melhorar o entendimento da técnica de programação da Linha de Balanço. Para tal procurou-se explicar através de imagens como ocorrem os fluxos de produção.

A programação com a Linha de Balanço pode ser paralela, com um único ritmo de execução das actividades definindo o ritmo de conclusão das unidades. E pode ser não paralela, ou não ajustada, onde os ritmos naturais das actividades são em grande parte mantidos, e o ajuste dos ritmos é parcial, isto é, para alguns grupos de actividades.

Outra limitação da metodologia de Linha de Balanço é não ser totalmente adequada (actualmente) para programação em computadores. Os diversos modelos computacionais propostos para sua solução impõem algum tipo de limitação no uso da metodologia. Adicionalmente, o objectivo de muitas destas

técnicas baseadas no conceito de Linha de Balanço é a redução da duração do projecto com pouca ou nenhuma atenção aos custos do projecto.

Apesar das várias aplicações descritas, o uso corrente da metodologia Linha de Balanço ainda é muito reduzido. As técnicas de rede foram mais facilmente computadorizadas e programas de computador baseados nestas técnicas tornaram-se mais populares principalmente com o surgimento dos computadores portáteis, cada vez mais acessíveis. Programas de computador para gestão de projectos baseados em técnicas de rede, são cada vez mais conhecidos, acessíveis e funcionais para quem está a planear. Por outro lado praticamente não existem programas comerciais baseados na metodologia Linha de Balanço. Actualmente começa-se a pesquisar, e a desenvolver programas para aplicação do método da Linha de Balanço. Em Portugal pode-se afirmar que a técnica ainda é desconhecida pela maior parte dos profissionais da área do planeamento, e este trabalho, vem contribuir para a sua disseminação.

Posto isto pode dizer-se que:

- não há unanimidade sobre a melhor metodologia de programação para os projectos de construção. Crê-se porem que deverão ser utilizados métodos de simples aplicação para permitirem o diálogo com o maior número possível de intervenientes nos projectos;
- a formulação do problema da utilização dos recursos em projectos de construção obriga, a menos de situações triviais, ao uso de processamentos automáticos. Nestas condições, os métodos de programação escolhidos deverão permitir tal tratamento;
- a gestão global dos recursos num projecto de construção envolve um grande número de disciplinas, cujo conhecimento é importante para a compreensão integral do problema. Os estudos desenvolvidos a esse nível deverão contar então com a participação de equipas interdisciplinares.

Cabe ressaltar a importância dos desempenhos em obra, pois nenhuma programação é efectiva se não houver, durante o processo de construção correcções no fluxo de trabalho programado. Existem factores que fogem à programação e que podem interferir significativamente no fluxo de trabalho, tornando obsoleto o programa elaborado. Para que isto não ocorra existe a necessidade constante de reavaliação dos planos traçados. Qualquer método de programação só terá sucesso se estiver associado ao controlo da construção.

6.4.SUGESTÃO PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo em vista os conceitos estudados nesse trabalho, sugere-se como tema para trabalhos futuros:

- a criação de uma base de dados, de atitudes preventivas, para evitar inconformidades, interrupção na produção e trabalhos extra. Dessa forma, as empresas possuem condições de evitar despesas extras, desperdícios de materiais, descontinuidade do fluxo produtivo e consequentemente, controlar com maior rigor os custos do projecto;
- a implementação e consolidação da técnica através do computador, analisando a aplicabilidade dos *softwares* de planeamento de obras na elaboração da Linha de Balanço, verificando a sua capacidade de apresentação e exploração da LOB;
- estudos de produtividade em construções do tipo repetitivo, com análise das durações das actividades;
- estudos acerca de estratégias de dimensionamento de equipas em construções com actividades repetitivas;
- pesquisa de outros modelos de programação adaptáveis ao fluxo de trabalho da construção;

- estudos sobre as principais interferências do processo construtivo tradicional e suas influências no desempenho;
- estudo de estratégia de ataque, incluindo a sequência do trabalho de unidade a unidade, número de frentes de trabalho, dispersão das equipas adequada ao longo do estaleiro, prazos totais de construção;
- aplicação do método e acompanhamento na execução de um edifício com múltiplas unidades de repetição, observando os desvios existentes entre a programação e a realidade, visando a implantação do método nas empresas de construção civil.
- outra sugestão de aprofundamento futuro é estudar uma técnica e/ou metodologia de controlo que englobe duas ou mais metodologias de planeamento em conjunto com o objectivo de se obter um planeamento mais eficaz e mais próximo da realidade possível.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bernardes, M. M. S. *Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil*. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2003.
- [2] Reis, A. C. *Organização e gestão de obras*. Edições Técnicas E.T L, Lisboa, 2009.
- [3] Roldão, V. S.. *Gestão de projectos: abordagem instrumental ao planeamento, organização e controlo*. Monitor, Lisboa, 2005
- [4] http://www.unipi.gr/akad_tmhm/biom_dioik_tech/files/pmbok.pdf. 17/03/2011
- [5] Faria, J. A. *Sebenta Gestão de obras e segurança*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2009/2010.
- [6] Pereira, N. F. F. B. *Gestão e Metodologia da construção de um edifício- Sistema integrado de Controlo de Prazos e Qualidade*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2008.
- [7] Couto, J. P. P. M.. *Métodos de Planeamento na Construção Repetitiva em Altura em Portugal*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 1998.
- [8] Arditi, D., Tokdemir, O.B., Suh, K. *Challenges in Line-of-Balance Scheduling*. Journal of Construction Engineering and Management. 2002
- [9] Arditi, D., Tokdemir, O.B., Suh, K. *Scheduling system for repetitive unit construction using line-of-balance technology*. Engineering Construction and Architectural Management, Vol.8, Issue (2), p. 90–103. (2001).
- [10] Suhail S.A., Neale, R.H. *CPM/LOB: New Methodology to Integrate CPM and Line of Balance*. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 120, Issue (3), p. 667-684. (1994)
- [11] Sousa, H. J. C.. *Gestão de Projectos Imobiliários – processo construtivo*, University of Porto Business School, FEUP, Fevereiro de 2011.
- [12] Júnior, R. M. *Programação da Produção na Construção de Edifícios de Múltiplos Pavimentos*. Dissertação de Doutoramento, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- [13] Branco, J. P. Rendimentos de Mão-de-obra Materiais e Equipamentos de Construção Civil (Tabelas). LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1983.
- [14] http://martaproje.dominiotemporario.com/doc/Case PERT_CPM_2.pdf. 15/05/2011.
- [15] Pinheiro, M. B. *Considerações Gráficas sobre a Ligação entre a Linha de Balanço e o Sistema Toyota de Produção*. Monografia para Obtenção do Título de Engenheiro Civil, Universidade Federal do Ceará, 2009.
- [16] Maders, B. *Técnica de Programação e Controle da Construção Repetitiva – Linha de Balanço estudo de Caso de um Conjunto Habitacional*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.
- [17] Arditi, D., Tokdemir, O.B., Suh, K. *Effect of Learnig on Line-of-Balance scheduling*. International Journal of Project Management. 19 (2001), 265-277, Pergamon, Chicago IL 60616 USA.
- [18] Damasceno, F. V. *Actividades de Gestão no Ambiente de Projectos de Edificações*. Monografia, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- [19] Carvalho, D. *Capítulo IV Gestão de Projectos*. 2000. http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Cap04_Project.pdf. 12/04/2011.

- [20] Brandão, F. J. F. V. S. *Plano de Trabalhos – Tipo para a Construção de Estradas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2000.
- [21] Ávila, A. V. *O Método PERT-CPM-6*.
http://pet.ecv.ufsc.br/site/downloads/apoio_did%E1tico/ECV5318%20-%20Planejamento_cap06.pdf. 12/03/2011
- [22] Blak, G., Séllos, L., Qualharini, E. L. *Uso da Técnica de Line of Balance –LOB – em Empreendimentos com Grande Repetitividade Estudo de Caso: Parque Gráfico – O Globo*.
http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART099.pdf. 18/02/2011.
- [23] Silva, A. A. *Planejamento e Controle de Múltiplos Empreendimentos em Edificações*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- [24] Vargas, C. L. S. A. *Cálculo do Balanço entre Atividades repetitivas para Uso em programas de Gerenciamento de Projectos*. http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3104.PDF. 20/04/2011.
- [25] Filipe, J. C. *Planeamento de Projectos*. 2006.
http://www.civil.ist.utl.pt/mlog/Docs/G_Projectos_06_2_a.pdf. 06/03/2011.
- [26] Teixeira, J. M. C. *Planeamento da Utilização dos Recursos em Projectos de Construção*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 1988.
- [27]<http://www.fag.edu.br/professores/lefrachid/GERENCIAMENTO%202010/FIGURAS%20LINHA%20DE%20BALANCO.pdf>. 23/02/2011.
- [28] <ftp://ftp.unilins.edu.br/jccampos/Gerenciamento%20de%20Projetos%20e%20Obras/GtoI%20-%201.S2011%20-%20101.022/Aulas%20GtoI%20.pdf>/Cap.%20II%20-%20Planejamento%20PERT-%20CPM.pdf. 03/04/2011.
- [29] Sousa, H. J. C. *Apontamentos da Cadeira de Gestão de Projectos*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2010.
- [30] Sousa, N. M. M. A. *Gestão de Projectos na Construção – Modelo de Avaliação do desempenho em Projectos*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico – IST, 2008.
- [31] Tavares, L. V. [et al.]. *Investigação Operacional*. McGraw-Hill, Lisboa, 1996.
- [32] Huang, R., S, K. *System development for non-unit based repetitive project scheduling*. Automation in Construction, Vol.14, Issue (14), p. 650-665. (2005).
- [33] <http://leanconstruction.wordpress.com/2008/09/04/linha-de-balanco-o-que-e/>. 21/03/2011.
- [34]http://pet.ecv.ufsc.br/site/downloads/apoio_did%E1tico/ECV5318%20-%20Planejamento_cap07a.pdf. 18/05/2011
- [35] Junior, C. S. A. *Nivelamento de Recursos – Gestão de Projectos*.
<http://www.projectodiario.com/gerenciamento-de-tempo/nivelamento-de-recursos>. 16/02/2011.
- [36] <http://maps.google.pt/>. 20/06/2011
- [37] Nicol, F. *Planification dans le bâtiment – méthode des tâches composées*. Bordas, Paris Bruxelles Montreal, 1975
- [38] Giaretta, O. *Aplicação do Método da Linha de Balanço em Edifícios de Múltiplos Pavimentos Tipo*. Relatório Final de Estágio para Obtenção do título de Engenheiro Civil, Universidade Comunitária Regional de Chapecó, 2006.

- [39] Soini, M. Leskela, I. Seppänen, O. *Implementation of Line-of-Balance Scheduling and project Control System in a Large Construction Company*. http://www.iglc2004.dk/_root/media/13060_043-soini-leskela-seppanen-final.pdf. 05/05/2011.
- [40] GUIA PMBOK®. *Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos*. Project Management Institute, 3ª ed. Four Campus Boulevard, EUA 2004.
- [41] Marçal, F. V. *Aplicação do Método Linha de Balanço Segundo a Filosofia Lean Construction: um estudo comparativo entre os métodos Linha de Balanço (LOB) e PERT / CPM*. Monografia de graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
- [42] Cavalcante, V. C. *Sistematização e Incorporação de Elementos Gerenciais Tácitos à Linha de Balanço de uma Empresa para Planeamento de Edifícios Altos*. Monografia para obtenção do grau de Engenheiro Civil, Universidade Federal do Ceará, 2010.
- [43] <http://w3.ualg.pt/~jmartins/pert-cpm.pdf>. 16/02/2011.
- [44] http://eden.dei.uc.pt/~dourado/Cadeiras/Pg/public_html/Acetatos/Cap7.pdf. 29/03/2011.

ANEXOS

A1. PLANEAMENTO DE 1 BLOCO

A2. ENCADEAMENTO DAS ACTIVIDADES

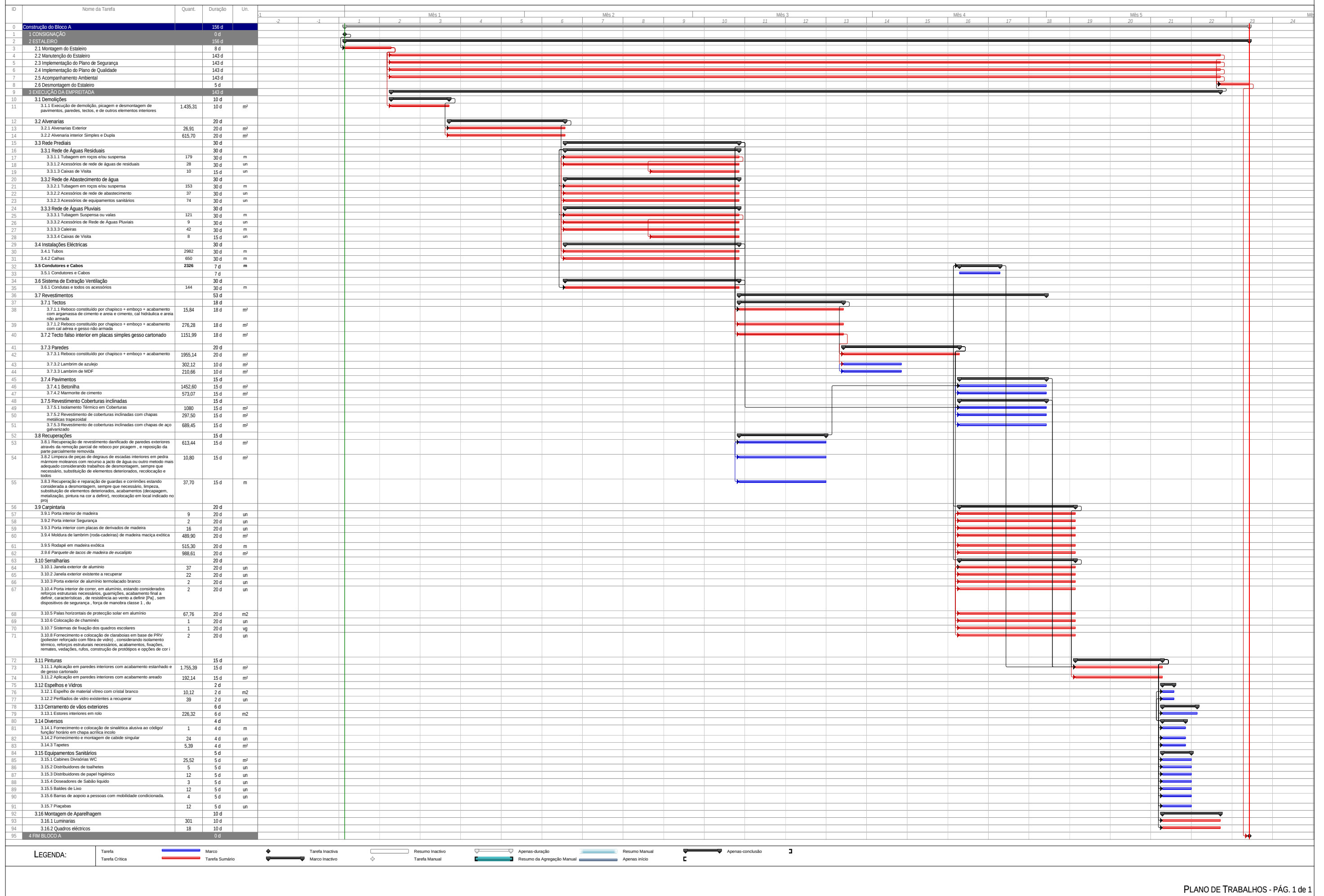
A3. PLANEAMENTO FINAL EXECUTADO PARA A ESAG

A4. MARGENS DAS ACTIVIDADES

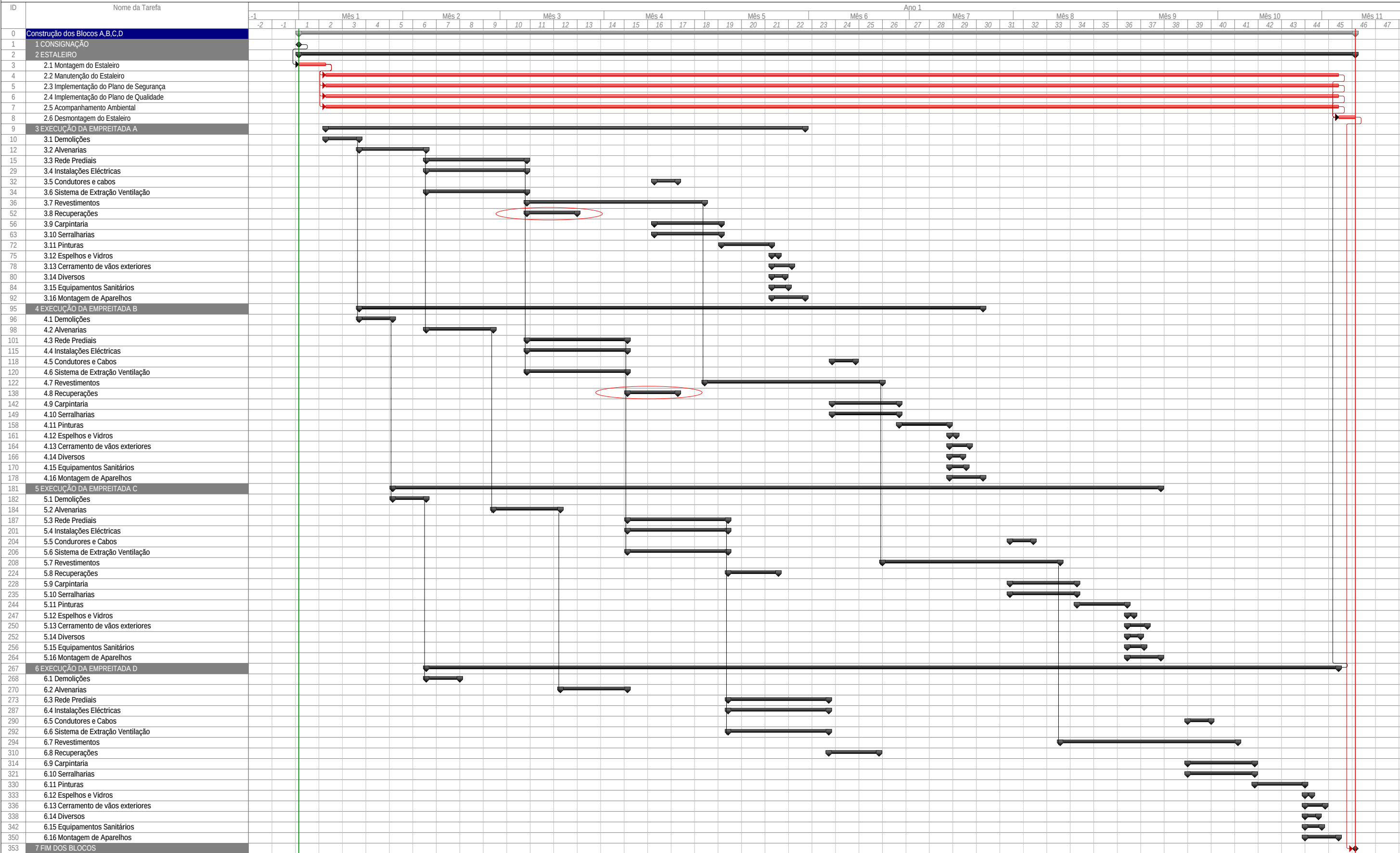
A5. AGRUPAMENTO DAS ACTIVIDADES EM MACRO ACTIVIDADES

A6. PLANEAMENTO ELABORADO EM LINHA DE BALANÇO (LOB)

PLANO DE TRABALHOS 1 BLOCO



PLANO DE TRABALHOS TODOS OS BLOCOS (A,B,C,D)



LEGENDA:

- Tarefa

Tarefa Crítica
- Marco

Tarefa Sumário
- Tarefa Inativa

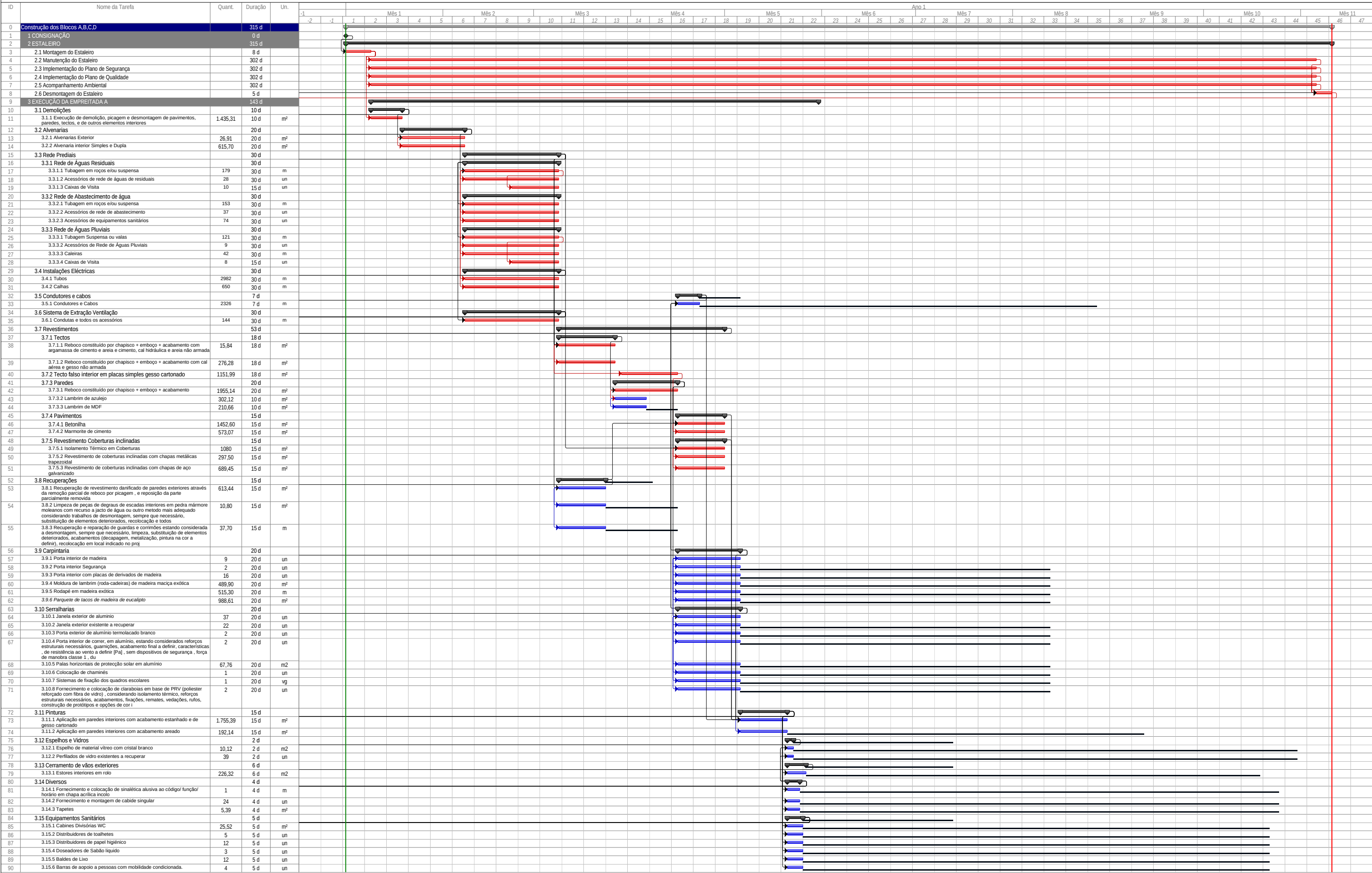
Marco Inactivo
- Resumo Inactivo

Tarefa Manual
- Apenas-duração

Resumo da Agregação Manual
- Resumo Manual

Apenas início
- Apenas-conclusão

PLANO DE TRABALHOS TODOS OS BLOCOS (A,B,C,D)



LEGENDA:

- Tarefa

Tarefa Crítica
- Marco

Tarefa Sumário
- Tarefa Inativa

Marco Inativo
- Resumo Inativo

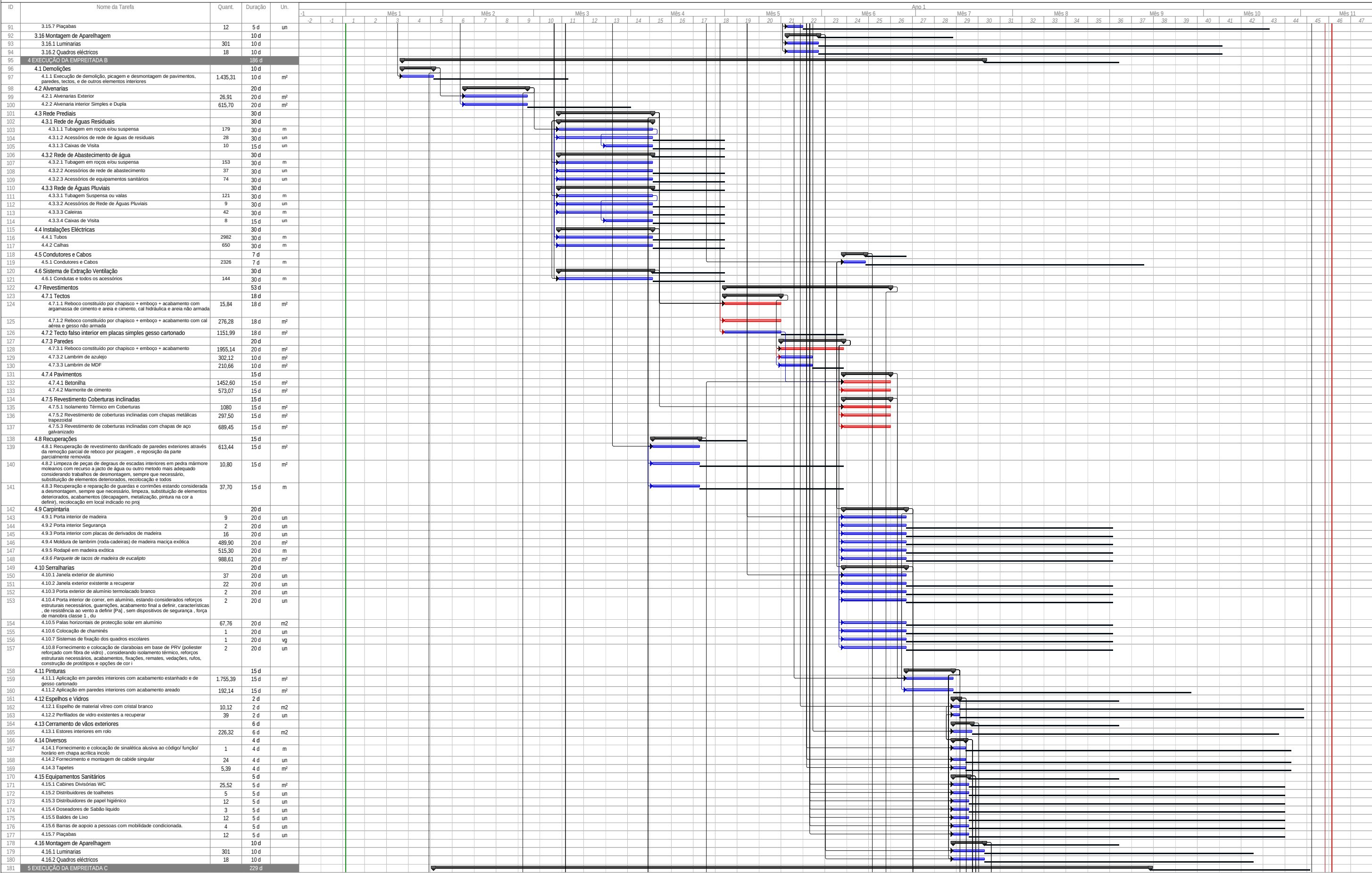
Tarefa Manual
- Apenas-duração

Resumo de Agregação Manual
- Resumo Manual

Apenas início
- Apenas-conclusão

Margem

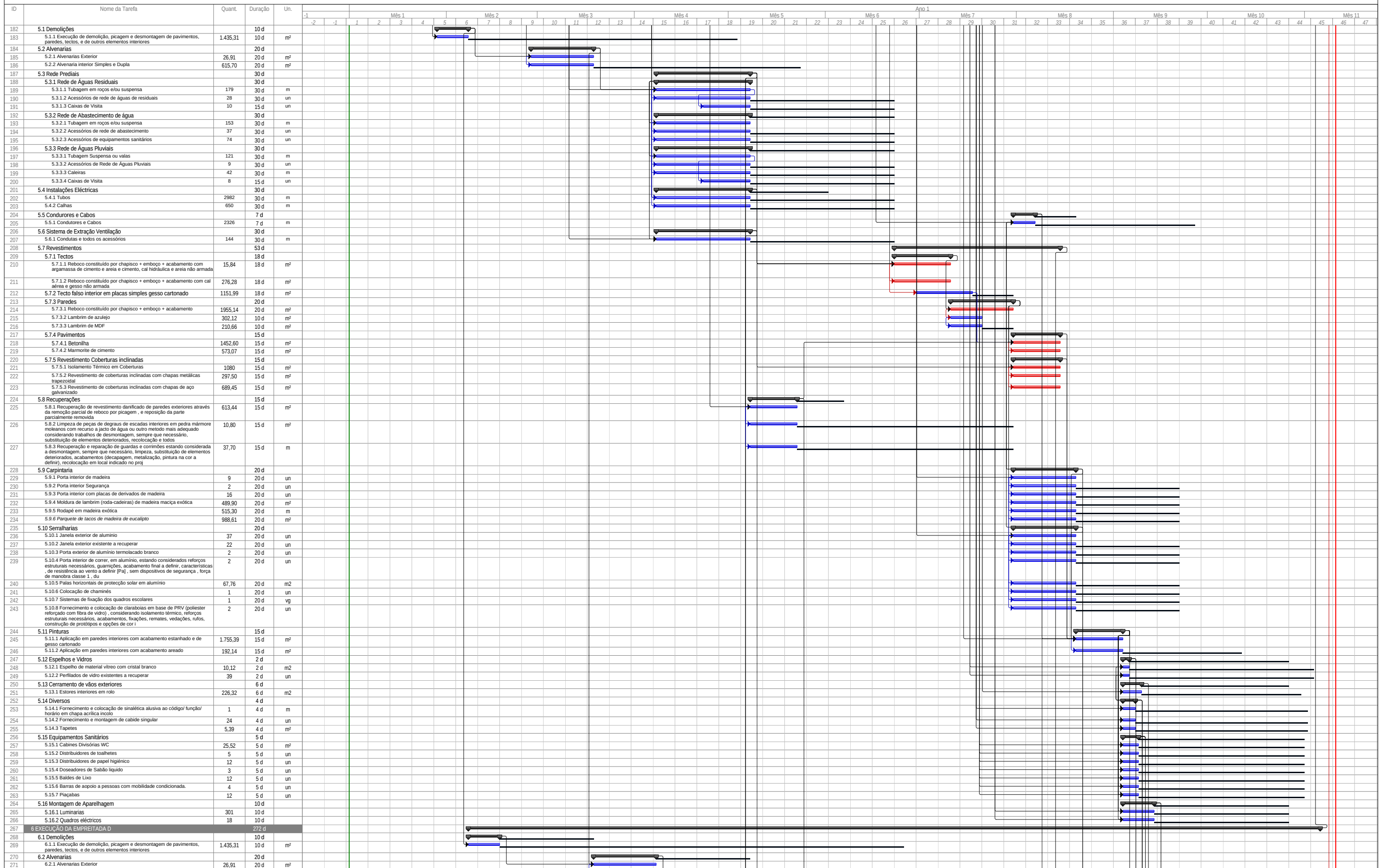
PLANO DE TRABALHOS TODOS OS BLOCOS (A,B,C,D)



LEGENDA:

- Tarefa Marco
- Tarefa Crítica
- Tarefa Inativa
- Marco Inativo
- Resumo Inativo
- Tarefa Manual
- Apenas duração
- Resumo de Agregação Manual
- Apenas início
- Apenas conclusão
- Margem

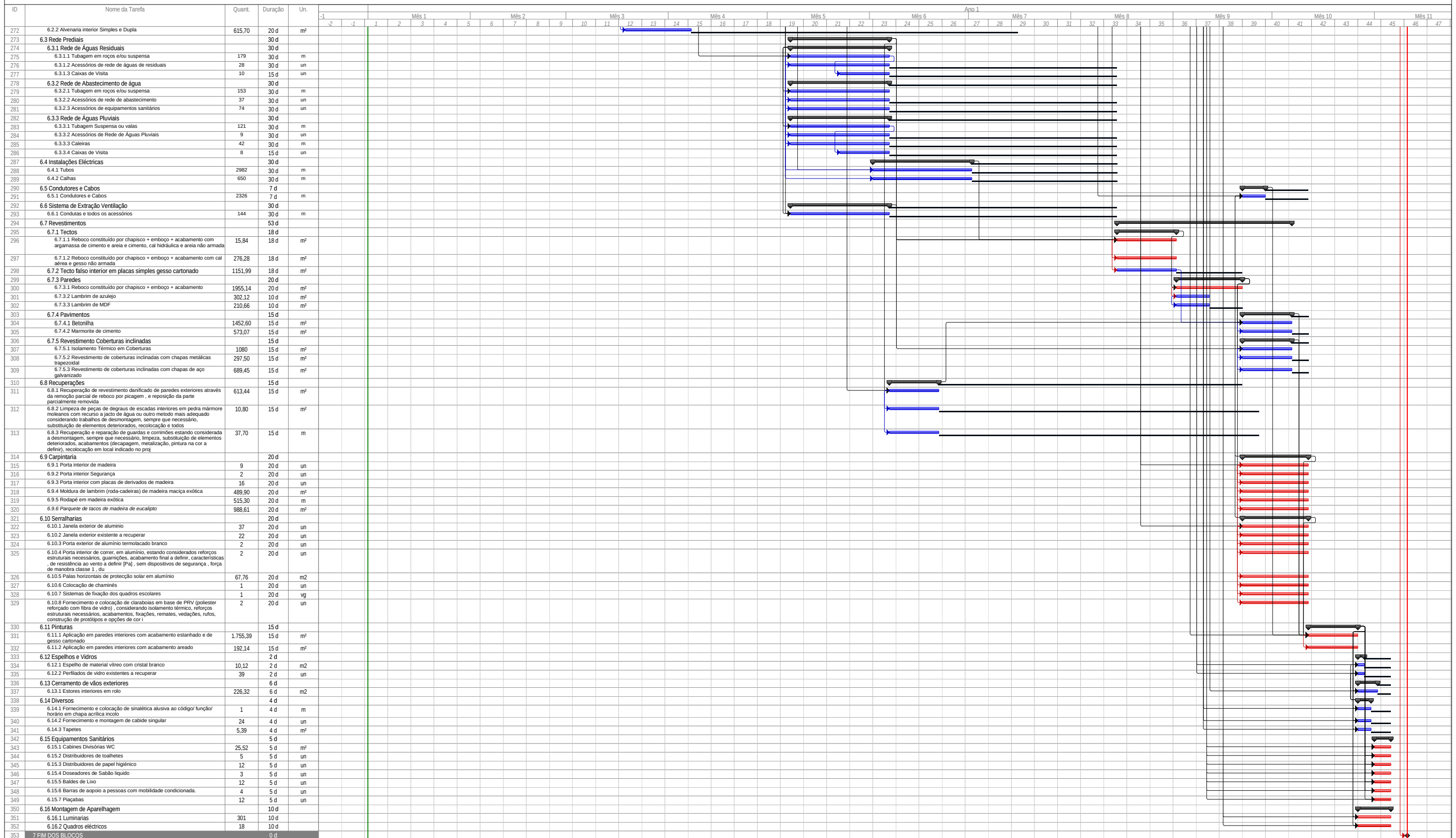
PLANO DE TRABALHOS TODOS OS BLOCOS (A,B,C,D)



LEGENDA:

Tarefa		Marco		Tarefa Inativa		Resumo Inativo		Apenas-duração		Resumo Manual		Apenas-conclusão	
Tarefa Crítica		Tarefa Sumário		Marco Inativo		Tarefa Manual		Resumo da Agregação Manual		Apenas início		Margem	

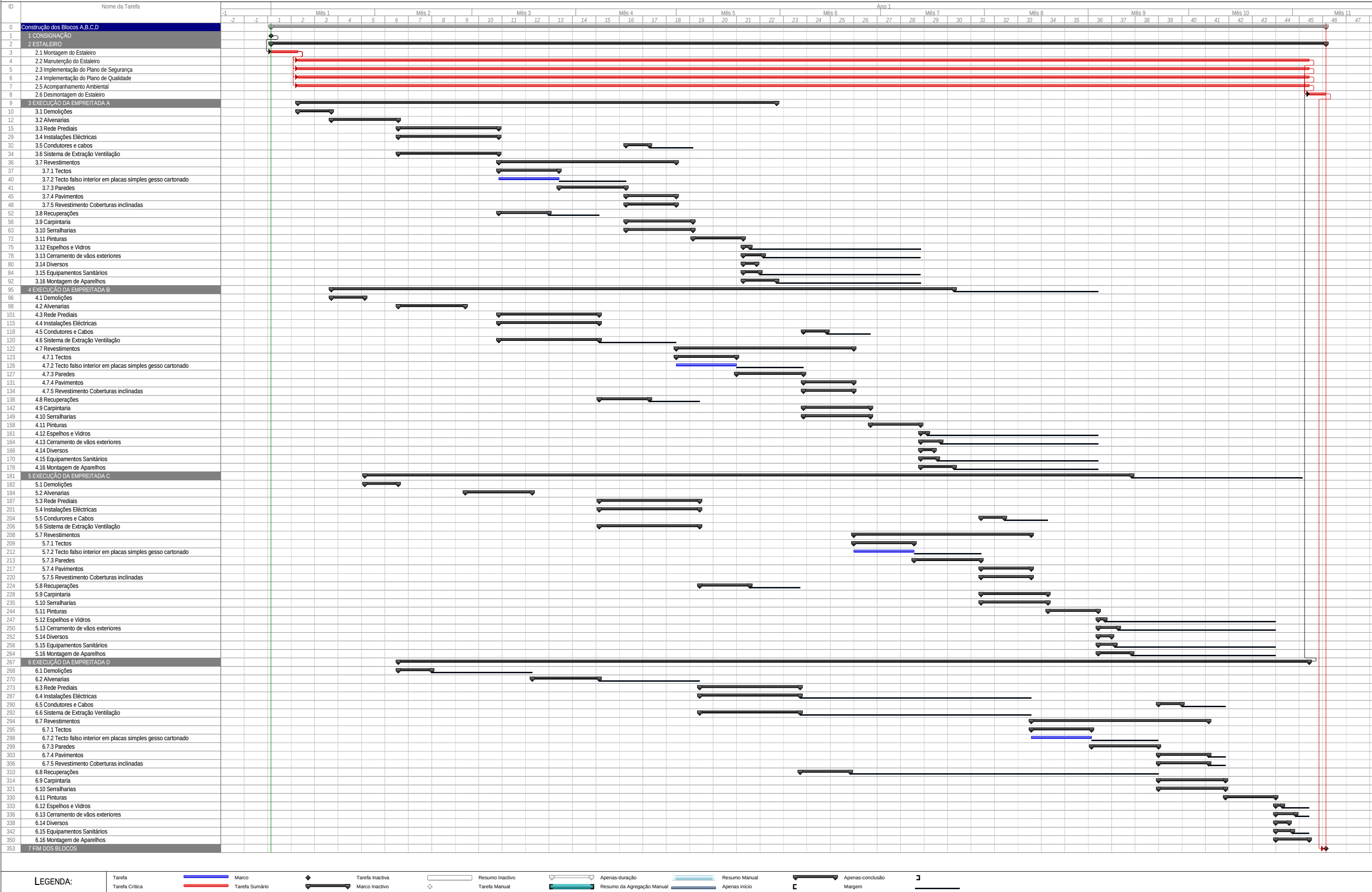
PLANO DE TRABALHOS TODOS OS BLOCOS (A,B,C,D)



LEGENDA:

Tarefa		Marco		Tarefa Inativa		Resumo Inativo		Apenas-duração		Resumo Manual		Apenas-conclusão
Tarefa Crítica		Tarefa Sumário		Marco Inativo		Tarefa Manual		Resumo da Agregação Manual		Apenas início		Margem

PLANO DE TRABALHOS TODOS OS BLOCOS (A,B,C,D)



A5 – Agrupamento das Actividades em Macro Actividades

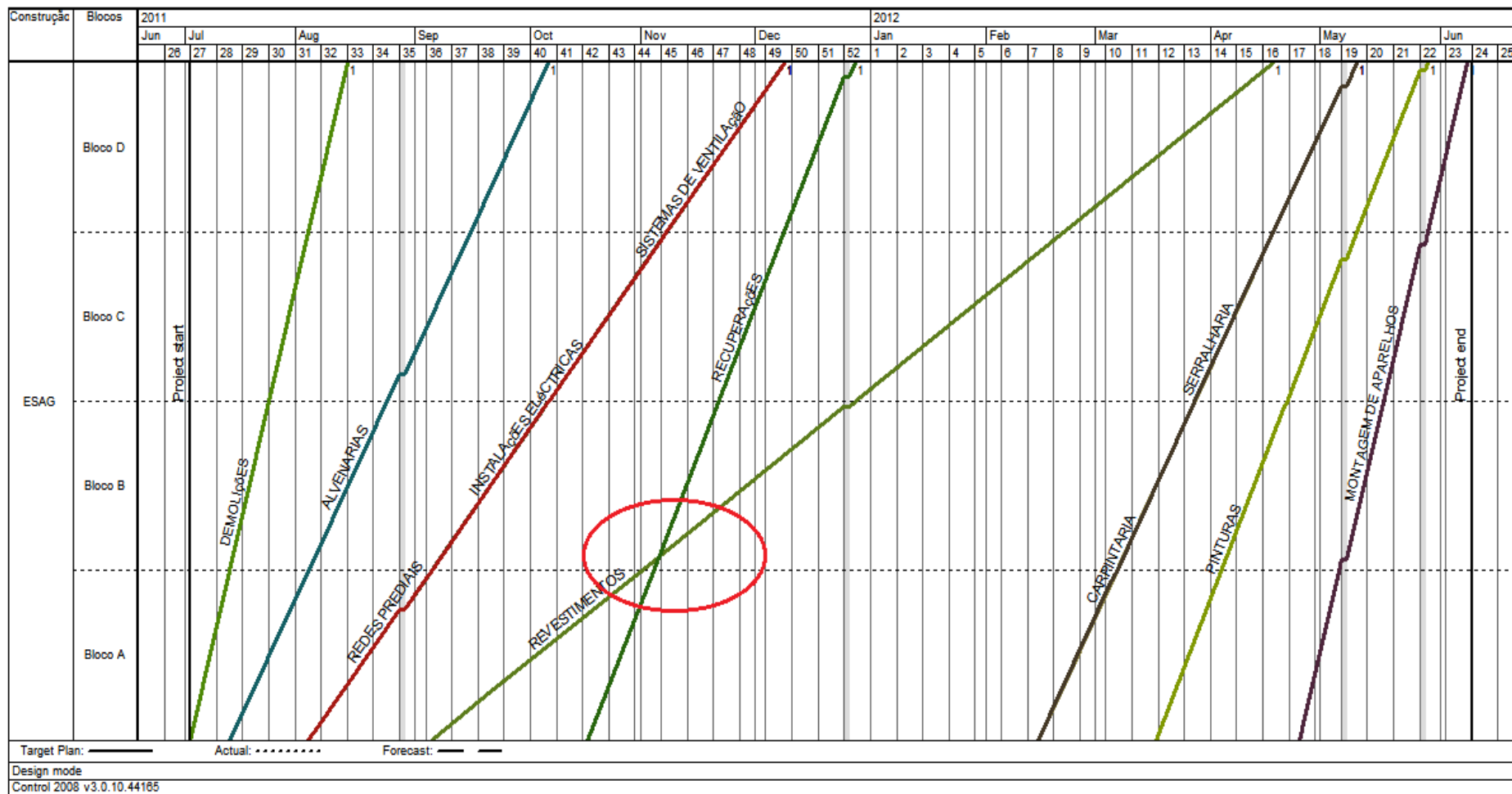
Macro Actividades	Actividades detalhadas provenientes do planeamento em CPM	
Demolições	Execução de demolição, picagem e desmontagem do pavimento	
Alvenarias	Alvenarias exteriores	
	Alvenarias Interiores	
Instalações de Redes Prediais	Rede Abastecimento de Água	Tubagem em roços e/ou suspensa
		Acessórios de rede de abastecimento
		Acessórios de equipamentos sanitários
	Rede de Águas Residuais	Tubagem em roços e/ou suspensa
		Acessórios de rede de águas de residuais
		Caixas de Visita
	Rede de Águas Pluviais	Tubagem Suspensa ou valas
		Acessórios de Rede de Águas Pluviais
		Caleiras
		Caixas de Visita
Recuperações	Recuperação de revestimento danificado de paredes exteriores através da remoção parcial de reboco por picagem, e reposição da parte parcialmente removida	
	Limpeza de peças de degraus de escadas interiores em pedra mármore moleanos com recurso a jacto de água ou outro método mais adequado considerando trabalhos de desmontagem, sempre que necessário, substituição de elementos deteriorados, recolocação e todos	
	Recuperação e reparação de guardas e corrimões estando considerada a desmontagem, sempre que necessário, limpeza, substituição de elementos deteriorados, acabamentos (decapagem, metalização, pintura na cor a definir), recolocação em local indicado no projecto	
Revestimentos	Paredes	Reboco constituído por chapisco + emboço + acabamento
		Lambrim de azulejo
		Lambrim de MDF
	Tectos	Reboco constituído por chapisco + emboço + acabamento com argamassa de cimento e areia e cimento, cal hidráulica e areia não armada

		Reboco constituído por chapisco + emboço + acabamento com cal aérea e gesso não armado
		Tecto falso interior em placas simples gesso cartonado
	Pavimentos	Betonilha
		Marmorite de cimento
	Coberturas Inclinadas	Isolamento Térmico em Coberturas
		Revestimento de coberturas inclinadas com chapas metálicas trapezoidal
		Revestimento de coberturas inclinadas com chapas de aço galvanizado
Carpintaria		Porta interior de madeira
		Porta interior Segurança
		Porta interior com placas de derivados de madeira
		Moldura de lambrim (roda-cadeiras) de madeira maciça exótica
		Rodapé em madeira exótica
		Parquete de tacos de madeira de eucalipto
Serralharia		Janela exterior de alumínio
		Janela exterior existente a recuperar
		Porta exterior de alumínio termo lacado branco
		Porta interior de correr, em alumínio, estando considerados reforços estruturais necessários, guarnições, acabamento final a definir, características, de resistência ao vento a definir [Pa], sem dispositivos de segurança, força de manobra classe 1, du
		Palas horizontais de protecção solar em alumínio
		Colocação de chaminés
		Sistemas de fixação dos quadros escolares
Instalações Eléctricas		Fornecimento e colocação de clarabóias em base de PRV (poliéster reforçado com fibra de vidro), considerando isolamento térmico, reforços estruturais necessários, acabamentos, fixações, remates, vedações, rufos, construção de protótipos e opções de cor i
	Tubos	

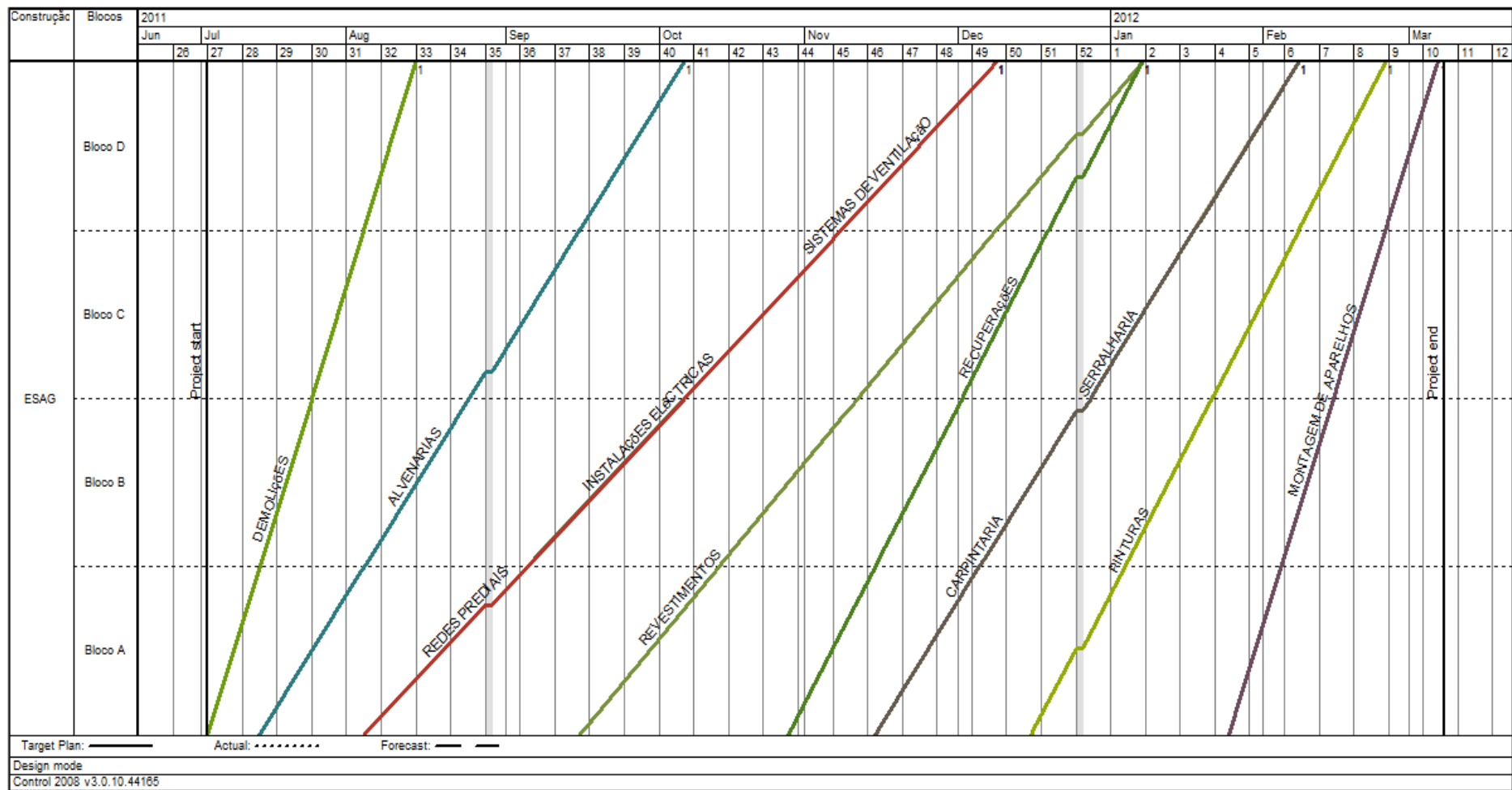
	Calhas
Pinturas	Aplicação em paredes interiores com acabamento estanhado e de gesso cartonado
	Aplicação em paredes interiores com acabamento areado
Montagem de Aparelhagem	Luminárias
	Quadros Eléctricos
Sistemas de Extracção e ventilação	Condutas e todos os Acessórios

A6. PLANEAMENTO ELABORADO EM LINHA DE BALANÇO (LOB)

A6.1. Planeamento Inicial em LOB

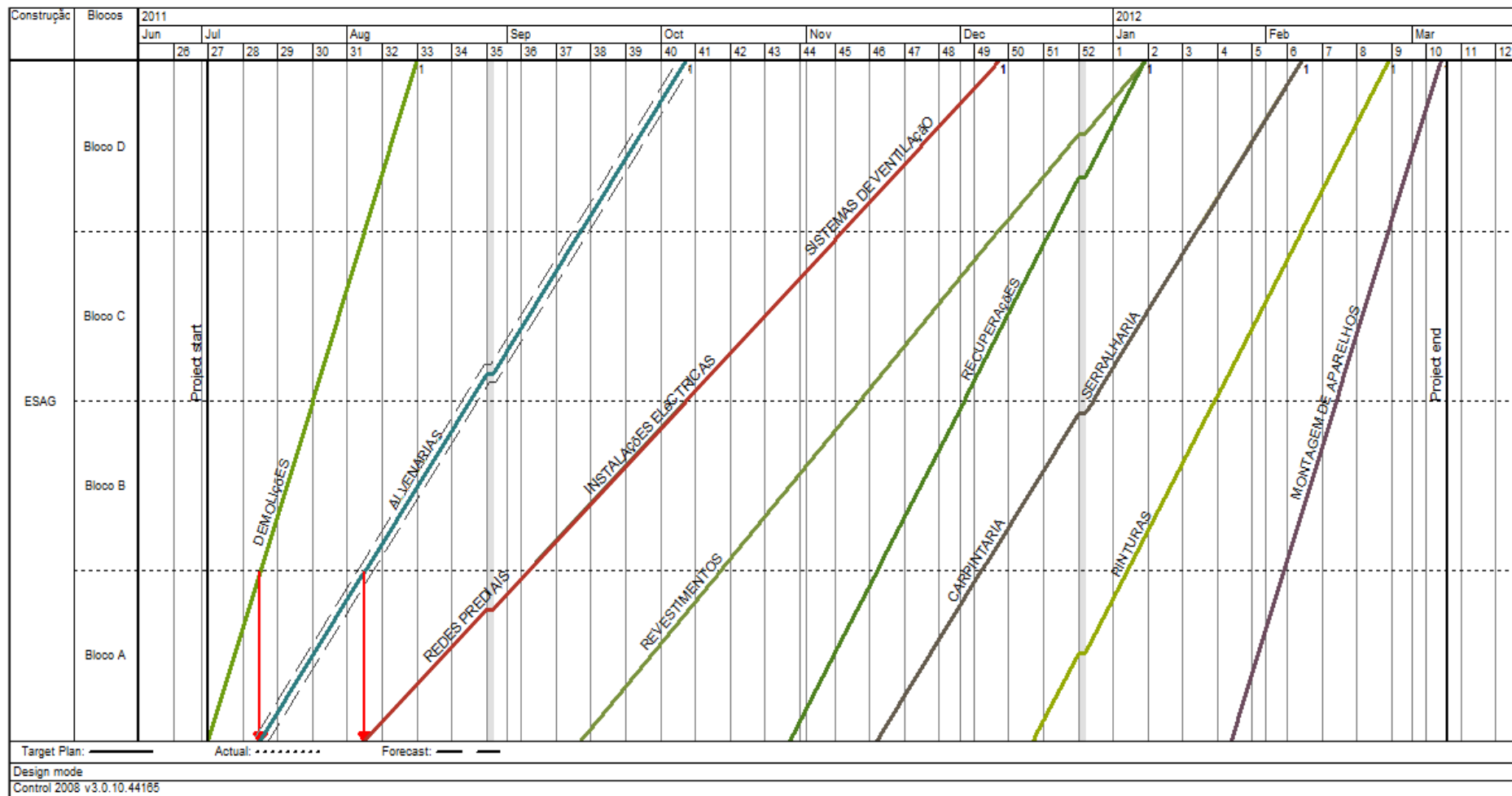


49 Semanas



←————— 36 Semanas —————→

A6.4. Continuidade do serviço entre as actividades Demolições, Alvenarias e Redes Prediais e Eléctricas



A6.5. Relação de encadeamento entre as actividades Redes Prediais e Instalações Eléctricas com a sua Antecessora e Sucessora e Folga Existente

