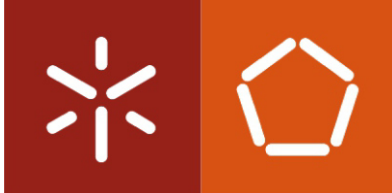


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rute Maria Alves Ferreira

**Aplicação da Linha de Equilíbrio no
planeamento e controlo da construção**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Rute Maria Alves Ferreira

**Aplicação da Linha de Equilíbrio no
planeamento e controlo da construção**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto
e do
Eng.º Abel Hermenegildo Mota Campos

AGRADECIMENTOS

Com as mais sinceras palavras deixo aqui o meu profundo agradecimento, a todas as pessoas que me ajudaram ao longo do meu Mestrado Integrado em Engenharia Civil.

Ao Professor Doutor João Pedro Couto, expresso o meu agradecimento pela orientação e pelo apoio ao longo destes meses, inculcando o sentido de responsabilidade em todas as etapas desta dissertação.

Ao Engenheiro Abel Mota Campos, o meu sincero agradecimento pela orientação facultada no meio empresarial. Muito obrigada pelas horas disponibilizadas e pelo apoio incondicional, sempre que possível, recebido, além disso o agradecimento pelo conhecimento disponibilizado por forma a enriquecer a minha formação académica.

Á Engenheira Regina Ramos, com quem tive o orgulho e privilégio de partilhar o gabinete de Planeamento e Controlo de Custos, fica o meu agradecimento por todo o apoio e conhecimento facultado.

Aos Meus Amigos, aqueles que já faziam parte do meu círculo e aos que entraram após estes longos 5 anos. Um agradecimento especial, à Magda, à Cândida e ao Diogo Rafael pelo apoio, pelos desabafos e pela existência na minha vida. Aos meus amigos universitários expresso a minha gratidão por estes 5 maravilhosos anos, pela partilha de bons e menos bons momentos e pelo acolhimento formidável recebido.

Ao Carlos, um agradecimento especial pelo apoio e pelas palavras de incentivo e força, em todos os momentos. Muito obrigada pela confiança que demonstraste em mim, desde o início, e sobretudo, por estares sempre presente nesta etapa.

Á Minha Família, em especial aos meus pais e à minha irmã, pelo esforço e paciência demonstrados e por sempre acreditarem em mim. Aos meus avós e aos restantes familiares agradeço o apoio incondicional e a confiança no meu trabalho. A eles, dedico este meu trabalho.

RESUMO

Ao longo da planificação e execução de uma obra há vários aspetos a ter em consideração. A ocorrência de atrasos, a falta de recursos e a interferência de atividades na mesma área de atuação são alguns dos riscos associados ao mau planeamento, traduzindo-se em grandes prejuízos. Para evitar estes constrangimentos tem aparecido no mercado programas informáticos capazes de solucionar estes problemas.

Neste sentido, a presente dissertação debruça-se sobre a aplicação da técnica da linha de equilíbrio na concretização do planeamento. Esta possui como característica geral, a representação das várias atividades através de linhas diagonais, dependentes dos fatores tempo e espaço, utilizando normalmente edifícios em altura. A técnica da LOB tem como finalidade contribuir para a obtenção de planeamentos eficazes de projeto. Para tal, realizou-se uma pesquisa bibliográfica da temática e desenvolveu-se um estudo utilizando o programa Vico. Este estudo consistiu na utilização de um caso de estudo fornecido pela empresa Casais no formato MS Project, sendo transposto para este novo programa. Depois de devidamente analisados os resultados comparativos entre ambos os programas, conclui-se que a seção do software Vico designada de Schedule apresenta vantagens às quais o MS Project não consegue responder, no caso da representação das linhas de equilíbrio. Contudo, ambos os programas possuem capacidades que em conjunto traduzem um planeamento conciso e eficaz.

Em suma, concluiu-se que a aplicação da linha de equilíbrio no planeamento requer mais estudos utilizando o software Vico para uma implementação eficaz no setor da construção.

ABSTRACT

Along the planning and execution of an achievement there are many things to considerate. The occurrence of delays, the lack of resources and the interference of activities in the same area of action are some of the risks connected to bad planning, resulting in great losses. To prevent these inconveniences there are in the market computer programs capable of resolving these problems.

In this way, the present dissertation is about of the application of the technical line of balance when we do the planning. As a general characteristic it has the representation of many activities through diagonal lines, dependent of factors time and space, by using building heights. The LOB technique has a major goal to contribute to obtain an efficient planning of a project. For that, a bibliographic research of the theme was made and a study was developed by using the software Vico. That study consisted the use of a study-case provided by the enterprise Casais in format MS Project, which was transformed in the new program. After the analysis of results, it was possible to conclude that the section of software Vico named “Schedule” has advantages to which the MS Project can’t respond, when it refers to representation of balance lines. However, both programs have abilities that, together, make a more efficient and concise planning.

As a conclusion, we can say that the application of the line of balance in planning needs more studying using software Vico for a more efficient implementation in the construction sector.

Key words: Line of balance, Software Vico, Planning, Construction

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia adotada.....	4
1.4. Estrutura da dissertação	5
CAPÍTULO II.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Planeamento e controlo na construção.....	7
2.1.1. Métodos de planeamento	7
2.1.2. A nova metodologia BIM 4D associada ao planeamento.....	15
2.2. A linha de equilíbrio (LOB).....	17
2.2.1. Definição	17
2.2.2. Retrospectiva histórica	23
2.2.3. Benefícios da Linha de Equilíbrio para o planeamento.....	24
2.2.4. Vantagens e Desvantagens	25
2.2.5. Metodologia de aplicação da Linha de Equilíbrio.....	26
2.2.6. Comparação entre o diagrama de Gantt e a Linha de Equilíbrio.....	27
2.2.7. Interação e implementação da LOB com modelos BIM	29
2.2.8. A LOB na perspetiva nacional e internacional	32
CAPÍTULO III	35
3. SOFTWARES	35
3.1. Microsoft Project	35
3.2. Asta Powerproject.....	37
3.3. Si LB	39
3.4. Vico Software	40
3.4.1. BIM 4D.....	46
CAPÍTULO IV	49
4. IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE EQUILÍBRIO NA EMPRESA CAS AIS.....	49

4.1.	A empresa Casais – Engenharia e Construção, S.A.....	49
4.2.	Aprendizagem dos programas	50
4.2.1.	Asta Powerproject	50
4.2.2.	Vico Software	55
4.3.	Caso de estudo.....	61
4.3.1.	Descrição Geral.....	61
4.3.2.	Estudo do projeto com o Asta Powerproject.....	62
4.3.3.	Estudo do projeto com o Vico Software	63
CAPÍTULO V		93
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
5.1.	Limitações da Investigação	93
5.2.	Conclusões.....	94
5.3.	Perspetivas de desenvolvimentos futuros.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		97
ANEXOS		101
	Anexo A1 – Atividades do caso de estudo e diagrama de GANTT usando o software Asta Powerproject	101
	Anexo A2 – Linhas de equilíbrio do caso de estudo obtidas através do software Asta Powerproject	111
	Anexo B1 – Listagem das atividades e respetiva duração do caso de estudo.....	115
	Anexo C1 – Atividades do caso de estudo com a respetiva mão de obra e consumo.....	124
	Anexo D1 – Atividades do projeto inicial representadas através de linhas de equilíbrio no software Vico	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Representação do diagrama de GANTT (Fonte: Gantt Projet, 2014).....	10
Figura 2.2 – Diagrama de Gantt em forma de tabela (Fonte: Barros, 2003).....	11
Figura 2.3 – Rede CPM (Fonte: Paulo, 1997).....	12
Figura 2.4 – Representação da rede PERT (Fonte: Barros, 2003).....	14
Figura 2.5 – Etapas da modelação BIM (Fonte: GBC Engenharia, 2015).....	16
Figura 2.6 – Representação da Linha de Equilíbrio (Fonte: Junior, 1999).....	18
Figura 2.7 – Representação das esperas entre linhas de equilíbrio (Fonte: Bezerra, 2010).....	19
Figura 2.8 – (a) Cruzamento das atividades, (b) atividades a concluir no mesmo dia, (c) atividades com o mesmo ritmo de produção (Fonte: Bezerra, 2010).....	19
Figura 2.9 – Representação de algumas atividades de um edifício com auxílio das linhas de equilíbrio (Fonte: Vargas, 2009).....	20
Figura 2.10 – Linha de Equilíbrio representada por barras (Fonte: Meta).....	20
Figura 2.11 – Linha de Equilíbrio representada por linhas (Fonte: Vico Office Schedule Planner).....	21
Figura 2.12 – Linha de equilíbrio representada no MS Excel (Fonte: Nunes, 2010).....	22
Figura 2.13 – Divisão de um edifício por pisos (Fonte: Monteiro & Martins).....	27
Figura 2.14 – Diagrama de Gantt versus Linha de equilíbrio (Fonte: ndBIM).....	28
Figura 2.15 – Transposição do diagrama de Gantt para Linhas de Equilíbrio (Fonte: Ferreira, 2011).....	28
Figura 2.16 – Transposição da informação do diagrama de Gantt para as linhas de equilíbrio (Fonte: ndBIM, 2015).....	29
Figura 2.17 – Modelação BIM 4D (Fonte: adaptado de Pete Fowler Construction Services, Inc, 2014).....	30
Figura 2.18 – Vantagens da implementação da linha de equilíbrio (Fonte: ndBIM, 2015).....	31
Figura 3.1 – Exemplo de um planeamento em MS Project (Fonte: Ten Six Consulting, 2012).....	37
Figura 3.2 – Funcionalidades do <i>software</i> Asta Powerproject (Fonte: Planning Planet).....	38
Figura 3.3 – Planeamento de uma obra no <i>software</i> Si LB (Fonte: Si Consulting, 2014).....	40

Figura 3.4 – Ordem sequencial das componentes do <i>software</i> Vico (Fonte: Vico Office Suite)	41
Figura 3.5 – Componentes do Vico Software (Fonte: Vico Office Suite)	42
Figura 3.6 – Linhas de equilíbrio do planeado, real e previsto (Fonte: ndBIM)	42
Figura 3.7 – Indicações de situações de alarme (Fonte: Autoria própria)	43
Figura 3.8 – Representação das linhas de equilíbrio (LOB) (Fonte: ndBIM)	47
Figura 4.1 – Logótipo da Casais (Fonte: Website Casais)	49
Figura 4.2 – Representação da página inicial do <i>software</i> Asta Powerproject (Fonte: Asta Powerproject)	51
Figura 4.3 – Visualização da tabela e diagrama de GANTT das atividades (Fonte: Asta Powerproject)	52
Figura 4.4 – Representação dos códigos referentes aos pisos (parte superior) e atividades (parte inferior) (Fonte: Asta Powerproject)	53
Figura 4.5 – Visualização da linha de equilíbrio da atividade Demolições (Fonte: Asta Powerproject)	54
Figura 4.6 – Linhas de equilíbrio (Fonte: Asta Powerproject)	54
Figura 4.7 – Representação da linha de base e progresso das atividades (Fonte: Asta Powerproject)	55
Figura 4.8 – Página principal do Vico Software (Fonte: Vico Software)	56
Figura 4.9 – Registo do número de pisos do projeto (Fonte: Vico Software)	57
Figura 4.10 – Janela principal da <i>Schedule Planner</i> (Fonte: Vico Software)	57
Figura 4.11 – Representação da tarefa inserida manualmente (Fonte: Vico Software)	58
Figura 4.12 – Representação das tarefas inseridas na tabela do Diagrama de GANTT e representadas automaticamente no gráfico de linhas	59
Figura 4.13 – Linhas de equilíbrio de um caso de estudo experimental (Fonte: Vico Software)	60
Figura 4.14 – Representação das atividades, recursos e diagrama de GANTT (Fonte: Vico Software)	60
Figura 4.15 – Edifício Ecrã (Fonte: Câmara Municipal de Lisboa, 2014)	61
Figura 4.16 – Atividade betão armado em sapatas subdivida por lotes (Fonte: Software Asta Powerproject)	62
Figura 4.17 – Atribuição da localização ao projeto do caso de estudo (Fonte: Vico Software)	64

Figura 4.18 – Representação do predecessor da atividade alvenarias interiores (Fonte: MS Project)	65
Figura 4.19 – Representação do predecessor da atividade alvenaria interior (Fonte: Vico Software)	65
Figura 4.20 – Tabela das atividades e diagrama de GANTT (Fonte: Vico Software)	66
Figura 4.21 – Linha de equilíbrio inicial (Fonte: Vico Software)	69
Figura 4.22 – Linhas de equilíbrios das atividades por piso (Fonte: Vico Software)	71
Figura 4.23 – Listagem das atividades do novo projeto e respetivo diagrama de Gantt (Fonte: Vico Software).....	72
Figura 4.24 – Linhas de equilíbrio de algumas atividades (Fonte: Vico Software)	72
Figura 4.25 – Distanciamento entre as atividades Alvenarias e Betão armado em lajes (Fonte: Vico Software).....	73
Figura 4.26 – Representação da atividade alvenarias por lotes (Fonte: Vico Software).....	74
Figura 4.27 – Introdução da Quantidade e Consumo da atividade – Trabalhos Preparatórios (Fonte: Vico Software)	76
Figura 4.28 – Definição do novo número de mão de obra (Fonte: Vico Software)	77
Figura 4.29 – Novo traçado das linhas de equilíbrio do novo projeto (Fonte: Vico Software).....	78
Figura 4.30 – Cruzamento entre atividades do novo projeto (Fonte: Vico Software).....	79
Figura 4.31 – Recursos Iniciais da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software).....	79
Figura 4.32 – Recursos adotados para o novo traçado da LOB da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software).....	80
Figura 4.33 – Traçado inicial da linha de equilíbrio da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software)	80
Figura 4.34 – Novo traçado da linha de equilíbrio da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software)	81
Figura 4.35 – Introdução da percentagem efetuada da atividade - Trabalhos Preparatórios (Fonte: Vico Software)	82
Figura 4.36 – Apresentação das linhas de equilíbrio após a realização de um balizamento ao planeamento (Fonte: Vico Software).....	83
Figura 4.37 – Balizamento mensal do mês de dezembro (Fonte: Vico Software)	84
Figura 4.38 – Resultados do balizamento expressos numa tabela (Fonte: Vico Software)	85
Figura 4.39 – Representação da janela de introdução do progresso (Fonte: Vico Software).....	85
Figura 4.40 – Representação das notas informativas e do progresso expresso por cores (Fonte: Vico Software).....	86

INDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Tabela resumo das vantagens e desvantagens dos programas analisados	43
Tabela 4.1 – Atividades do projeto com o respetivo custo, mão de obra e consumo.....	68
Tabela 4.2 - Atividades do novo projeto com o respetivo custo, mão de obra e consumo	75
Tabela 4.3 – Informação do custo das atividades do projeto (Fonte: MS Project)	76
Tabela 4.4 – Análise SWOT da componente <i>Schedule</i> do <i>software Vico</i>	87

LISTA DE ABREVIATURAS

LOB	<i>Line of balance</i>
BIM	<i>Building Information Modeling ou Building Information Model</i>
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4D	Integração do planeamento do tempo no modelo tridimensional
5D	Integração do controlo dos custos no modelo tridimensional
CPM	<i>Critical Path Method</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
CCS	<i>Construction Computer Software</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>
MS	<i>Microsoft</i>
DWG	Banco de dados de desenho do AutoCAD

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

O planeamento, uma das vertentes desta dissertação, tem tido uma importância crescente na indústria de construção, sendo visto como o procedimento fundamental deste setor. Além disso, é considerado um instrumento de gestão que, na prática, só adquire tal dimensão se for bem aplicado. Atualmente, as empresas de construção não têm conseguido uma boa aplicação prática, tendo-se observado problemas no decorrer das obras, como por exemplo, processos de planeamento desajustados, pouco detalhados e de difícil ajustamento e flexibilidade ao longo da mesma; e a complexidade dos edifícios e os prazos de execução apertados. Estes são alguns dos condicionalismos das empresas de construção, que procuram soluções eficientes e que potenciem a eficiência dos seus trabalhos.

Outro aspeto, relacionado com dificuldades da indústria da construção, verifica-se na reduzida dimensão das empresas nacionais, o que constitui um impedimento para concorrer a obras de grande envergadura e impossibilita-as de alcançar sucesso a nível internacional. Face a esta situação, se as empresas se empenharem no conhecimento da tecnologia, optando por novas metodologias de trabalho capazes de serem benéficas para os objetivos pretendidos (Azevedo, 2009), poderão contornar esse problema.

Para atenuar os problemas ocorridos em obra e auxiliar a execução do planeamento, surgiu novamente o conceito da linha de equilíbrio oferecendo métodos de planeamento e controlo de produção mais flexíveis que os tradicionais. O seu aparecimento surgiu no início dos anos 30 com a construção do edifício *Empire State Building* em Nova Iorque, EUA. No entanto, só passados alguns anos é que começaram a aparecer outras variáveis da linha de equilíbrio, tais como a *Flowline*, a *Construction Planning Technique*, a *Vertical Production Method*, a *Time – Location Matrix Model*, a *Time – Space Scheduling Method*, a *Repetitive Project Model* e

Horizontal e a Vertical Scheduling Logic for Multi – Story Projects (De Sousa & Monteiro, 2011).

A técnica da linha de equilíbrio (*Line of Balance – LOB*) consiste, então, na visualização gráfica através de linhas ascendentes com inclinações constantes das atividades, nas quais são expostas simplificadaamente as taxas de produção. Esta é representada num gráfico com dois eixos: um representa as atividades e o outro o tempo (Couto & Teixeira, 2002). Além disso, é um método de planeamento e controlo que considera a repetição das atividades em obra. A linha de equilíbrio permite, assim, uma fácil compreensão da relação entre as tarefas em obra, bem como a rápida perceção das ocorrências em projeto.

Para além do anteriormente referido, a linha de equilíbrio permite ter acesso rápido a inúmeras informações, que podem ser positivas, contribuindo para a rápida execução da obra, mas também podem ser negativas, tais como problemas/deficiências no planeamento, que necessitam de ser estudadas imediatamente, para que se possam cumprir os prazos estipulados, para a finalização da obra (Gequaltec, 2011).

Como os níveis de exigência no setor da construção, tanto a nível nacional, como internacional têm vindo a ser cada vez mais rigorosos em todas as fases abrangentes do setor, desde a fase de projeto até à fase de conceção, não excluindo a fase de renovação/reabilitação de edifícios, o surgimento da metodologia BIM, veio de encontro às exigências do setor, surgindo inicialmente o BIM-3D, ligado à parte dos modelos em 3D. Esta metodologia é muito mais que um modelo 3D de edifícios: é um conjunto de informação sobre todos os elementos do edifício, permitindo estudar uma panóplia de possibilidades de alterações até à fase de construção. Assim sendo, nasce o BIM-4D usado na parte de planeamento, para controlo dos prazos de execução das obras. Além deste desenvolve-se ainda o BIM-5D, utilizado para melhorias a nível de custo (Azevedo, 2009).

O uso do BIM-4D e da metodologia *Lean Construction* permitem ao utilizador um planeamento flexível, ajustando-se às atividades que vão sendo requeridas, bem como aos recursos disponíveis. São estas as garantias dadas pela técnica da linha de equilíbrio, que permitem identificar alguns pormenores da evolução da obra, das atividades em execução, das equipas em ação, do local de execução e do tempo de conceção da atividade, sendo este último um dos pontos fulcrais aquando a concretização do planeamento (Moura, Monteiro, & Heineck, 2014).

Para acompanhar o desenvolvimento do BIM-4D, as ferramentas informáticas atualmente utilizadas, ainda não possuem a funcionalidade de produzir linhas de equilíbrio. No entanto, já existem no mercado programas capazes de garantir essa funcionalidade, como por exemplo, o Vico Software e o Asta Poweproject. Um dos *softwares* utilizado pela maioria das empresas atuais é designado de Microsoft Project, que permite a representação do planeamento em forma de diagrama de GANTT e também em diagrama de rede, além de apresentar uma variado leque de funções. Contudo, uma das desvantagens encontradas refere-se à dificuldade de entendimento destes diagramas, quando se trata de obras de grande envergadura, em virtude das inúmeras atividades expostas (Berezuk *et al.*, 2014). Além disso, esta ferramenta informática não permite a representação do planeamento em forma de linhas de equilíbrio.

1.2. Objetivos

O desenvolvimento desta dissertação tem como objetivo geral o levantamento das dificuldades e potencialidades para a possível implementação da linha de equilíbrio no planeamento de obras na empresa Casais, procurando-se identificar o impacto da adaptação/ajustamento na empresa. Além disso, serão estudadas as melhores práticas conhecidas para posterior adoção e implementação num caso de estudo piloto, fornecido pela empresa com o intuito de obter um planeamento flexível, facilitar a gestão e fiscalização da produção, melhorar a organização das diversas equipas de mão de obra, melhorar o trabalho em grupo, bem como das quantidades de materiais em estaleiro, eliminar tarefas críticas que prejudiquem o desempenho em obra e permitir a redução de custos.

No plano da dissertação foram estabelecidos um conjunto de objetivos específicos. No entanto, com o decorrer da mesma, estes sofreram uma ligeira alteração. A identificação das diferenças entre as diversas técnicas atuais (Método do CPM, PERT e diagrama de Gantt), utilizando ferramentas informáticas de auxílio e o estudo de um caso piloto fornecido pela empresa Casais foram alcançados. Os objetivos “introduzir a técnica da linha de equilíbrio na modelação BIM – 4D nos edifícios e discutir as potencialidades e as fraquezas” e “apresentar um conjunto de instruções de modelação BIM e troca de informação para assegurar uma implementação bem-sucedida do fluxo BIM-LOB” não foram alcançados, uma vez que o caso estudo fornecido pela

empresa apenas possuía como documentos o planeamento em MS Project de um projeto, impossibilitando assim a interligação BIM-LOB.

Após a implementação da LOB num caso de estudo serão analisados e interpretados os resultados obtidos comparando os programas informáticos usados.

Complementarmente, um dos objetivos requeridos por parte da empresa, incide na gestão contratual, isto é, expor às partes, não familiarizadas com a facilidade de observação do planeamento nos *softwares* usados, como se comportam as atividades estipuladas num determinado tempo em função por exemplo, dos pisos do edifício.

1.3. Metodologia adotada

A primeira fase da metodologia de investigação consistiu na pesquisa e análise bibliográfica, sendo uma fase de importância crucial. Esta teve como objetivo o conhecimento do tema de dissertação, isto é, a temática apresentada, bem como perceber o seu desenvolvimento a nível nacional e internacional. Além de tudo, tornou-se uma ferramenta indispensável para o enriquecimento da tese, estando assente numa base bem fundamentada. O estado de arte tem numa dissertação um elevado destaque abordando, essencialmente, a informação existente sobre o assunto, temáticas já estudadas e conclusões de estudos realizados. A pesquisa foi efetuada com base nos serviços de documentação da Universidade do Minho e outras universidades nacionais, na internet e na bibliografia disponibilizada pelos orientadores.

Posteriormente, surgiram os primeiros contactos com os vários programas usados para a implementação da técnica da linha de equilíbrio, no qual foram dados os primeiros passos para a interpretação e aprendizagem das suas diversas funcionalidades, seguindo-se, em ambiente empresarial na CASAIS, a implementação da linha de equilíbrio num caso de estudo disponibilizado pela empresa. Nesta fase foram abordadas as potencialidades e as dificuldades observadas, com o intuito de compreender e delimitar os obstáculos presentes durante a utilização dos *softwares* LOB.

Em simultâneo foi realizada a escrita da dissertação, onde inicialmente foram abordados os métodos de planeamento existentes, evidenciando as diferenças destes relativamente ao

conceito das linhas de equilíbrio (LOB), sendo posteriormente apresentados os resultados esperados da implementação da LOB na empresa, com auxílio de softwares.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é constituída por cinco capítulos, cuja breve descrição se apresenta seguidamente.

No capítulo I, é apresentado o tema da dissertação. É destacado a evolução da construção, da técnica linha de equilíbrio e a inserção desta novamente no seio da construção, para dar respostas face à situação atual do setor. Para além disso, são expostos os objetivos e a metodologia adotada para desenvolvimento da dissertação.

No capítulo II, é retratado o levantamento do estado de arte, onde são enunciadas as informações recolhidas sobre o tema de estudo. É descrita com maior estudo a evolução da construção e das técnicas adotadas para obtenção de um planeamento eficaz. São enunciadas as vantagens e as desvantagens dos métodos e, ainda o surgimento da metodologia BIM 4D associada ao planeamento.

No capítulo III, são expostos algumas das ferramentas informáticas utilizadas no planeamento de uma obra. Neste capítulo pretende-se dar a conhecer as suas capacidades, entre vantagens e desvantagens. Também é apresentada a relação existente entre o *software* Vico e o BIM 4D, articulado ao planeamento.

No capítulo IV, é apresentado o caso de estudo para análise e discussão, usando dois dos programas apresentados no capítulo III. Primeiramente são expressas algumas funcionalidades do programa, detalhando algumas ferramentas chave no decorrer do estudo. Neste capítulo são abordadas as principais conclusões entre a análise do planeamento utilizando o MS Project e os outros *softwares*, Asta Powerproject e Vico Software.

No capítulo V, são apresentadas as dificuldades obtidas durante o estudo do tema, as conclusões finais e são enunciadas algumas perspetivas para desenvolvimentos futuros de estudos complementares ao tema linha de equilíbrio.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Planeamento e controlo na construção

Segundo Pereira (2013) “o planeamento de obras faz parte de uma atividade mais genérica na construção civil, frequentemente intitulada por preparação e controlo de obras de construção civil.”

O conceito planear é entendido como a realização de um plano de atividades com a imposição de datas a cumprir. Segundo o Professor José Amorim Faria (2013) “não se justifica planear sem controlar”, isto é, o controlo na construção permite a obtenção de informações pertinentes, desde os balizamentos, os erros ocorridos e/ou situações adversas, que possam congestionar a data de conclusão da obra, possibilitando a tomada de medidas antecipadas.

O setor da construção tem reivindicado maior controlo ao nível do planeamento das obras, exigindo uma redução nos custos, no tempo de execução da obra e nos erros ocorridos. Para tal, foi necessário o auxílio a métodos de planeamento e controlo, para ajudar na tomada de decisões e fornecer dados relevantes, com o intuito de detetar com antecedência situações adversas que possam suspender o planeamento estipulado.

2.1.1. Métodos de planeamento

Como instrumentos de auxílio ao planeamento, surgiram técnicas/métodos capazes de antever problemas futuros, que podem prejudicar o tempo de conclusão do projeto, bem como arrecadar custos exagerados. Em 1917, com Henry L. GANTT surge o primeiro método de planeamento – o Diagrama de Gantt, com a funcionalidade de auxiliar a planificação das atividades num determinado projeto, através da representação dessas em forma de barra. A facilidade de compreensão, que em muitos casos se torna um obstáculo em edifícios de grande envergadura, continua a ser uma das características de destaque. Além disso, esta metodologia continua a ser

utilizada atualmente no planeamento de obras, recorrendo ao *software* Microsoft Project (mais utilizado) ou a outros existentes no mercado.

Outros métodos conhecidos no foro da construção, surgiram na década de 50. O método CPM (*Critical Path Method*) surge no ano de 1957, concebido por meio de investigações realizadas pelos técnicos americanos Morgan Walker e James Kelly, das empresas Dupont de Nemours e Remington Rand Univac, respetivamente. Este método considera o tempo e o custo associado a cada atividade. Em 1958 surge o método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), no Gabinete de Projetos Especiais da Armada Americana, para o planeamento da construção de mísseis “Polaris”. No caso do método PERT, este focaliza apenas o tempo, sendo muitas vezes considerado como PERT/Tempo.

Segundo Lafetá, Gomes, Batistini, & Barros, estes afirmam que com o passar dos tempos, o método PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e o método CPM (*Critical Path Method*) uniram-se, passando a ser designado um novo método PERT/CPM.

A representação de ambos os métodos, PERT e CPM, faz-se através de um diagrama de rede, no qual são representadas as atividades e as relações de dependência (antecessoras e predecessoras). Podem também ser visualizados os recursos e o custo, contudo em muitos casos, devido à extensa rede, isto é, elevado número de atividades, não é possível a sua observação, para além de se tornar um processo demorado (Brandão, 2000).

A necessidade de melhorar os métodos para acolher todos os tipos de projetos, só era possível com a introdução de *softwares* de auxílio ao planeamento. Foi na segunda metade do século XX, durante a terceira revolução industrial, desencadeada devido à junção do conhecimento científico e produção industrial, que começaram a aparecer avanços tecnológicos, sendo a informática o ramo de maior destaque pela criação de computadores, programas, entre outros equipamentos. Esta nova etapa permitiu, assim, a criação de apoios informáticos capazes de gerir o planeamento e o controlo da construção dando resposta às necessidades do setor da construção.

Um dos softwares mais conhecidos e já anteriormente citado, diz respeito ao Microsoft Project, porém ainda existe o Candy CCS – *Construction Computer Software*. Neste *software* é utilizado o método do caminho crítico, podendo ser ligado ao mapa de quantidades de orçamentos ou

produção. Planear e controlar o projeto, registar a programação concluída, organizar a informação proveniente dos projetistas e fazer relatórios precisos do desenvolvimento do projeto são alguns dos objetivos do *software* Candy CCS (*TimeLink*).

2.1.1.1. Diagrama de Gantt

O diagrama de Gantt consiste num gráfico que define as várias etapas de um projeto. A sua representação é feita através de barras horizontais, definidas pelas datas de início e conclusão da atividade em causa. Neste gráfico para além das atividades é possível verificar aquelas que estão destinadas a determinada equipa de trabalho.

Este diagrama esteve inalterado durante bastante tempo, sofrendo modificações nos anos 90. As alterações verificadas decorreram ao nível da inserção de ligações entre as barras. Sempre foi visto como uma ferramenta analítica potenciadora para a gestão dos projetos (Carvalho, 2003).

Outras funcionalidades existentes incidem na avaliação dos custos do projeto, isto é, os custos requeridos por cada atividade perante os recursos usados. É também capaz de balizar o projeto, tendo em conta o previsto e o ocorrido na data pretendida de todo o conjunto de atividades. Com o diagrama de Gantt é assim possível avaliar o projeto quer na parte financeira, quer durante o andamento do mesmo, verificando se existem atrasos ou, se possível, avanços (Garcia, 2012).

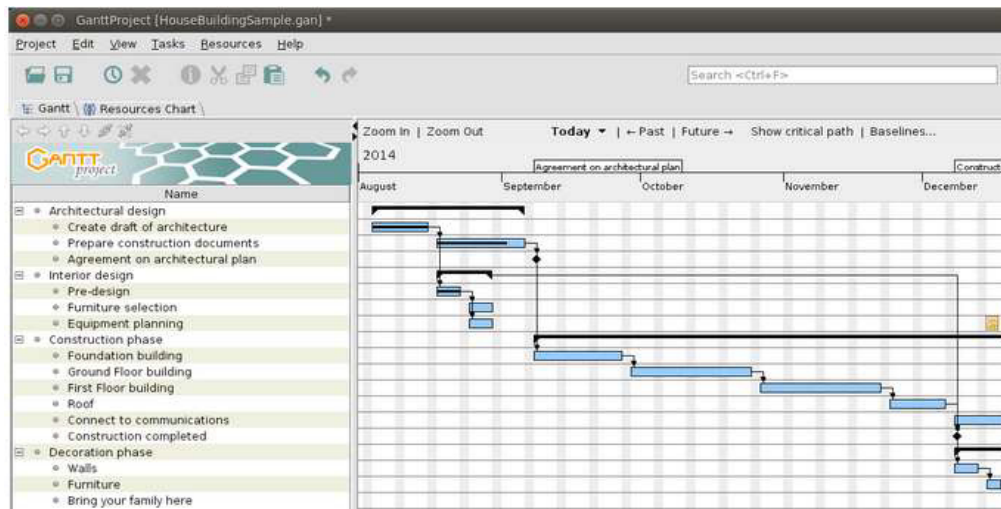


Figura 2.1 – Representação do diagrama de GANTT (Fonte: Gantt Projet, 2014)

Tendo em conta a Figura 2.1, o comprimento das barras está associado ao tempo necessário para conclusão de determinada tarefa. Para uma boa gestão do planeamento é necessário a realização de ligações entre as atividades, para a compreender a progressão dos trabalhos realizados em obra.

O planeamento também pode ser realizado em forma de tabela, como indicado na Figura 2.2, impossibilitando a interdependência entre as várias tarefas, por forma a dar continuidade em caso de alteração.

Antes de definir o tempo associado a cada atividade e os seus sucessores e antecessores, é necessário, primeiramente, definir o projeto e as atividades envolventes para uma visualização adequada do planeamento do projeto em causa.

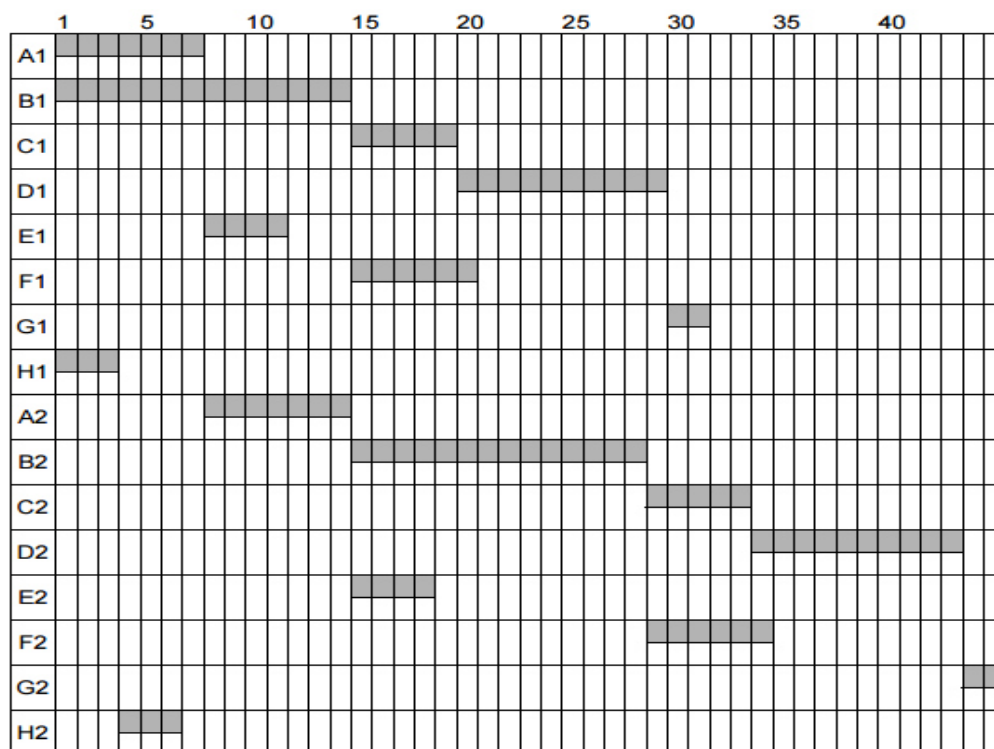


Figura 2.2 – Diagrama de Gantt em forma de tabela (Fonte: Barros, 2003)

2.1.1.1.1. Vantagens e desvantagens

Analisando de forma geral o diagrama de Gantt, constata-se que a ajuda disponibilizada para o planeamento dos edifícios, traduz-se na facilidade que o diagrama tem de representar o grande número de atividades presentes na construção de um edifício. Apesar de se tornar extenso e de difícil visualização, quando o número de atividades é elevado, continua a apresentar destaque no planeamento.

Para Teixeira (2013), a representação gráfica das atividades num diagrama permite uma fácil visualização. O progresso das atividades a qualquer instante e a identificação dos recursos nas atividades são conseguidos com o diagrama de Gantt. Outra vantagem incide na indicação da disponibilidade dos recursos e na sua utilização. Como desvantagem, apenas apresenta o facto de não se conseguir as dependências entre as atividades.

A capacidade de comunicação, de perceção das folgas, de visualização do progresso são as vantagens referenciadas por Paulo (1997). Além destas, ainda focaliza o baixo custo, a

simplicidade e a ajuda na conceção de cronogramas financeiros. O referido autor ainda destaca como desvantagens:

- A falta de percepção das quantidades envolvidas em cada atividade num determinado período de tempo;
- A difícil compreensão da ligação entre as atividades torna-se complicada quando o planeamento é complexo.

2.1.1.2. A técnica de rede CPM

O método CPM (*Critical Path Method*) também é conhecido como um método de rede, apenas diferindo da rede PERT por ser considerado um método determinístico, isto é, tem em causa o rigor do tempo das atividades (Figura 2.3). Devido às exigências que apresenta, é considerado como sendo mais útil em projetos de construção, uma vez que as durações das atividades já estão previamente definidas.

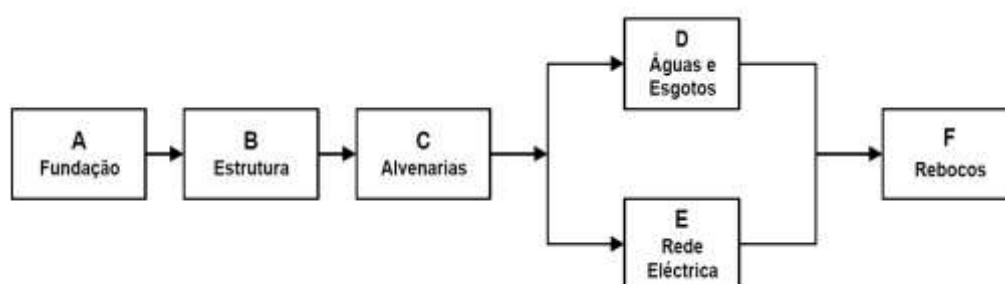


Figura 2.3 – Rede CPM (Fonte: Paulo, 1997)

Em relação às suas qualidades (Gouveia, 1999), esta apresenta-se como uma técnica que permite:

- Visualizar as relações de dependência entre atividades e a ordem de sequência;
- Identificar as atividades críticas e as folgas entre tarefas, permitindo calcular o caminho crítico;
- Prever a data dos acontecimentos.

2.1.1.2.1. Vantagens e desvantagens

Sendo um método muito usual na construção civil, a sua vasta informação relativa às vantagens e desvantagens permite afirmar, segundo Formoso (1997), as seguintes vantagens:

- Análise das atividades (críticas e não críticas);
- Explicitação da sequência das atividades de uma obra ou produto;
- Avaliação do impacto causado pelo atraso de uma atividade;
- Existência de *softwares* que possibilitam a sua concretização e revisão.

As evoluções verificadas nos últimos anos de existência desta técnica foram nulas ou praticamente nulas, o que condicionou a melhoria das desvantagens apresentadas pela mesma. Ainda assim, esta técnica apresenta como limitações (Formoso, 1997):

- Dificuldade de elaboração de uma rede detalhada desde o início da obra;
- Dificuldade de controlo dos custos e dos recursos;
- Apresentação de redes complexas;
- Necessidade de representação do controlo de prazos através do caminho crítico;
- Dificuldade na criação e/ou atualização da rede de atividades;
- Rigidez utilizada para divisão dos trabalhos entre equipas.

Sendo uma técnica com *softwares* no mercado, que auxiliam na sua conceção, é necessário especialistas capazes de utilizar essa ferramenta. Junior (1999) ainda acrescenta a dificuldade de aplicação da técnica devido à instabilidade dos tempos de ocorrência das atividades.

2.1.1.3. A técnica de rede PERT

O método PERT corresponde à técnica de elaboração e de controlo dos projetos e procura evidenciar as ligações existentes entre as atividades de um projeto, bem como assinalar as

atividades críticas, sendo estas aquelas que não podem sofrer aumento de duração, podendo assim condicionar o tempo inicial previsto para conclusão da obra. Esta técnica é utilizada sobretudo em projetos complexos e difíceis de entendimento (Barros, 2003).

A rede PERT focaliza-se em três palavras-chaves: o planear, no qual as atividades do projeto estão detalhadas; o programar, devido à observação das relações de dependência entre as atividades; e por fim, o controlar, pelo simples facto que a visualização da rede permite ao utilizador verificar o comportamento entre as tarefas, quer a nível de atrasos, adiantamentos ou à possibilidade de ocorrência de tarefas críticas (Gouveia, 1999).

A nível da representação gráfica (Figura 2.4) este é composto por setas e círculos, sendo, respetivamente, a representação das atividades e dos acontecimentos. Estes são representados por números, no caso dos acontecimentos e por letras, no caso das atividades. A forma de elaboração da rede acontece no sentido esquerda – direita e no sentido cima – baixo. A duração das atividades normalmente é colocada após o nome das mesmas.

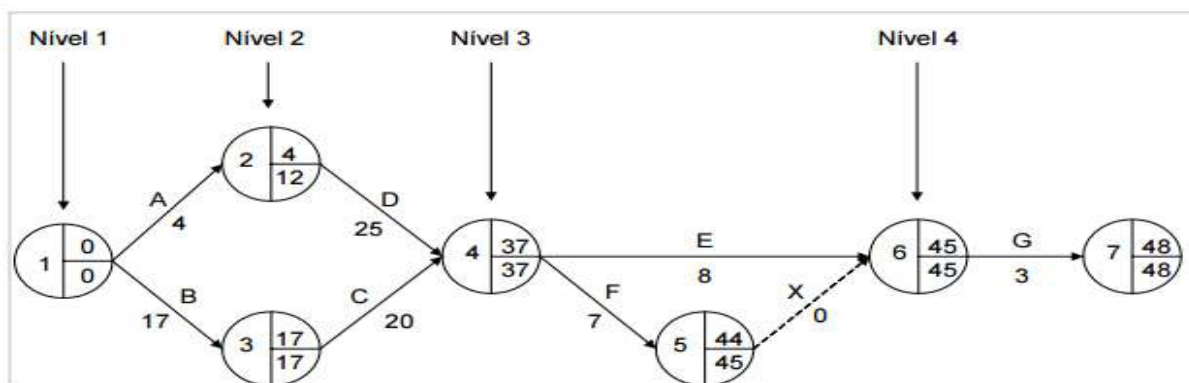


Figura 2.4 – Representação da rede PERT (Fonte: Barros, 2003)

Outra possível representação da rede recai na forma de tabela, tendo colunas para: as atividades, as atividades predecessoras, a duração, o custo e outras colunas que facilitem o planeamento do projeto.

2.1.1.3.1. Vantagens e desvantagens

As vantagens da rede PERT são iguais às apresentadas anteriormente para a rede CPM. Relativamente às desvantagens, ambas possuem as mesmas, contudo a rede PERT apresenta

mais algumas limitações. Esta rede pode apresentar mais que um caminho crítico, o que condiciona o tempo dado para conclusão do projeto pelo caminho crítico considerado, pelo que o tempo de conclusão pode obter uma nova data. Outra observação recai no facto desses caminhos não ser críticos, mas redefinirem uma nova data de fim da obra.

2.1.2. A nova metodologia BIM 4D associada ao planeamento

A metodologia BIM surgiu com o intuito de fornecer modelos de perspetiva 3D, em detrimento dos desenhos 2D usados nos projetos. Esta possibilitou aos utilizadores a visualização das alterações feitas por qualquer uma das partes envolvidas, desde arquitetos, engenheiros e equipas de direção técnica, bem como permitiu partilhar e sincronizar a informação, idealizando um modelo antes de construir, para permitir antever problemas sem que estes ocorram em obra (Azevedo, 2009).

A concretização de um projeto envolve várias etapas, desde a idealização até à conceção, sem esquecer as etapas de manutenção, renovação e demolição que devem igualmente estar inseridas na concretização do mesmo. Assim sendo, a metodologia BIM pretende alcançar todas as fases, propiciando a melhoria de conceção, evitando possíveis erros visualizados em obra e assegurando o acesso de informação a todos os intervenientes ao mesmo tempo.

Tendo em conta que o “Triângulo de gestão do Projeto” apresenta o equilíbrio do projeto em três vertentes, nomeadamente, o tempo, o custo e a qualidade, foi necessário acrescentar à metodologia BIM o fator tempo, surgindo, desse modo, o BIM 4D associado ao planeamento. Esta nova vertente do BIM pretende eliminar as lacunas vigentes noutros métodos e, neste caso, as atividades do projeto interagem com a geometria 3D. Para melhor compreensão do BIM 4D é possível obter simulações virtuais, que demonstram a interação da perspetiva 3D com o cronograma de tempo – GANTT (Barbosa, 2014). O modelo 3D e o planeamento estão interligados, possibilitando atualização do planeamento aquando mudanças no modelo.



Figura 2.5 – Etapas da modelação BIM (Fonte: GBC Engenharia, 2015)

Como se pode observar na Figura acima, todas as componentes estão interligadas na metodologia BIM. Além disso, para cada vertente do BIM pode ser adotada a melhor forma de trabalho, quer para a empresa, quer para quem a utiliza.

Sousa & Monteiro (2011) mencionam que existem vários estudos que mostram que a aplicação dos modelos 4D traz benefícios em termos de tempo e custo. Para além desses, a proximidade entre a técnica e o conhecimento dos trabalhadores, a deteção dos conflitos entre o tempo e o espaço, a redução das taxas de reconstrução e a melhoria no controlo dos custos são outros benefícios apresentados em outros estudos. Esta vertente 4D é considerada como um método superior, face aos métodos tradicionais, na medida em que as suas funcionalidades visuais permitem clarificar a sequência do planeamento de uma obra. Esta caracterização permite reafirmar que o modelo 4D é utilizado sobretudo para facilitar a visualização e comunicação, na medida em que descreve o trabalho efetuado, bem como aquele que necessita de ser executado.

Para além de vantagens/benefícios também existem problemas apontados para esta vertente do BIM. Um dos problemas reportados refere-se ao facto de que a visualização tridimensional de

um planeamento não retrata o planeamento numa só janela; como segunda deficiência do modelo, a duração das atividades é representada tendo em conta a duração do tempo de simulação das mesmas; uma outra lacuna aborda o facto de não haver distinção na visualização entre as relações de precedências das atividades e aquelas que estão a ser executadas no momento; por último, não é possível a comparação entre o ritmo de produção real e o ritmo de produção planeado (Sousa & Monteiro, 2011).

2.2.A linha de equilíbrio (LOB)

2.2.1. Definição

A linha de equilíbrio, também conhecida por linha de balanço (LOB), é uma ferramenta de auxílio ao planeamento e controlo de projetos, muito utilizada em projetos com atividades repetitivas, tais como estradas, túneis, obras hidráulicas, conjuntos habitacionais e edifícios altos.

Para além desta ferramenta, existe um processo de aprendizagem associado às atividades repetitivas designado de método das curvas de equilíbrio. Este método utiliza como base o conceito da curva de aprendizagem, em vez do conceito da linha de equilíbrio. A utilização deste conceito permite a obtenção de resultados mais próximos do real, podendo assim obter planeamentos mais precisos (Couto & Teixeira, 2002).

Os projetos, nos quais são utilizados os conceitos da linha de equilíbrio e o método das curvas de equilíbrio, possuem tarefas que vão sendo executadas repetidamente ao longo da obra (Souza, Volta, & Magalhães, 2014). Além disso, o nivelamento dos recursos é efetuado com modelos simples comparativamente às técnicas de rede, CPM e PERT (Bezerra, 2010). Esta técnica permite a obtenção do planeamento através de localizações e facultar informação relativamente à localização das equipas numa determinada altura. Este tipo de planeamento concede um plano de trabalhos com mais rigor e detalhe, devido à união das atividades, quantidades e localizações na mesma escala temporal (Sousa & Monteiro, 2011).

Este método é representado graficamente segundo os eixos ortogonais: o eixo x representado pelo tempo e o eixo y pela unidade básica definida (Figura 2.6), através de linhas ascendentes e/ou descendentes, tendo em conta a função da atividade, com inclinações constantes devido às

taxas de produção direcionadas a cada atividade (Couto & Teixeira, 2002). A técnica também é conhecida por Diagrama de Tempo – Caminho utilizando as mesmas variáveis para a sua execução e representação.

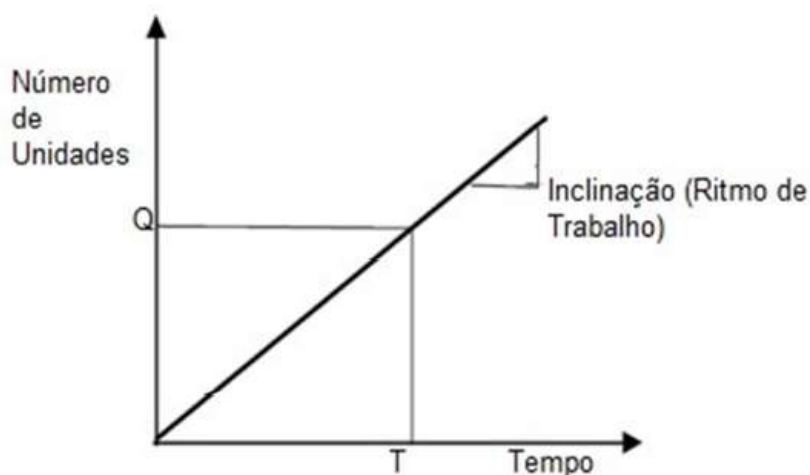


Figura 2.6 – Representação da linha de equilíbrio (Fonte: Junior, 1999)

De acordo com Ferreira (2011), a linha de equilíbrio possui como objetivo “obter ou avaliar a taxa de fluxo dos produtos acabados numa linha de produção”, utilizando o conceito das linhas de fluxo adquirindo resultados de repetitividade. Esta apresenta como características determinar o declive, isto é, o ritmo de trabalho, bem como aumentar a produtividade, diminuir o tempo de execução do projeto, gerir adequadamente os recursos e beneficiar da repetitividade das atividades.

Para atingir os objetivos anteriormente citados é necessário ter em conta o desfasamento entre as diversas atividades que compõem o projeto.

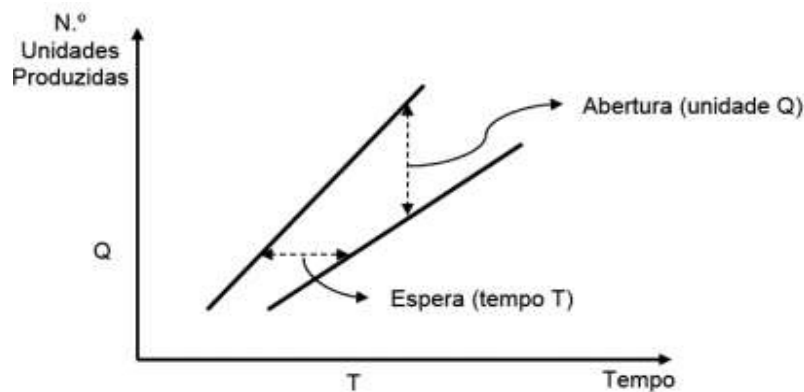


Figura 2.7 – Representação das esperas entre linhas de equilíbrio (Fonte: Bezerra, 2010)

A abertura vertical indica uma espera (*stage buffer*), sendo representado o número de unidades Q que estão à espera do início das atividades. A abertura horizontal representa uma espera relativa ao tempo (*time buffer*), isto é, indica o desfasamento entre unidades (Bezerra, 2010) (Figura 2.7).

Existem situações adversas aquando da representação das linhas de equilíbrio, as quais não devem ser ignoradas devido a problemas futuros em obra. O cruzamento de linhas é uma das situações frequentemente presentes aquando da representação das atividades. Esta situação deve ser resolvida utilizando uma das seguintes soluções: retarda-se a atividade, mantendo-se o ritmo ou altera-se o ritmo de produção da atividade, acrescentados recursos (mão de obra) (Figura 2.8).

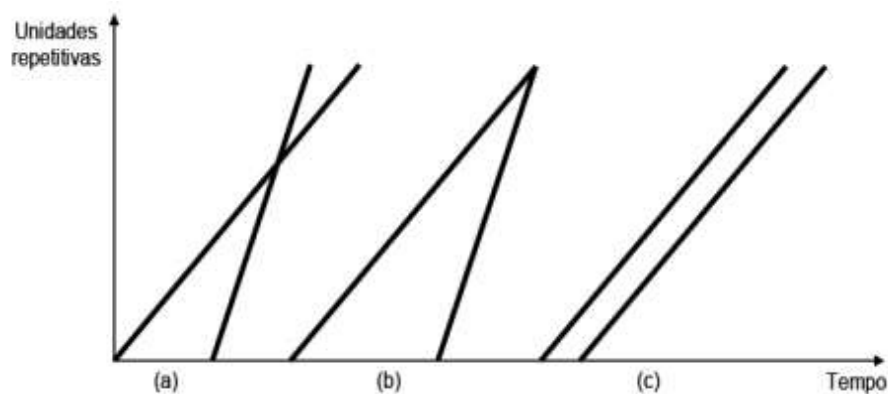


Figura 2.8 – (a) Cruzamento das atividades, (b) atividades a concluir no mesmo dia, (c) atividades com o mesmo ritmo de produção (Fonte: Bezerra, 2010)

Esta última exibição é de clara leitura e entendimento, sendo utilizada atualmente na Europa e Estados Unidos (Figura 2.11). No Brasil ainda é usada a representação por barras, devido à escassez de *softwares* que permitam a visualização por linhas.

Outra vantagem da representação por linhas é a capacidade de visualização dos erros/situações de conflito que possam advir das atividades, pelo que é mais suscetível a sua captação.

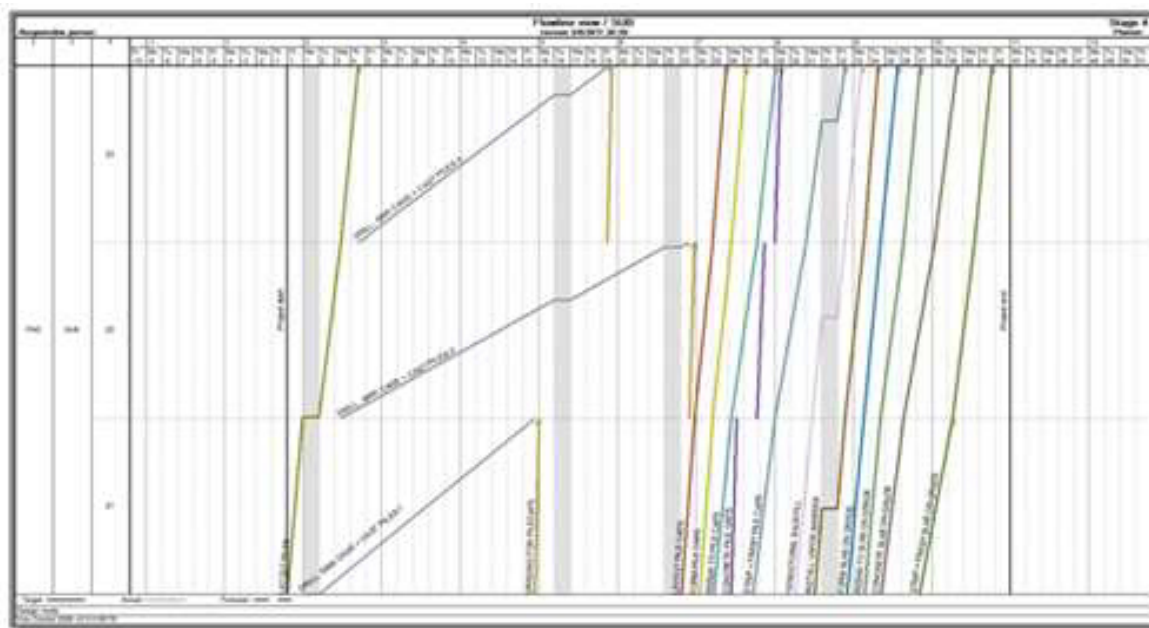


Figura 2.11 – Linha de Equilíbrio representada por linhas (Fonte: Vico Office Schedule Planner)

Outra possível representação da linha de equilíbrio pode ser concebida através do MS Excel (Figura 2.12), contudo a sua elaboração é bastante complicada e demorada, pelo que requer a devida atenção na elaboração. Este tipo de representação é idêntico ao usado pelos programas brasileiros, só diferindo no meio de conceção.

Outra complicação notável aquando do uso do MS Excel recai na dificuldade de realizar atualizações do projeto. Em contrapartida, é um *software* menos dispendioso em comparação com os restantes (Nunes, 2010).

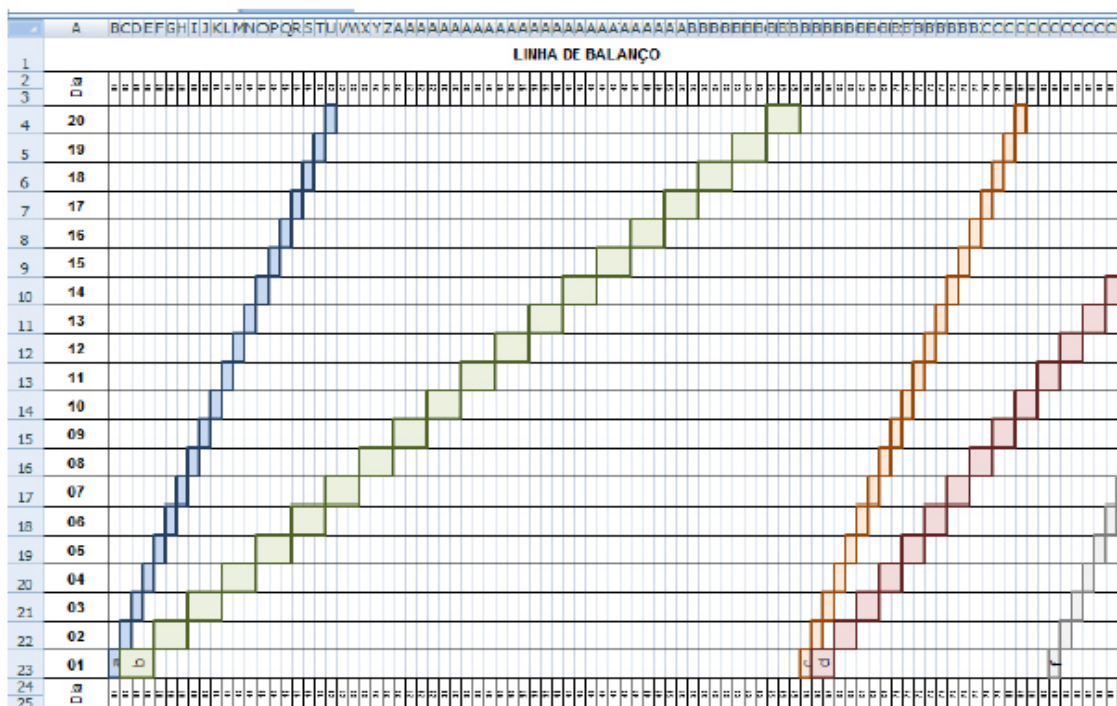


Figura 2.12 – Linha de equilíbrio representada no MS Excel (Fonte: Nunes, 2010)

Segundo Pires (2007), a técnica da linha de equilíbrio assenta em três diagramas. O diagrama de produção funciona como um diagrama de rede, em que é possível observar a interação entre as diversas atividades destinadas para uma única parcela, por exemplo, piso 1. O diagrama de avanço possibilita o estudo numa determinada data, comparando o previsto com o real do projeto, designando este fenómeno de linha de balanceamento. E, por último, o diagrama objetivo é conhecido com o diagrama de tempo-espço, no qual é possível representar o número de unidades ao longo do tempo, sendo as atividades representadas obliquamente.

Ao longo dos anos de existência da linha de equilíbrio, algumas empresas sentiram a necessidade de encontrar apoios informáticos capazes de gerar estas linhas. Inicialmente, estas eram obtidas manualmente recorrendo a equações capazes de responder às necessidades pretendidas. Com a chegada do MS Excel, começaram a surgir algumas dessas linhas representadas com apoio informático. Alguns países, como por exemplo, o Brasil ainda produz linhas de equilíbrio com base no Excel; outros inovaram e abraçaram o MS Project modificando a disposição habitual do GANTT, para uma representação mais idêntica ao pretendido com as linhas.

Com os avanços tecnológicos e a necessidade de obter planeamentos com menos riscos e tempos de execução curto, obrigou algumas empresas a inovar e optar por novas estratégias, como a criação de *softwares* capazes de responder a tais exigências. Um capaz de representar as linhas de equilíbrio, quer em linhas, quer em barras, foi produzido pela empresa britânica Asta Development, denominado de Asta Powerproject.

Outro programa informático capaz de exibir as linhas é designado de VICO Software, produzido pela Trimble. Este foi criado para acarretar com a metodologia BIM em todas as suas vertentes, permitindo ao usuário o contacto com esta nova metodologia, mas também a capacidade de obter planeamentos sem riscos futuros e com reduções significativas de tempo e custos.

2.2.2. Retrospectiva histórica

Segundo Moura, Monteiro, & Heineck (2014), existem três pontos de vista diferentes para o início de desenvolvimento da linha de equilíbrio: o primeiro, dado por Suhail e Neal, retrata o início na Marinha dos Estados Unidos em 1942, sendo posteriormente, nos anos 50 aplicada pela *National Housing Authority*, no Reino Unido, na programação de projetos em habitação repetitiva; o segundo ponto de vista, por Turban, enuncia a criação da linha de equilíbrio pela *Goodyear Tire & Rubber Company* em 1941, nos Estados Unidos. A Marinha dos Estados Unidos desenvolveu a técnica de programação para projetos repetitivos e não repetitivos no decorrer da segunda guerra mundial; a última versão é defendida por O'Brien, citando um anterior autor, referindo que a linha de equilíbrio surgiu na criação do *Naval Special Projects Office* em 1951.

Existe ainda uma quarta versão que remonta os primeiros registos da técnica para o início dos anos 30, na construção do edifício *Empire State Building* em Nova Iorque, nos EUA. Em 18 meses o edifício de 102 andares ficou completamente construído, exibindo a funcionalidade desta técnica. A partir dos anos 40 começaram a surgir várias variantes da Linha de Equilíbrio, como a *Flowline*, a *Construction Planning Technique*, a *Vertical Production Method*, a *Time – Location Matrix Model*, a *Time – Space Scheduling Method*, a *Repetitive Project Model e Horizontal* e a *Vertical Scheduling Logic for Multi – Story Projects* (Sousa & Monteiro, 2011).

2.2.3. Benefícios da Linha de Equilíbrio para o planeamento

A Linha de Equilíbrio, enquanto instrumento para o bom planeamento, necessita de especificar os seus benefícios, comparativamente às técnicas usadas atualmente no planeamento. Ferreira (2011) afirma que menorizar os produtos armazenados, implementar o trabalho em grupo, delinear melhor as tarefas e visualizar o controlo do planeamento com recurso a meios informáticos são alguns dos benefícios que a LOB exhibe, enunciando, ainda, a evidência e a rapidez de execução das tarefas, bem como o cumprimento de conclusão da obra. Um dos benefícios de maior ênfase incide na capacidade de repetição das atividades, inexistente nas técnicas de planeamento atuais.

Visualmente a linha de equilíbrio permite avaliar os ritmos de produção (declives) e as discontinuidades, os intervalos das atividades, bem como a localização articulada a cada atividade. Outros grandes benefícios destacam os erros presentes no planeamento, desde a presença de atividades em simultâneo no mesmo local, ou o contrário, isto é, a mesma obra a decorrer em locais diferentes. Por fim, outro erro presente na representação da linha de equilíbrio corresponde à localização de períodos sem atividade (*buffers*) (Baptista, 2015).

Nunes (2010) salienta alguns benefícios para uma boa implementação da Linha de Equilíbrio, nomeadamente: a diminuição do risco no planeamento do projeto; a visualização de diferentes alternativas de linhas de balanço no projeto; a redução do tempo de execução; a averiguação da viabilidade do planeamento, verificando a existência de erros e, ainda, a procura de otimização do projeto.

Vargas & Vargas (2012) realizaram um estudo sobre o efeito da aprendizagem nas atividades repetitivas. Nele denotaram que a aplicação deste efeito, com a técnica da linha de equilíbrio no planeamento de diversas atividades, tendo em consideração a existência de *buffers* ponderados, permitiu reduzir os conflitos normalmente existentes em demasia entre atividades. Além disso, perceberam que a técnica permite benefícios a nível de estaleiro, pelo que uma melhor gestão das datas de entrega dos materiais provoca uma redução de materiais em estaleiro, bem como existe um maior controlo a nível de perdas. Outra mudança notável diz respeito à diminuição do tempo de aluguer dos equipamentos requeridos para obra, pelo que diminuí os custos associados ao tempo de uso dos mesmos.

2.2.4. Vantagens e desvantagens

A temática “linha de equilíbrio” apresenta uma vasta gama de vantagens e desvantagens enunciadas por diversos autores. Em alguns casos, verifica-se até a parcialidade na escolha, optando pelas mesmas opiniões. A utilização desta metodologia tem alcançado patamares visíveis relativamente a outras metodologias, em muitos casos devido às funcionalidades que os *softwares* de auxílio proporcionam, tirando partido certas vantagens enunciadas à posterior por Souza, Volta, & Magalhães (2014), tais como:

- Clareza e simplicidade na representação;
- Aumento da produtividade devido à repetição de atividades e melhorias nos estaleiros;
- Desvios identificados, tendo por base o planeamento inicial.

De acordo com Ferreira (2011), a LOB apresenta pouca informação graficamente, ou seja, limita a informação, o que pode ser vantajoso para quem pretende visualizar apenas o comportamento das atividades e desvantajoso para quem as executa, necessitando de maior detalhe da atividade. Além desta vantagem e/ou desvantagem apresenta ainda como vantagens:

- Visualização das dependências das atividades;
- Controlo da produtividade evitando atrasos ou adiantamentos;
- Fácil visualização dos recursos dispostos nas atividades;
- Possibilidade de ajustamento nos ritmos das atividades, precavendo futuros possíveis conflitos;
- Visualização das folgas existentes entre a execução de atividades;
- Facilidade de cedência de informação;
- Especialização da mão de obra criada pela repetitividade de tarefas e motivação na mão de obra concebida pela fixação de barreiras;

Almeida (2005) ainda acrescenta como vantagens: a diminuição dos custos diretos e indiretos, obtidos pela diminuição do tempo de execução; uma melhor organização e um maior grau de conceção de projetos adquirido pela prática de repetitividade influente na técnica LOB.

Enunciadas as vantagens da LOB, importa referir as suas desvantagens, que em casos de estudo posteriores podem adquirir o estatuto de vantagem, através de uma simples melhoria na técnica.

A falta de apoio informático no mercado, a escassez de obras de grande envergadura e a sequência de atividades repetidas em obras são algumas das desvantagens observadas pelos aprofundadores da técnica. Verifica-se além destas, o não detalhe do fluxo dos processos (Formoso, 1997). A necessidade de planear individualmente as atividades não repetitivas, a necessidade de dispor locais de armazenamento para os materiais a ser requeridos consoante o andamento da obra e, ainda, a necessidade de especialização da mão de obra numa atividade específica são também algumas das desvantagens associadas à programação de obras da técnica LOB, que necessitam de correção, para uma notável implantação da técnica no planeamento (Ferreira, 2011).

Bezerra (2010) mencionando Branco (2007), reafirma como vantagens a identificação de conflitos entre atividades, bem como a promoção do nivelamento de recursos. Como desvantagens indica que a técnica é pouco sofisticada e exaustiva para simulação de novas alternativas, e ainda que necessita de uma técnica de suporte para as atividades que não são de representação linear. Além de Branco, (2007) outros autores apontam que a técnica da linha de equilíbrio e as técnicas de rede devem ser combinadas, por forma a obter um planeamento desejado.

2.2.5. Metodologia de aplicação da Linha de Equilíbrio

Para implementar a linha de equilíbrio existe um conjunto de tópicos sequenciais para a sua elaboração associadas a um planeamento de um determinado projeto.

A sequência da metodologia é efetuada do seguinte modo:

- [1] Definição da unidade básica do projeto – divisão do projeto em localizações, como por exemplo, pisos, habitação, etc (Figura 2.13);

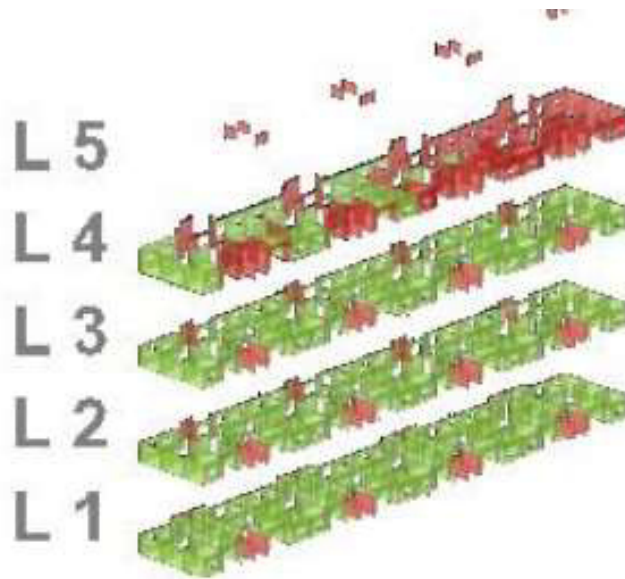


Figura 2.13 – Divisão de um edifício por pisos (Fonte: Monteiro & Martins)

- [2] Definição das atividades, durações e relações de dependência entre elas;
- [3] Definição do número de equipas/recursos por atividade, bem como a produtividade associada a cada atividade;
- [4] Associação dos recursos às atividades do projeto;
- [5] Visualização das linhas de balanço.

2.2.6. Comparação entre o diagrama de Gantt e a Linha de Equilíbrio

Vargas & Vargas (2012) enunciam que a técnica da linha de equilíbrio resulta da derivada do diagrama de barras – GANTT, sendo a sua representação efetuada através de um gráfico. Bezerra (2010) cita Maders (1987), afirma que a diferença entre o diagrama de GANTT e a linha de equilíbrio reside na inclinação das atividades presente na representação das linhas.

Segundo a empresa ndBIM, o diagrama de Gantt foi desenvolvido para planear o trabalho e regular os prazos do projeto, funções características do diagrama. Os gráficos de Gantt apresentam as atividades em função do tempo, dispostas horizontalmente, como fora explicado anteriormente. Um problema verificado, aquando do estudo do planeamento de um projeto, incide na omissão das localizações, sendo este resolvido por esta nova técnica. A representação

das dependências entre as atividades, dos recursos e a perceção do desenvolvimento da obra impedem a utilização do Diagrama de Gantt, pelo que é necessário o recurso a uma nova técnica para dar resposta às dificuldades detetadas pelas empresas de construção, que procuram atualmente a conceção rápida com custos reduzidos.

No que concerne à linha de equilíbrio, esta surgiu com o propósito de fornecer às empresas a facilidade de visualização dos projetos, tendo em conta as localizações adotadas para cada um, uma vez que o diagrama de Gantt não permite a descrição do projeto segundo uma única localização. Esta desvantagem impede o diagrama de planear e supervisionar as diversas equipas nos diferentes locais de trabalho (Seppänen, 2009).

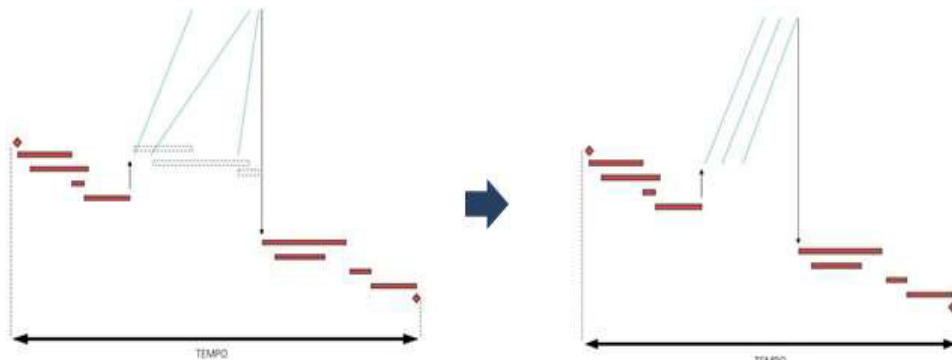


Figura 2.14 – Diagrama de Gantt versus Linha de equilíbrio (Fonte: ndBIM)

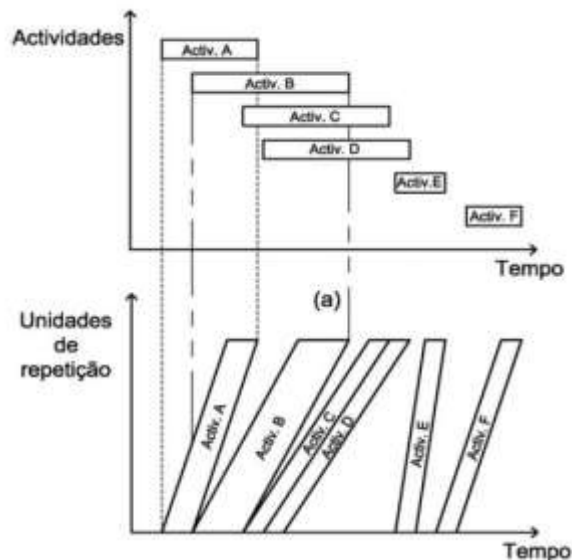


Figura 2.15 – Transposição do diagrama de Gantt para Linhas de Equilíbrio (Fonte: Ferreira, 2011)

Nas Figuras 2.14 e 2.15 constata-se a transformação do diagrama de Gantt para a representação em linhas de equilíbrio. A representação torna-se um meio mais fácil aquando da utilização deste novo método, pelo que visualmente podem ser delineadas novas linhas de equilíbrio, reduzindo assim o tempo de execução estimado.

A facilidade de interpretação e visualização permite transpor um conjunto de tarefas representadas no diagrama de Gantt para uma única tarefa representada em linha (Figura 2.16).

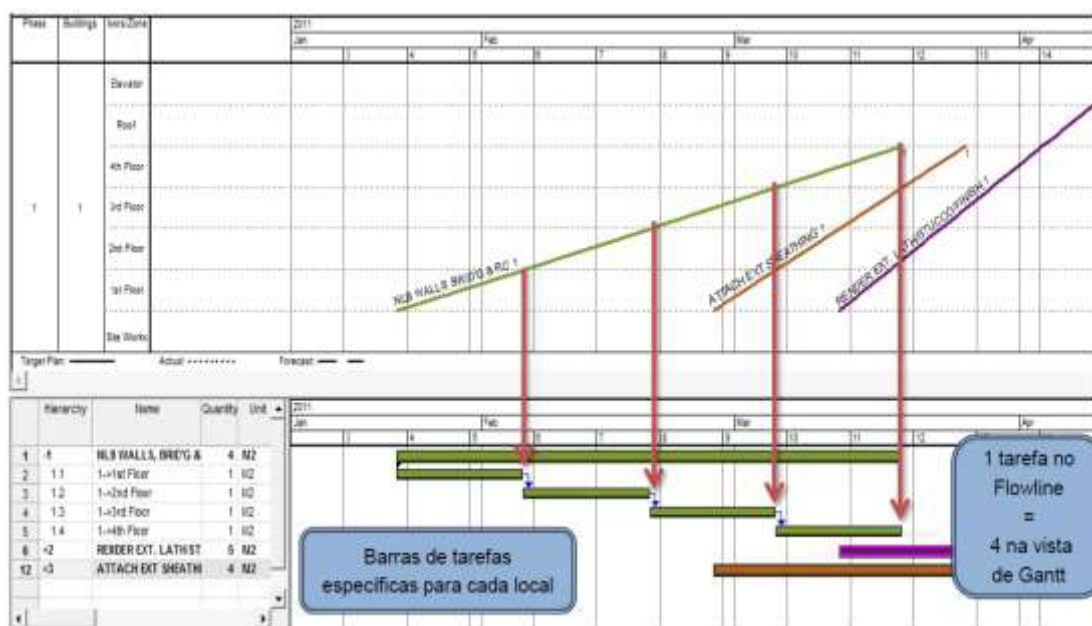


Figura 2.16 – Transposição da informação do diagrama de Gantt para as linhas de equilíbrio
(Fonte: ndBIM, 2015)

2.2.7. Interação e implementação da LOB com modelos BIM

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*), recentemente criada, veio proporcionar a aglomeração das diferentes fases de um ciclo de vida de um edifício, incluindo os processos construtivos e as fases de instalação. Além disso, veio permitir às diferentes identidades responsáveis por determinada tarefa ou fase do edifício, a visualização integral de todas as alterações efetuadas desde a fase inicial até à fase final do projeto. Esta interligação facilita o melhor entendimento entre os diversos coordenadores, além de possibilitar a rapidez de acesso a todas as alterações do projeto, bem como a inclusão de novas vertentes, desde as instalações hidráulicas, elétricas entre outras (Gequaltec, 2011).

A metodologia da Linha de Equilíbrio apareceu muito antes da metodologia BIM, contudo com o avanço do BIM para diversas dimensões (nD) proporcionou a ligação da LOB a esta nova metodologia.

Passando dos desenhos em 2D, realizados em papel, começaram a surgir os primeiros esboços em três dimensões (3D), permitindo a visualização espacial do edifício pela criação de um modelo virtual num *software*. Acrescentando o tempo ao modelo surgiu a quarta dimensão (4D) do BIM, bem como a quinta dimensão com o fator orçamental e os custos, obtidos através das quantidades disponibilizadas pelo modelo.

O modelo 4D BIM é visto como sendo a união de um modelo BIM com o planeamento CPM, contudo na modelação BIM o método CPM não é compatível, pelo que a aplicação da Linha de Equilíbrio na metodologia BIM teve de ser interligada às outras dimensões, desde 2D, 3D, 5D até nD (Figura 2.17). Assim sendo, um fluxo BIM-LOB só é possível se existir ligação entre todas as componentes do BIM. Para além disso uma implementação bem-sucedida só é possível se for estabelecido um conjunto de regras/instruções para assegurar um excelente fluxo BIM-LOB (Monteiro & Martins, n.d.).

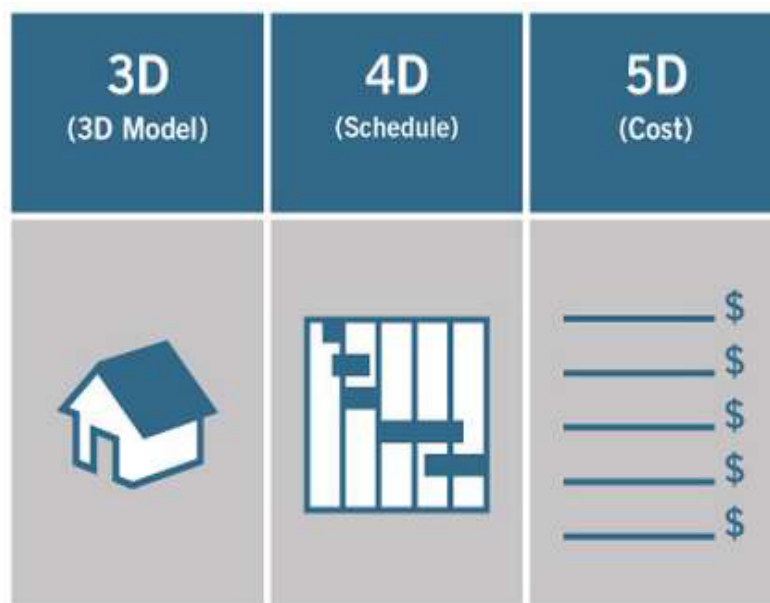


Figura 2.17 – Modelação BIM 4D (Fonte: adaptado de Pete Fowler Construction Services, Inc, 2014)

A respeito da implementação da LOB, esta traduz-se num conjunto de vantagens que permitem a obtenção de um planeamento bem estruturado num curto espaço de tempo, expondo todas as atividades com as respetivas relações de dependência.

A empresa ndBIM tem como objetivo auxiliar os donos de obra, projetistas e construtores na implementação da metodologia BIM, na qual, as linhas de equilíbrio aparecem associadas ao BIM 4D como anteriormente explicado. Assim sendo, as empresas dispõem de um conjunto de vantagens com a implementação da LOB em futuras empresas.

Na Figura 2.18 estão representadas as vantagens de implementação da linha de equilíbrio apresentadas pela empresa ndBIM.



Figura 2.18 – Vantagens da implementação da linha de equilíbrio (Fonte: ndBIM, 2015)

Para uma implementação bem-sucedida é necessário dar a conhecer a todos os intervenientes a nova metodologia, de forma a criar interação entre as diferentes partes na partilha do conhecimento.

Primeiramente, a implementação requer um estudo geral das equipas por forma a criar as condições necessárias para avançar e obter os benefícios associados à técnica.

A aplicação da linha de equilíbrio associada à metodologia BIM tem vindo a ser examinada por algumas empresas do setor da construção civil, que visam melhorar os seus planeamentos futuros. Embora exista essa disponibilidade, economicamente e a nível organizacional, as empresas não dispõem de recursos para a implementar, devido também às dificuldades técnicas que as ferramentas informáticas apresentam.

Relativamente ao impedimento económico e organizacional não existem resultados que explicitem o valor final para a implementação desta técnica, já que a necessidade de mão especializada requer custos acrescidos e formações para aprendizagem.

Tecnicamente, o uso de programas requer disponibilidade para aprendizagem, sendo necessário dispor um tempo indeterminado. A simplicidade dos modelos permite que não haja tempos extensos para idealização do modelo, sendo esta adquirida pela disponibilidade de todos os intervenientes. A interoperabilidade e a interface visual são duas das componentes essenciais num programa: a primeira pela capacidade de comunicação de forma transparente com outros *softwares* e a segunda pela facilidade visual que dispõem aos utilizadores, permitindo a transparência de erros/situações de conflito entre partes do modelo (3D) ou entre atividades no planeamento (4D) (Biotto, 2012).

2.2.8. A LOB na perspetiva nacional e internacional

Com o desenvolvimento da metodologia BIM e com as preocupações do *Lean Construction* na construção, a linha de equilíbrio, que estava adormecida no tempo, voltou a ser alvo de estudo por parte de autores, bem como empresas que pretendiam e pretendem ver reduzido o tempo de execução das obras, os conflitos em obra, assim como uma gestão organizada de recursos, quer mão de obra como materiais.

Muitos dos casos de estudo observados no decorrer da pesquisa envolvem dissertações de mestrado, teses de doutoramento, artigos científicos que procuram dar resposta às necessidades anteriormente salientadas.

Numa perspetiva global, existem países preocupados com o setor da construção e com a forma em contornar problemas ocorridos em obra. Investem em *softwares* sofisticados, capazes de detetar conflitos, antecipando uma solução, permitindo uma maior interligação com todas as

partes intervenientes, por forma apresentar benefícios para a empresa ou obras públicas de grande envergadura. O Brasil tem sido um dos países preocupados com o setor, mostrando a preocupação em solucionar respostas aos problemas, realizando vários estudos onde a linha de equilíbrio tem sido alvo de discussão. Na Europa a linha de balanço ainda não acarreta um foco principal, verificando-se nos poucos estudos realizados, sendo que o Reino Unido tem retratado algum interesse, sendo um dos países que mais investiu para melhorar o sector da construção com a implementação do BIM nível 2 para obras públicas. Os Estados Unidos da América também possuem no seu historial estudos da temática linha de equilíbrio, possuindo um dos *softwares* de auxílio à metodologia BIM e, atualmente, usado em Portugal.

A nível nacional, o desenvolvimento da metodologia BIM incentivou para o aparecimento das linhas de equilíbrio. Existem artigos científicos e dissertações que relatam o seu desenvolvimento, as suas vantagens e desvantagens. As empresas de construção portuguesas têm apostado nesta metodologia, pela facilidade de comunicação que apresenta entre os intervenientes da obra. Empresas como a Mota Engil, a ndBIM, a Newton já têm implantado esta nova forma de projetar e planear, no caso particular da CASAIS, esta encontra-se em fase de análise e estudo das mais-valias que esta pode reivindicar.

A preocupação a nível nacional e internacional da construção tem impingido às empresas uma reformulação no ato de projetar e planear, dois focos importantes para permitir projetos mais curtos, bem planeados, com redução de recursos e interligados com todas as componentes. Para obtenção destas oportunidades é necessário fornecer aos colaboradores da empresa formação mais especializada e ferramentas de auxílio capazes de atingir os objetivos confinados pela empresa.

CAPÍTULO III

3. SOFTWARES

A necessidade de obter planeamentos de obras num curto espaço de tempo e com rigor forçou a procura de sistemas informáticos, que satisfizessem os requisitos pretendidos.

O surgimento do diagrama de GANTT e das redes PERT e CPM em obras pequenas era de fácil elaboração. Contudo, com o crescimento populacional teve de se optar por edifícios maiores que suportassem um maior número de pessoas. Assim sendo, os métodos que, no passado, eram capazes de reproduzir rapidamente o planeamento dos edifícios e serem de fácil visualização, passaram a não serem suscetíveis para planear edifícios com elevado número de atividades. Em 1985 surgiu o primeiro programa de auxílio que veio suportar todas as dificuldades para planear uma obra – Microsoft Project.

3.1. Microsoft Project

O Microsoft Project, software de gestão de projetos, foi desenvolvido pela Microsoft em 1985. Este possui um variado leque de informação, desde o tempo, gráfico de Gantt, modelos probabilísticos, diagrama de redes, custos, até à elaboração de relatórios. O MS Project surgiu com o propósito de facilitar o planeamento de atividades e recursos (Brandão, 2000). As técnicas de planeamento, anteriormente citadas no capítulo II, diagrama de Gantt, rede CPM e PERT auxiliam na representação das atividades do projeto. A facilidade operacional que oferece permite que seja usado em diversos tipos de projetos, quer na área de gestão de projetos de engenharia, como também na área de gestão empresarial.

Passados 30 anos e sofrendo várias modificações durante esse período, o Microsoft Project ainda é requisitado pela maioria das empresas ligadas, principalmente, ao ramo da Construção. As diversas vantagens que apresenta permitem-no colocar no topo dos *softwares* de gestão de projetos mais solicitado, sendo estas (Toptalent, 2012):

- Garantia de conclusão no prazo estipulado, tendo por base o orçamento ajustado;

- Faseamento da obra;
- Visualização diversificada quer em calendário, diagrama de rede, gráfico de Gantt, Gantt de controlo, gráfico de recursos, entre outros;
- Produção de relatórios de controlo do projeto;
- Oferta de recursos de gestão;
- Análise automática das atividades críticas (representadas pelo caminho crítico);
- Oferta de visão macro, mas detalhada do projeto permitindo precaver riscos futuros no projeto;
- Apoio na concretização do trabalho e organização de recursos;
- Apoio visual interativo através de gráficos.

Este *software* é bastante acessível no mercado, sendo que o valor pago é minoritário quando comparado a outros apoios informáticos. A sua diversificada lista de idiomas proporciona aos utilizadores a escolha de um idioma mais familiarizado (Toptalent, 2012).

Como desvantagens apresenta-se como um programa vulnerável aos dados, isto é, permite que sejam feitas alterações no projeto, mesmo que estas possam prejudicá-lo. Segundo Berezuk, Morais, Valverde, Almeida, & Grossi, (2014) se o gráfico resultante for muito extenso, dificulta a leitura de todas as atividades, bem como as suas dependências (Figura 3.1). Além disso, a gestão de projetos abrange várias áreas, porém o MS Project apenas tem em conta, o tempo, os custos e os recursos humanos.

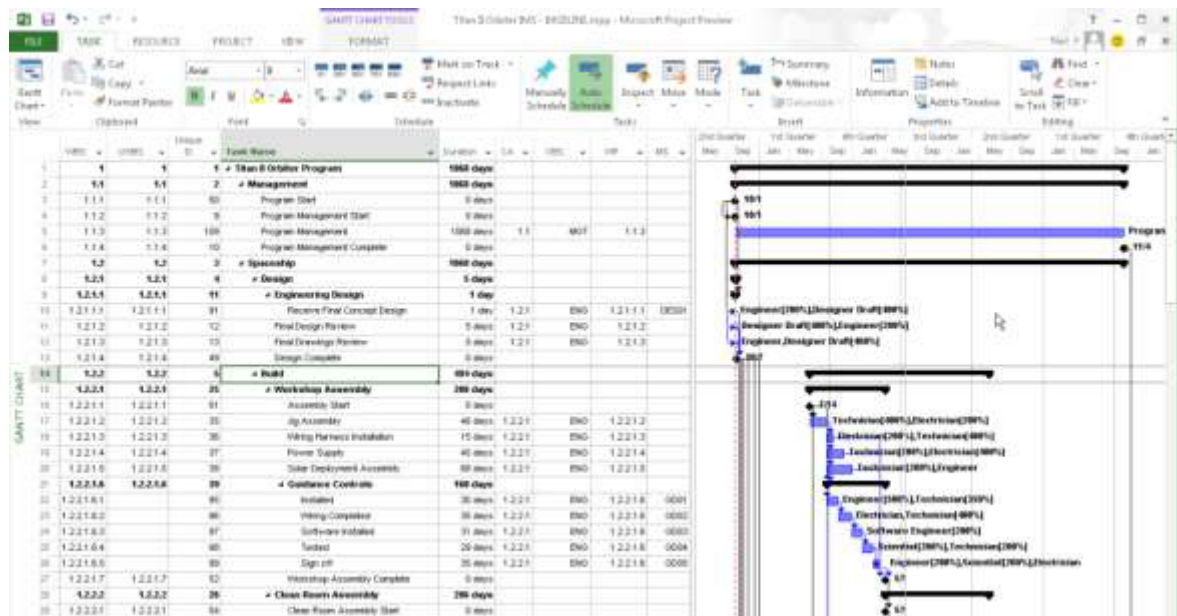


Figura 3.1 – Exemplo de um planeamento em MS Project (Fonte: Ten Six Consulting, 2012)

No que se refere à gestão dos recursos, este software é bastante completo quer a nível da mão de obra, como também a nível de equipamentos. A sua fraqueza recai na gestão de materiais, quando estes estão representados por unidade de medida. A não interligação entre a orçamentação e o planeamento é outra dificuldade do MS Project (Oliveira, 2011).

3.2. Asta Powerproject

Asta Powerproject é um *software* britânico desenvolvido pela Asta Development em 1988, empresa de softwares de gestão de softwares especializada no desenvolvimento de soluções para gestão de projetos, gestão de recursos e metodologia BIM. Este permite a gestão do planeamento com auxílio à representação do gráfico de Gantt, no qual se pode observar a evolução do projeto. Além desta característica particular, permite a visualização das atividades através da representação da linha de equilíbrio.

Segundo a Elecosoftt Asta (2015) este programa é utilizado em todo o mundo, devido ao facto de ser uma solução ótima para projetos e gestão de recursos, sendo adequado para qualquer utilizador, que necessite de executar o planeamento de um projeto. Além disso, apresenta-se em vários setores da indústria pela constante progressividade, utilizando tecnologias recentes.

Outras funcionalidades presentes recaem no agendamento avançado, no fornecimento de relatórios relativos à progressividade da obra e na capacidade para delinear os riscos e interrupções presentes no projeto (Figura 3.2).

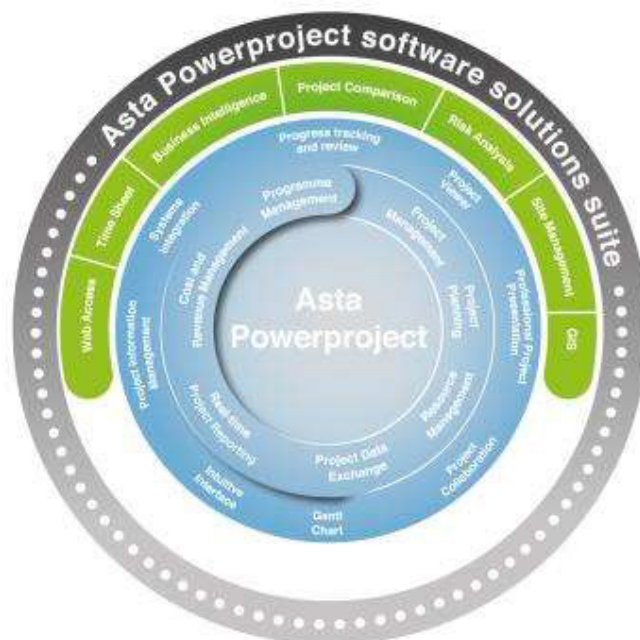


Figura 3.2 – Funcionalidades do *software* Asta Powerproject (Fonte: Planning Planet)

Existem alguns projetos que usufruíram das capacidades do Asta Powerproject, tais como: o Shard London Bridge, em Londres; o aeroporto Schiphol, a sudoeste de Amesterdão; o aeroporto de Hong Kong, na China; as Petronas Towers, na Malásia; o Jumeirah Park, no Dubai e a Space Shuttle, nos Estados Unidos da América.

Como qualquer apoio informático, este também possui as suas vantagens e desvantagens. No que concerne às vantagens estas são, segundo a Elecosoft Asta (2015):

- Partilha/troca simples de dados com outros *softwares*;
- Criação e atualização rápida dos cronogramas dos projetos;
- Produção de relatórios padrão e personalizados de alta qualidade;
- Gestão dos recursos e dos custos com facilidade;
- Interação com o MS Outlook, contabilidade, BIM e sistemas ERP;

- Permissão a comparação de diversas fases do projeto, recorrendo à linha de base do projeto.

3.3.Si LB

O Si LB é um Software de Linha de Balanço de produção e controlo da produção da empresa brasileira *Si Consulting* desenvolvido em parceria com a M Informática. Esta empresa surgiu em 2012 a partir da M Informática com propostas ao nível da Consultoria, Auditoria, Treinamentos e Sistemas. A linha de balanço foi desenvolvida no foro empresarial pela criação de um novo programa baseado no *software* antigo criado pela M Informática (Figura 3.3). Este tem como objetivo auxiliar a criação de linhas de balanço em forma de barra, bem como permitir a integração da técnica na construção civil fornecendo as seguintes vantagens:

- Permitir a integração com a orçamentação e a programação de curto prazo;
- Controlar as equipas de trabalho;
- Emitir e controlar planos de trabalhos;
- Emitir relatórios;
- Facilitar a definição e identificação dos ritmos, restrições e sequência das atividades;
- Permitir a identificação do caminho crítico e tarefas críticas;
- Possibilitar a identificação das dependências das atividades;
- Facilitar a gestão dos recursos (mão de obra, equipamentos, materiais) e da segurança;
- Facilitar o entendimento do projeto por todas as partes envolvidas.

Este *software* foi concebido por engenheiros civis, que tinham como base a filosofia *Lean Production*, para o ramo da construção civil.

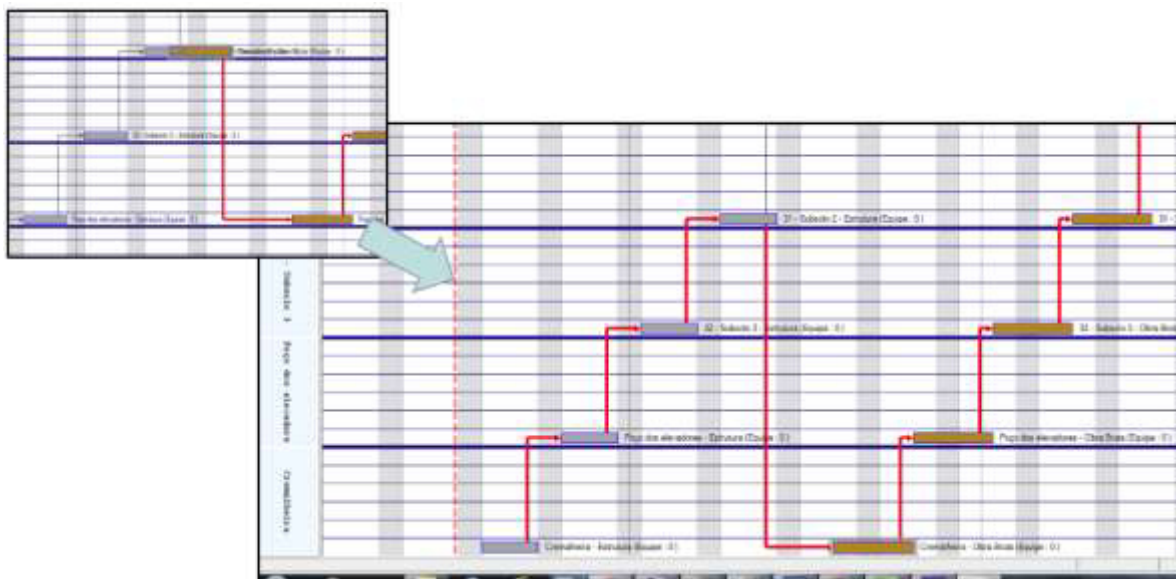


Figura 3.3 – Planeamento de uma obra no *software* Si LB (Fonte: Si Consulting, 2014)

3.4.Vico Software

A empresa Trimble dispõe de um programa designado de Vico Software, software recente e ligado à metodologia BIM. Possui um grande foco para o ramo da indústria da construção, na medida em que pretende dar aos seus utilizadores a possibilidade de redução dos riscos associados a um projeto, para além de permitir gerir os custos e otimizar o planeamento do mesmo.

Esta ferramenta informática possui uma particularidade relativamente à ordem de interação das diversas componentes do BIM, isto é, a ligação efetuada não corresponde à ordem sequencial do 3D, 4D e 5D. No Vico Office a parcela relacionada com os custos (5D) aparece primeiramente face ao 4D, pelo que o planeamento é a última componente abordada no *software* como mostra a Figura 3.4.

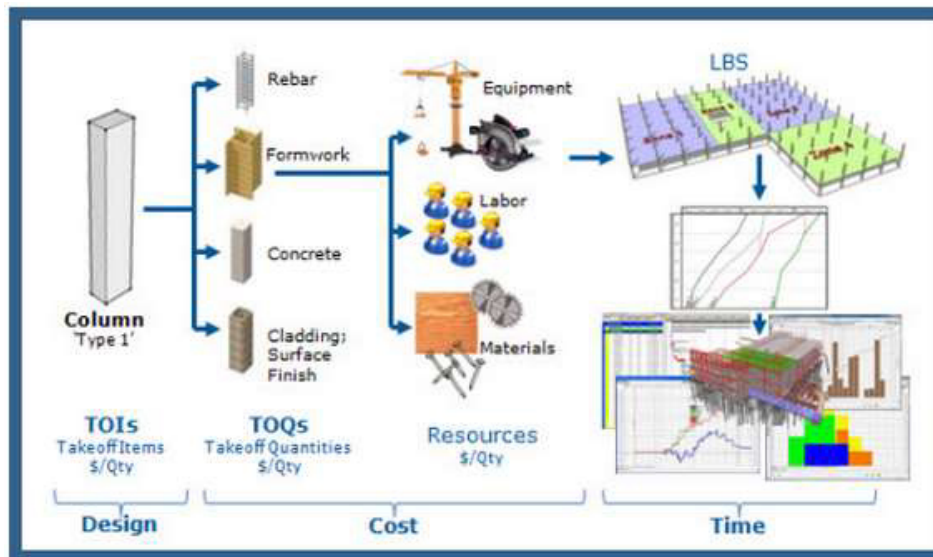


Figura 3.4 – Ordem sequencial das componentes do *software* Vico (Fonte: Vico Office Suite)

O programa permite aos seus usuários aceder às diferentes categorias de um projeto, desde a modelação 3D, o planeamento e os custos associados. Permite ainda aceder a todas as características dos elementos que compõem o projeto.

As suas funcionalidades da visualização 3D possibilitam observar a organização do modelo com as restantes áreas, designadamente a arquitetura, estrutura e MEP. Outra vantagem do uso deste *software* recai na capacidade de detetar conflitos, permitindo que os erros detetados não sejam observados durante a conceção do projeto. Para isso, dispõe de uma componente designada de *Vico Office Constructability Manager*, permitindo às equipas de trabalho corrigir e resolver esses problemas. A obtenção do mapa de quantidades também pode ser adquirida através do *Vico takeoff Manager* que subdivide as quantidades por localizações no modelo BIM (Parreira, 2013).

Outra característica distinguível incide sobre a facilidade de interação com outras aplicações usadas no contexto BIM, como o *Revit*, *Tecla*, *ArchiCAD*, *CAD-Duct*, ficheiros em formato IFC, *SketchUp* e *3D DWG files* sustentando a interoperabilidade idealizada pela metodologia (Figura 3.5). Os formatos de ficheiros de informação são capazes de garantir uma exportação segura e sem perda de informação (B. M. L. Ferreira, 2015).

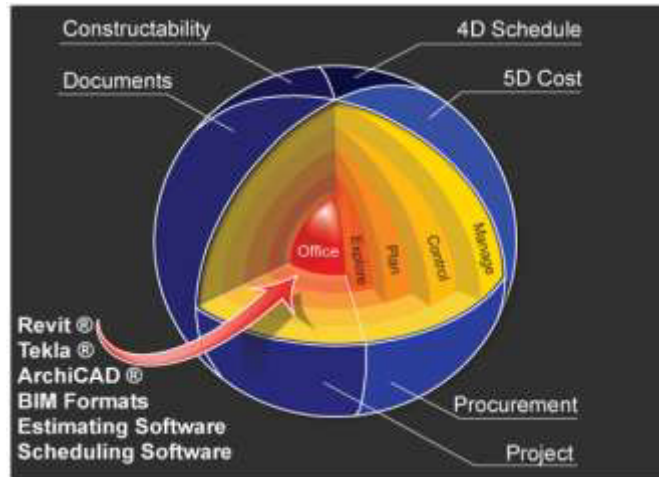


Figura 3.5 – Componentes do Vico Software (Fonte: Vico Office Suite)

Direcionando o Vico Software para o traçado das linhas de equilíbrio de um projeto, verifica-se que este possui algumas particularidades relativamente a outros *softwares*, sendo estas fulcrais para quem planeia e interpreta o planeamento.

Essas particularidades abordam o planeamento a três níveis: o planeado, o previsto e o real. Estes níveis permitem obter perceções do andamento do projeto, possibilitando em caso de atraso tomar as devidas precauções, por forma a cumprir o novo prazo de finalização.

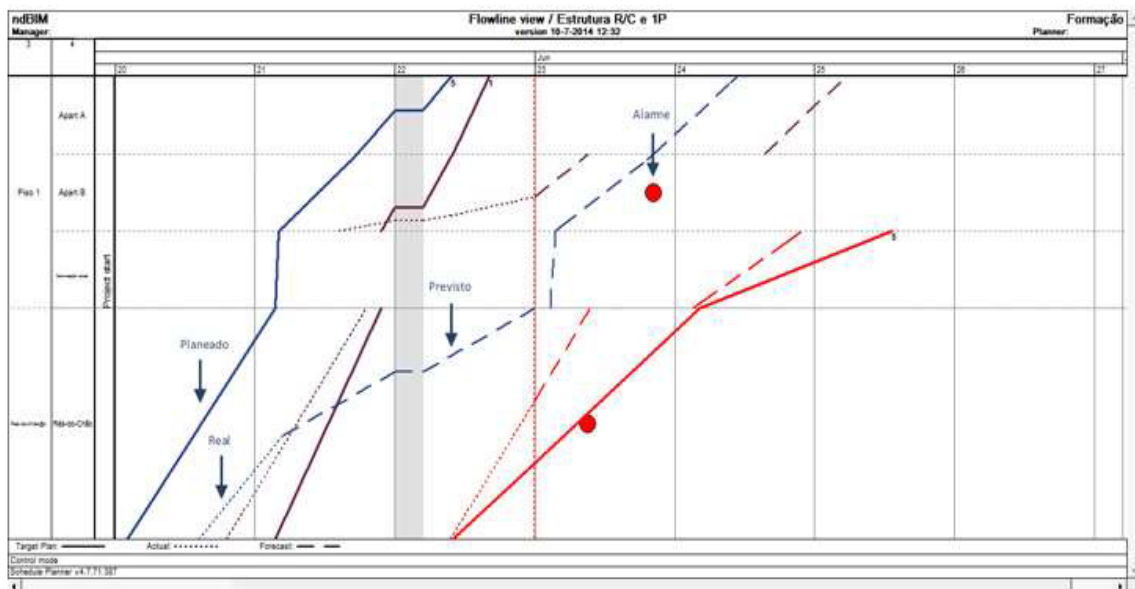


Figura 3.6 – Linhas de equilíbrio do planeado, real e previsto (Fonte: ndBIM)

Além disso, os avisos ditos como alarmes (Figura 3.6) indicam situações, como por exemplo, a atividade predecessora começou tarde, o que condiciona o atraso das atividades sucessoras (Figura 3.7). Outra situação possível corresponde à existência de Buffers, isto é, espaços vazios sem atividades, o que condiciona o prolongamento da data de conclusão da obra.

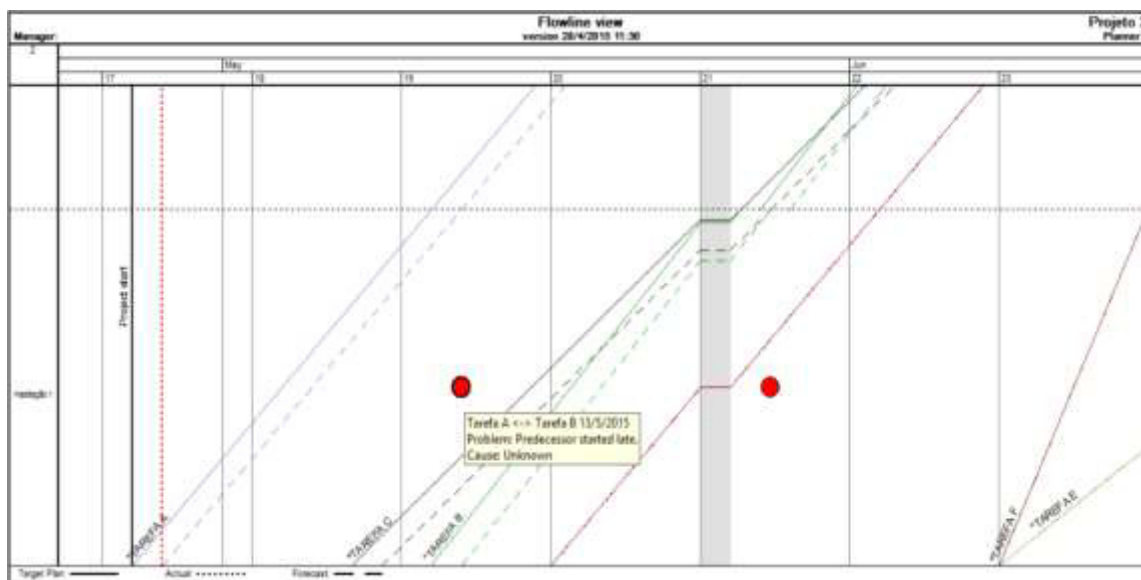


Figura 3.7 – Indicações de situações de alarme (Fonte: Autoria própria)

Na Tabela 3.1 são indicadas de forma mais genérica as vantagens e as desvantagens dos diversos *softwares* analisados nesta dissertação.

Tabela 3.1 – Tabela resumo das vantagens e desvantagens dos programas analisados

	Vantagens	Desvantagens
MS Project	<ul style="list-style-type: none"> • Garantia de conclusão no prazo estipulado, tendo por base o orçamento ajustado; • Faseamento da obra; • Visualização diversificada quer em calendário, diagrama de rede, gráfico de Gantt, 	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidade dos dados • Dificuldade de leitura em gráficos extensos; • Não permite a representação do

	<p>Gantt de controlo, gráfico de recursos, entre outros;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produção de relatórios de controlo do projeto; • Oferta de recursos de gestão; • Análise automática das atividades críticas (representadas pelo caminho crítico); • Oferta de visão macro, mas detalhada do projeto permitindo precaver riscos futuros no projeto; • Apoio na concretização do trabalho e organização de recursos; • Apoio visual interativo através de gráficos. 	<p>planeamento através de linhas de balanço.</p>
<p>Si Consulting</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir a integração com a orçamentação e a programação de curto prazo; • Controlar as equipas de trabalho; • Emitir e controlar planos de trabalhos; 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Emitir relatórios; • Facilitar a definição e identificação dos ritmos, restrições e sequência das atividades; • Permitir a identificação do caminho crítico e tarefas críticas; • Possibilitar a identificação das dependências das atividades; • Facilitar a gestão dos recursos (mão de obra, equipamentos, materiais) e da segurança; • Facilitar o entendimento do projeto por todas as partes envolvidas. 	
<p>Asta Powerproject</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Partilha/troca simples de dados com outros softwares; • Criação e atualização rápida dos cronogramas dos projetos; • Produção de relatórios padrão e personalizados de alta qualidade; 	<ul style="list-style-type: none"> • A visualização apresentada não expressa as linhas de equilíbrio através de retas diagonais, mas sim de forma diagonal as barras através de ligações.

	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão dos recursos e dos custos com facilidade; • Interação com o MS Outlook, contabilidade, BIM e sistemas ERP; • Permissão a comparação de diversas fases do projeto, recorrendo à linha de base do projeto; 	
<p>Vico Software</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de deteção de conflitos; • Possibilidade de redução dos riscos; • Gerir os custos; • Otimizar o planeamento de uma obra; • Permite aceder a todas as características dos elementos do projeto; • Facilidade de interação com todas as aplicações usadas no contexto BIM. 	

3.4.1. BIM 4D

Direcionando o Vico para o planeamento de projetos, este possui uma vertente designada por Vico 4D Schedule, nomeada para permitir aos utilizadores a obtenção de um planeamento rápido e sem riscos futuros para o desenvolvimento do projeto.

Esta vertente do *software* possui quatro tópicos essenciais para o planeamento: o primeiro é designado de Vico LBS Manager permitindo obter o projeto dividido por parcelas, isto é, permite definir a unidade básica para estudo das Linhas de Equilíbrio; o segundo, Vico Schedule Planner, permite a obtenção dos cronogramas de planeamento, conhecidos como diagramas de Gantt, proporcionando também a ligação entre os elementos do modelo 3D e as atividades, materiais e recursos; o terceiro, Vico *Production Controller*, é usado principalmente durante a fase de construção, prevenindo que haja problemas futuros; e por fim, o Vico 4D Manager possibilita a simulação 4D, isto é, a apresentação do projeto em 3D tendo em conta o cronograma delineado (Vico Office Suite).

Outra funcionalidade, direcionada para o tema de dissertação abordado, recai na facilidade de representação do diagrama de Gantt através das linhas de equilíbrio. Esta é uma das vantagens presente no programa relativamente aos programas de planeamento tradicionais/usuais. A observação das linhas de equilíbrio é encarada como uma vantagem para os donos de obra, empreiteiros e engenheiros pelas diversas vantagens apresentadas anteriormente (Figura 3.8).

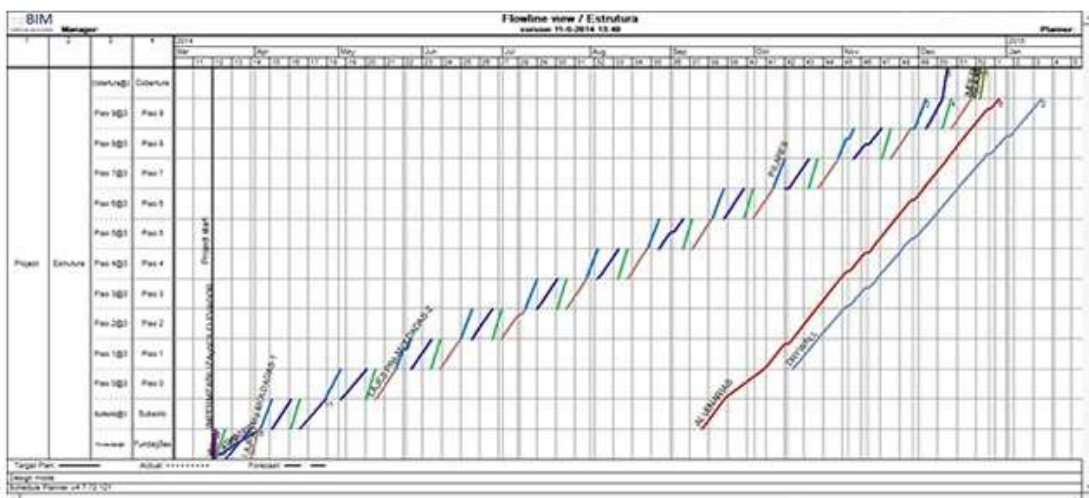


Figura 3.8 – Representação das linhas de equilíbrio (LOB) (Fonte: ndBIM)

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTAÇÃO DA LINHA DE EQUILÍBRIO NA EMPRESA CASAIS

4.1. A empresa Casais – Engenharia e Construção, S.A



Figura 4.1 – Logótipo da Casais (Fonte: Website Casais)

A Casais – Engenharia e Construção, S.A. é uma das empresas com maior destaque no setor da construção em Portugal (Figura 4.1). Criada em 1958, decidiu abraçar o mundo da internacionalização em 1994, na Alemanha. Para além da Alemanha, vários foram os países que se atravessaram neste percurso, nomeadamente, Angola, Bélgica, Gibraltar, Holanda, França, Marrocos, Moçambique, Brasil, Cabo Verde, Qatar e Argélia - países ainda presentes na internalização da empresa. Contudo, a Rússia, o Cazaquistão, a China e a Espanha já possuem pegadas da sua passagem.

A procura por um futuro consolidado assenta no crescimento a nível nacional e internacional, procurando manter a relação com os países atuais e procurando novas ofertas em novos países. Para atingir os objetivos é necessário ter sempre presente uma política vigorante na empresa, sendo esta fundamentada pela Visão, Missão e Valores - critérios fundamentais para alcançar o sucesso (Grupo Casais).

Como fora anteriormente citado, o destaque no setor da construção tem sido uma das bases para o reconhecimento, isto é, a empresa Casais - Engenharia e Construção, S.A tem obtido lugares de realce nos rankings nacionais e internacionais. Um dos exemplos presenciados no presente ano recai no estudo realizado entre o *INDEG-IUL ISCTE Executive Education*, em conjunto

com o Núcleo de Estratégia e Negócios Internacionais da Fundação Dom Cabral (FDC) e a AICEP Portugal Global, no qual a empresa Casais - Engenharia e Construção, S.A obteve o 6º lugar no ranking de internacionalização das empresas portuguesas, 3º lugar entre as empresas de construção presentes (INDEG-IUL ISCTE Executive Education, 2014).

4.2. Aprendizagem dos programas

Para compreensão dos casos de estudo desenvolvidos pela empresa foi necessário proceder à aprendizagem de dois *softwares* escolhidos para análise do planeamento efetuado no projeto. Tendo em conta os programas anteriormente descritos, optou-se pela aplicação dos casos de estudos utilizando o Asta Powerproject e o Vico Software.

4.2.1. Asta Powerproject

4.2.1.1. Restrições

A ferramenta informática Asta Powerproject utilizada para estudo consiste numa versão grátis, disponibilizada pela empresa. Uma das restrições usuais de muitos softwares reside no limite de utilização, isto é, existe um prazo estipulado para uso, sendo neste caso 30 dias. Outra restrição encontrada durante a aplicação prática foi a limitação relativamente ao número de atividades que era possível colocar no diagrama de GANTT. O limite de atividades presente no programa corresponde a 20 atividades, o que dificulta a sua utilização.

4.2.1.2. Descrição

O Asta Powerproject tem praticamente as mesmas funcionalidades quando comparado com o MS Project.

Visualmente é composto por uma janela denominada de *Bar Chart View*, onde se pode observar uma tabela para colocação das respetivas atividades do projeto e outra destinada à representação do diagrama de GANTT (Figura 4.2).

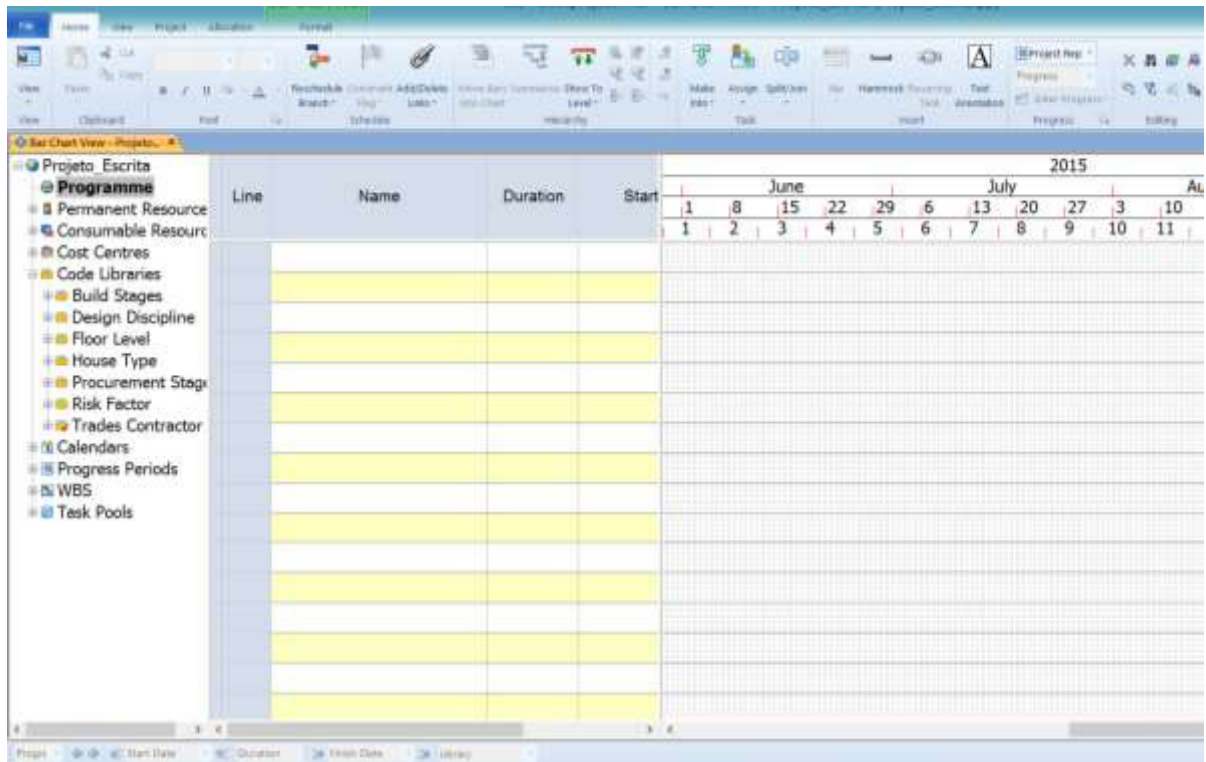


Figura 4.2 – Representação da página inicial do *software* Asta Powerproject (Fonte: Asta Powerproject)

Como se pode observar no lado esquerdo da Figura 4.2, existe uma seção designada de **Project View**, na qual se pode visualizar a estrutura do projeto e ainda a lista de itens disponíveis na biblioteca. Na parte superior existem 5 menus, cada um deles com um conjunto diferente de comandos: o **Home** possui comandos mais comuns/genéricos; o **View** destina-se aos comandos de visualização, bem como aqueles que são responsáveis pelas alterações no projeto; o **Project** é referente aos dados do projeto; o **Allocation** permite a indicação dos custos e informação relativa aos recursos (materiais e mão de obra); e o **Format** possibilita a realização de alterações no digrama de barras, além de facilitar as mudanças no calendário inicial do projeto.

No que concerne à introdução dos dados, esta é feita diretamente na tabela destinada a esse fim, isto é, indicação das atividades do projeto e *milestones* (marcos com duração 0 e com função de aviso). A representação no diagrama de GANTT é igual ao MS Project, possuindo os mesmos tipos de ligação, podendo ser realizada manualmente ou inserida na tabela das atividades. Na Figura 4.3 é possível observar a representação de algumas atividades e respetivo diagrama de barras.

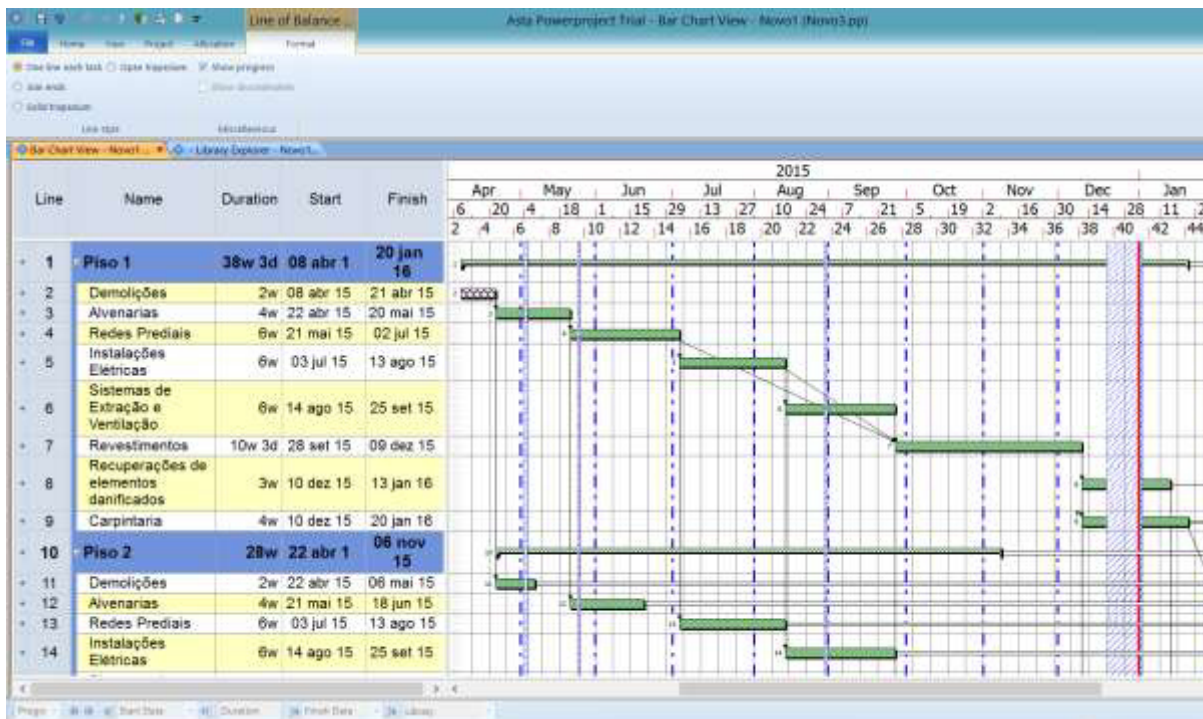


Figura 4.3 – Visualização da tabela e diagrama de GANTT das atividades (Fonte: Asta Powerproject)

A janela **Code Libraries** dispõe de códigos utilizados no software para representar de forma diferente determinada atividade face a outra. Dentro da janela existe um subtópico, designado de **Floor Level**, no qual é possível a introdução dos pisos ou habitações para futura representação das linhas de balanço. Além disso, no menu principal é possível a criação de um subtópico destinado a colocação das atividades, indicando um tipo de cor representativa de cada uma, por exemplo “Novo1”. Tal como o anterior, esta organização permitirá a representação das atividades das linhas de balanço.

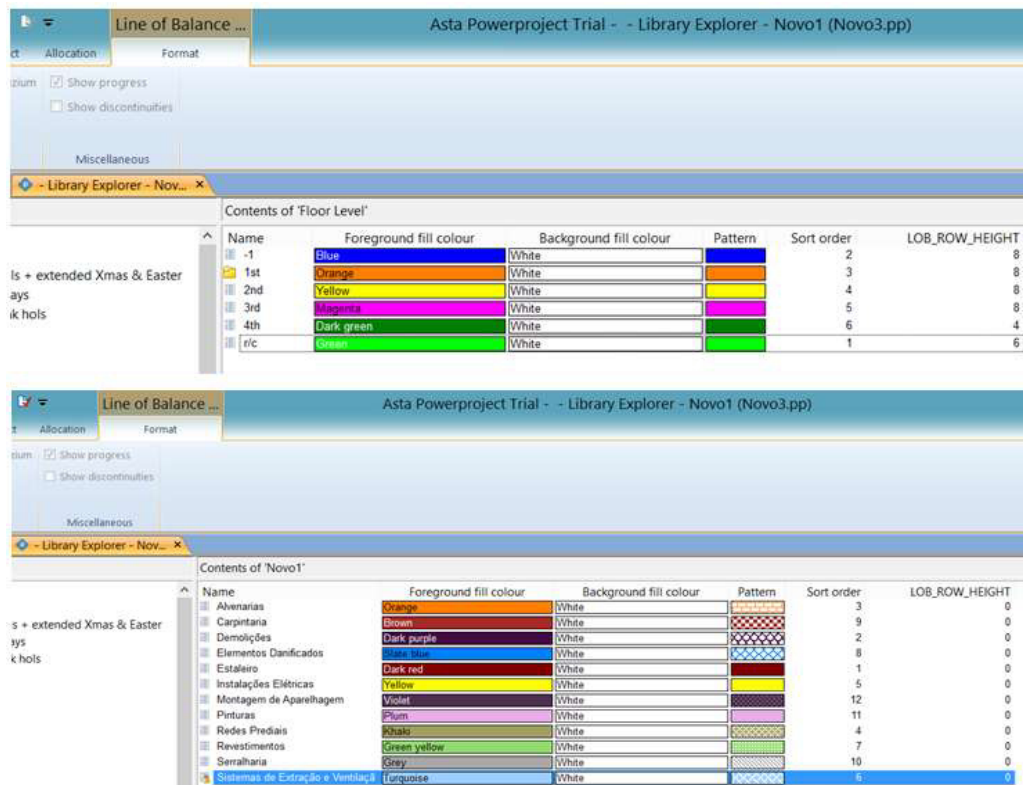


Figura 4.4 – Representação dos códigos referentes aos pisos (parte superior) e atividades (parte inferior) (Fonte: Asta Powerproject)

Para visualização das linhas de equilíbrio é necessário indicar para cada atividade o código correspondente ao piso e à cor associada a determinada tarefa (Figura 4.4). Para realizar essa operação é necessário efetuar os seguintes procedimentos:

- [1] Clicar no lado direito do rato sobre uma das tarefas presentes no diagrama de GANTT;
- [2] Escolher a opção **Properties**;
- [3] Escolher a opção **Bar**, de seguida a opção **Codes** e, por fim, a opção **Floor Level** e adotar o nível do piso correspondente à atividade em causa;
- [4] Escolhendo a opção **Task**, seguindo-se a opção **Codes**, clicar sobre o subtópico criado anteriormente aquando a distribuição de cores pelas atividades, sendo neste caso “Novo1”;
- [5] Na janela principal **Bar Chart View**, escolher o menu **View** e clicar em **More Graphs – New Line of Balance**;

[6] Visualização da linha de equilíbrio representativa da atividade (Figura 4.5).

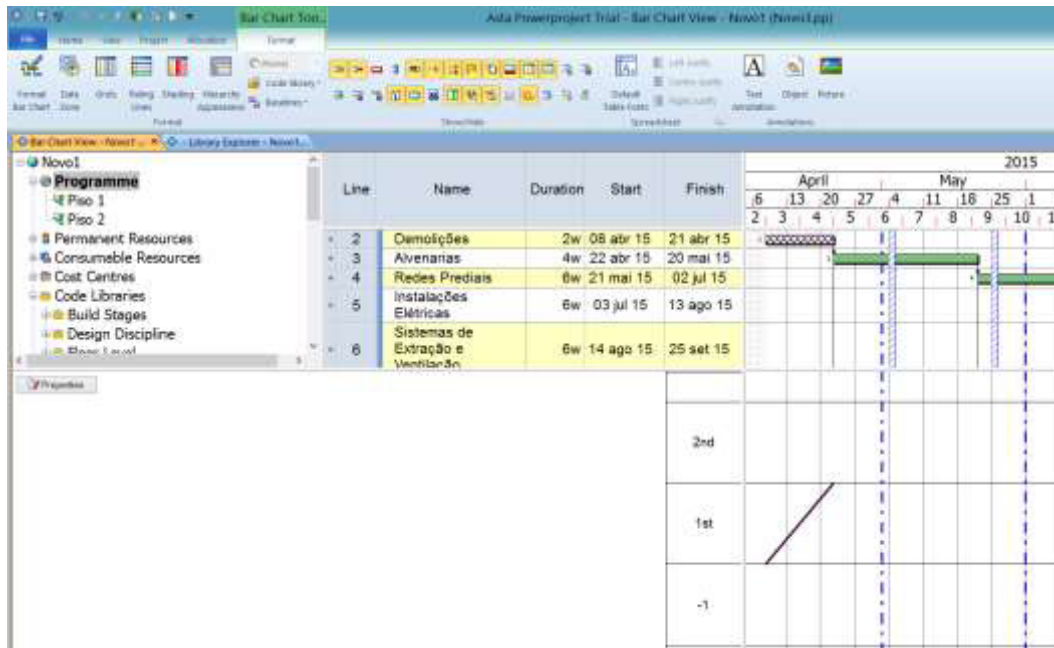


Figura 4.5 – Visualização da linha de equilíbrio da atividade Demolições (Fonte: Asta Powerproject)

Realizando o procedimento anterior para as restantes tarefas, obtém-se a representação final das linhas de equilíbrio das atividades presentes no diagrama de GANTT, como se pode observar na Figura 4.6.

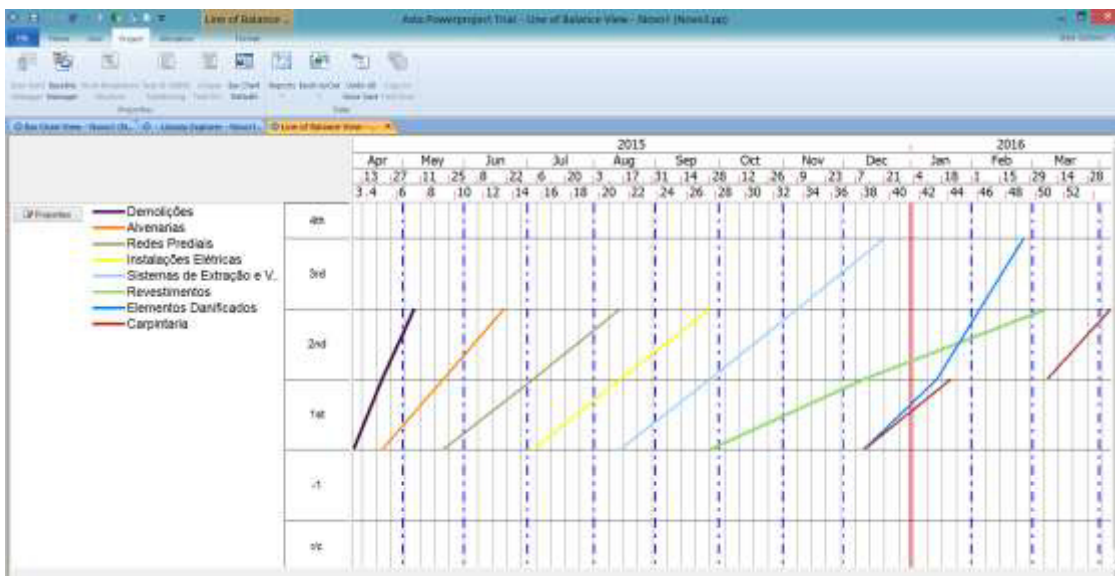


Figura 4.6 – Linhas de equilíbrio (Fonte: Asta Powerproject)

Existem outras funcionalidades presentes em todos os *softwares* de planejamento usados no setor da construção, como a definição da linha de base (*baseline*), representação do caminho crítico e representação do progresso das atividades (quer no diagrama de barras, quer nas linhas de equilíbrio) (Figura 4.7).

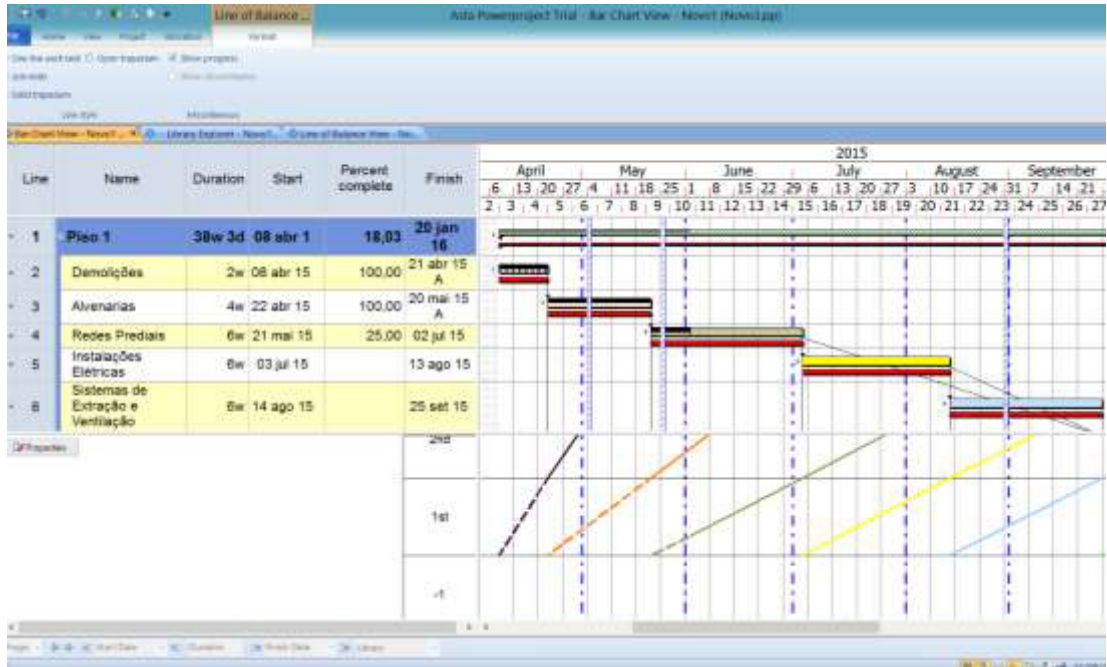


Figura 4.7 – Representação da linha de base e progresso das atividades (Fonte: Asta Powerproject)

Para além destas características mais comuns, existem outras que podem ser consultadas no tutorial disponibilizado pela empresa *Asta Development*, no qual existe um detalhe pormenorizado das componentes do programa, bem como uma listagem de exercícios para pôr em prática. É de salientar a ausência de informação relativa à representação das linhas de equilíbrio. Outras soluções para estudo do software recaem na visualização de tutoriais presentes na internet.

4.2.2. Vico Software

4.2.2.1. Descrição

Como fora explicado no Capítulo III, o Vico Software é um programa direcionado para aplicação da metodologia BIM, pelo que possui uma listagem de menus para cada uma das suas vertentes (3D, 4D e 5D). Os três primeiros menus estão direcionados para a componente 3D, o

menu 4 está ligado à componente 5D e, por fim, o menu 5 associado ao planeamento, 4D (Figura 4.8).

Para criação de um novo projeto existe a opção *New Project*, e caso já exista um projeto guardado é necessário clicar sobre ele e sobre a opção *Open Project*, até que na coluna *Code* apareça um sinal de luz verde.



Figura 4.8 – Página principal do Vico Software (Fonte: Vico Software)

Tendo em conta que o foco principal da dissertação de mestrado é em torno do planeamento utilizando linhas de equilíbrio, o menu 5 – *Schedule Planning* será aquele que irá obter maior destaque durante o estudo.

O menu *Schedule Planning* é composto por 4 subcapítulos, nomeadamente, o *Manage Tasks*, o *Schedule*, o *4D Playback Settings* e o *Explore 4D*. Todos estão interligados com as restantes componentes da metodologia BIM. Para o caso de estudo apenas será abordado o subcapítulo *Schedule*, responsável pela programação do planeamento de um projeto.

Tal como fora descrito no anterior programa, uma das condições necessárias consiste na definição da localização das atividades, ou por pisos ou por habitações, entre outros. Para isso, existe no separador 2 – *Content Management*, a opção *Define Locations* responsável pelo registo do número de pisos (Figura 4.9). Para efetuar o registo é necessário clicar sobre o nome do projeto definido aquando a sua criação e, clicando novamente no lado direito do rato, é

possível encontrar a opção **Floor Split**, sendo que clicando sobre ela, surge uma nova janela para introdução de pisos ou habitações.

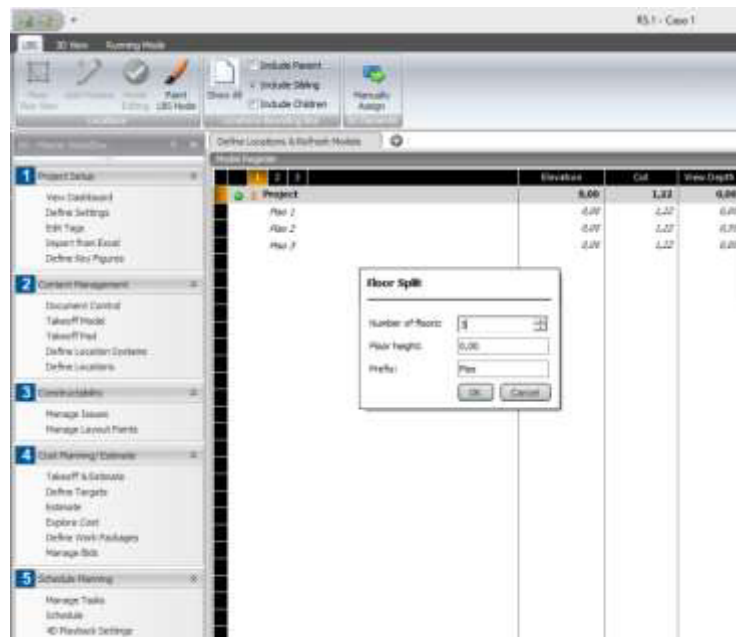


Figura 4.9 – Registo do número de pisos do projeto (Fonte: Vico Software)

O próximo passo para elaboração das linhas de equilíbrio requer a abertura do separador **Schedule**, aparecendo uma janela nova desligada do Vico Software.

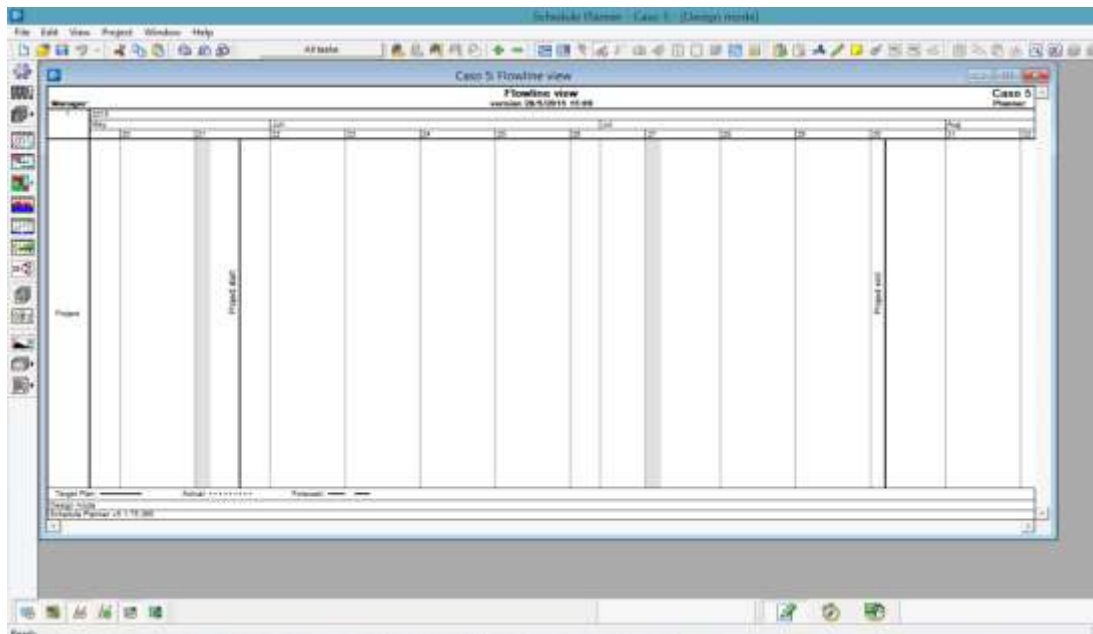


Figura 4.10 – Janela principal da *Schedule Planner* (Fonte: Vico Software)

No lado esquerdo da Figura 4.10 existe um barra com um conjunto de menus, que facultam o acesso ao diagrama de GANTT (*Gant view*), ao controlo do projeto (*Control view*), ao histograma de recursos (*Resource graph*), às ligações entre tarefas (*Network view*), ao registo de recursos (*Spreadshett menu*), bem como a outras funções.

Na parte superior estão indicadas as diversas funcionalidades para as possíveis alterações no projeto, sendo idênticas às apresentadas no MS Project e no Asta Powerproject.

A criação de linhas de equilíbrio pode ser concebida de duas formas diferentes. Uma das formas é realizar diretamente no gráfico de linhas (*Flowline view*), através do comando *Task drawing mode*, definindo o utilizador a localização no gráfico (Figura 4.11).

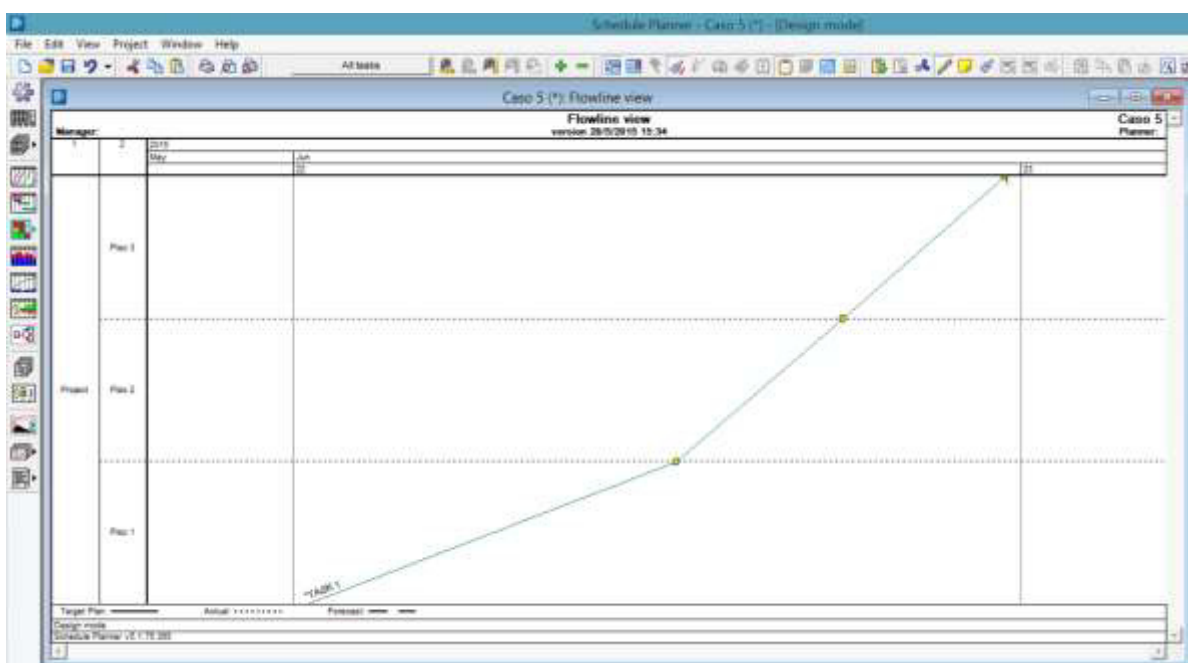


Figura 4.11 – Representação da tarefa inserida manualmente (Fonte: Vico Software)

Outra forma possível é através da introdução das atividades na tabela, seguida da representação no diagrama de GANTT, sendo automaticamente representada as linhas no gráfico de linhas (*Flowline view*) (Figura 4.12).

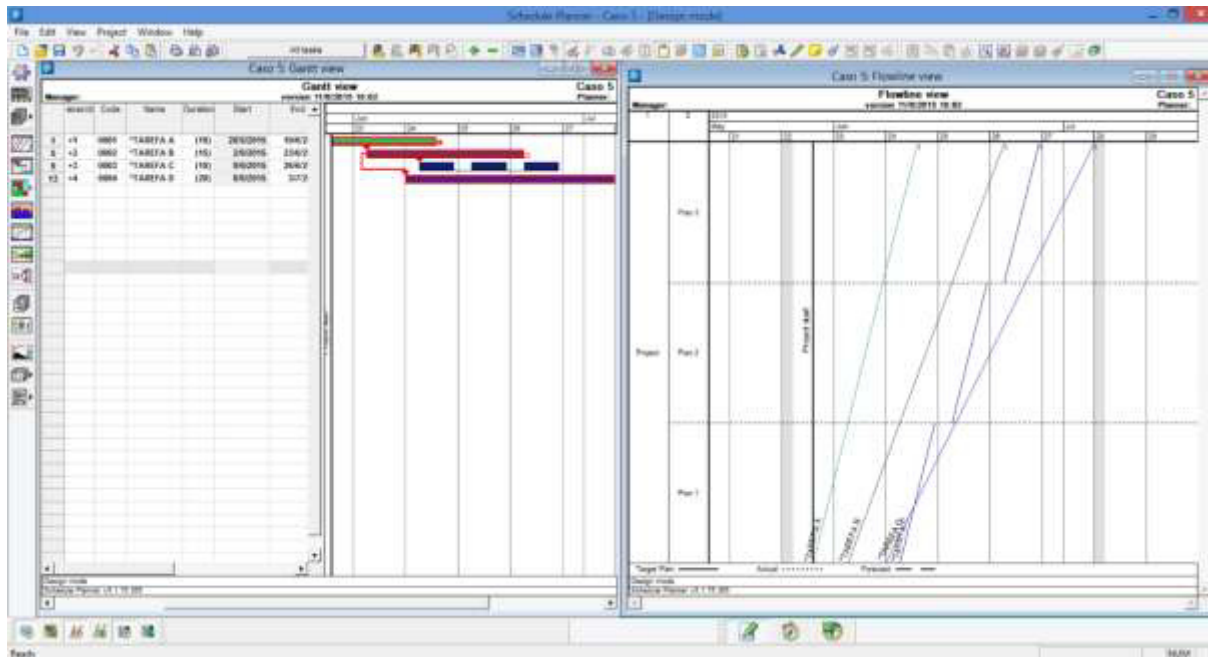


Figura 4.12 – Representação das tarefas inseridas na tabela do Diagrama de GANTT e representadas automaticamente no gráfico de linhas

A utilização do diagrama de GANTT para quem planeia é o menu mais usual e conhecido dos planeadores. Para a criação deste, o procedimento é o mesmo efetuado nos outros *softwares*.

As características das atividades podem ser modificadas clicando duplamente sobre elas e escolhendo a opção ***advanced***. A única componente impossível de sofrer alterações é a opção progressos (***Progress***): para esta é necessário mudar na parte inferior da janela principal de ***Planning mode*** para ***Control mode***.

Após o aparecimento das atividades no diagrama de barras é necessário efetuar algumas alterações do foro visual, para que possam ser observáveis as linhas de equilíbrio consoante a sua representação nos estudos teóricos precedentemente abordados.

Na Figura 4.13 constata-se a primeira representação das linhas de equilíbrio de um caso de estudo experimental, sendo verificadas algumas esperas na concretização de algumas atividades, bem como situações de conflito.

Para a representação das atividades sob a forma de linhas, foi inicialmente elaborado um plano de trabalhos, sendo ilustrado recorrendo à janela de visualização associada ao diagrama de GANTT (***Gantt view***).

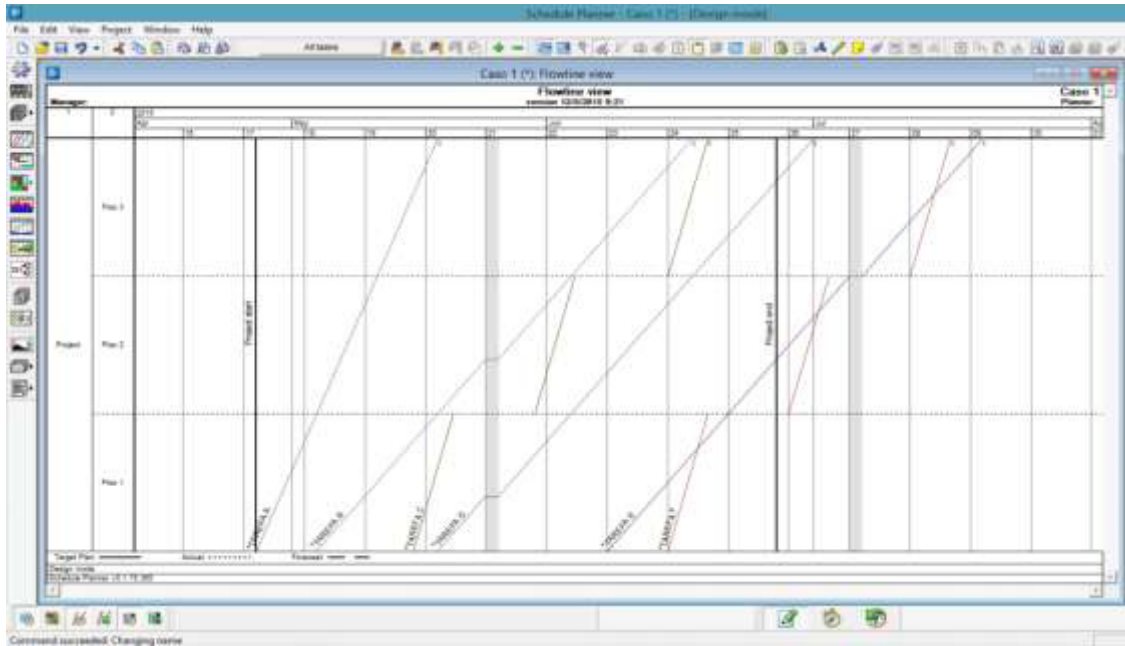


Figura 4.13 – Linhas de equilíbrio de um caso de estudo experimental (Fonte: Vico Software)

Na elaboração do planeamento da obra foi atribuído a cada atividade um determinado recurso (mão de obra) associado (Figura 4.14).

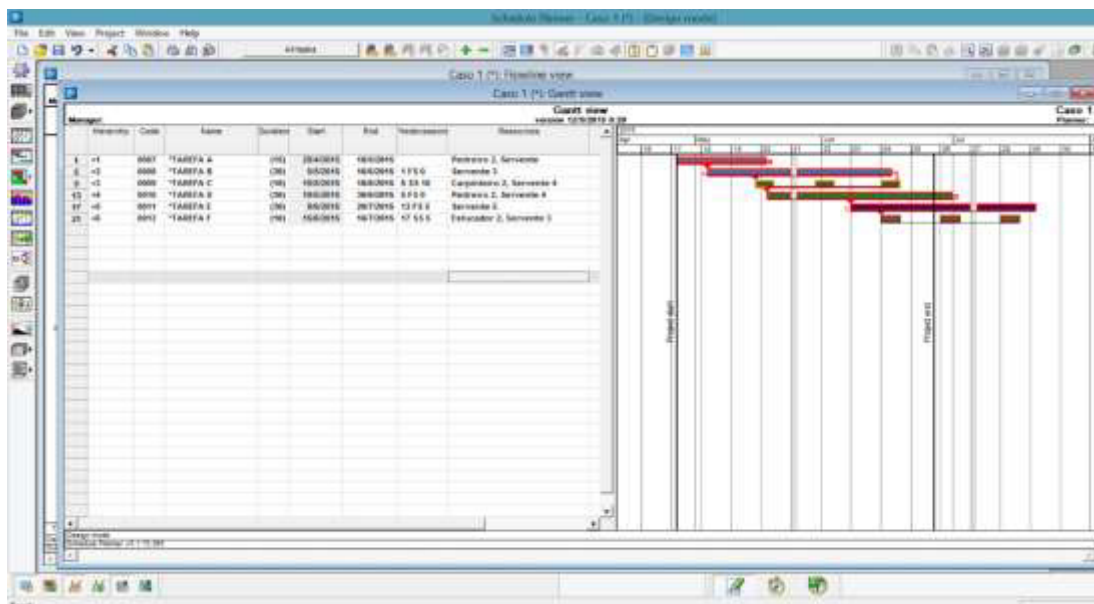


Figura 4.14 – Representação das atividades, recursos e diagrama de GANTT (Fonte: Vico Software)

Com umas simples noções básicas é possível criar atividades, representadas no diagrama de GANTT e, por conseguinte, no diagrama de linhas de equilíbrio.

4.3. Caso de estudo

Para estudo do planeamento e controlo da obra apenas será abordado o capítulo 5 do software Vico, designado de *Schedule*. No que concerne à utilização do programa Asta Powerproject, o projeto será dividido por partes, uma vez que o limite de atividades encontrado assim o exige.

O planeamento fornecido pela empresa remete para uma obra já realizada, no qual foi obtido com base no MS Project. Para se proceder ao estudo da obra utilizando as linhas de equilíbrio como ferramentas visuais do planeamento, é necessário transpor a planificação para os programas com as devidas alterações.

4.3.1. Descrição Geral

O caso de estudo disponibilizado pela empresa foi o Edifício Ecrã, no Parque das Nações, em Lisboa, no qual a empresa Casais foi responsável pela construção da torre e mais dois lotes junto a esta, como se pode ver na Figura 4.15.



Figura 4.15 – Edifício Ecrã (Fonte: Câmara Municipal de Lisboa, 2014)

Retratando um pouco a história da sua edificação, este foi projetado pelo Arq. José Troufa Real e inaugurado em 2000. Trata-se de um edifício habitacional, alinhado com a Alameda dos Oceanos. A sua arquitetura retrata a projeção de um navio de cruzeiro. Sendo considerado o

maior edifício em construção contínua, com 339 metros, no Parque das Nações, faz com que a sua fachada revestida a azulejo, representando uma grande tela-écran, seja uma das maiores da cidade de Lisboa. O seu comprimento iguala-se ao comprimento do navio de cruzeiro designado *MS Freedom of the Seas*, Liberdade dos Mares, sendo considerado um dos maiores navios de cruzeiro do mundo até 2009 (Câmara Municipal de Lisboa, 2014). No topo do edifício foi colocada uma esfera armilar, com 10 toneladas e uma altura de 5 metros, do escultor Fernando Conduto. Este é o terceiro edifício em Lisboa a possuir uma esfera armilar.

4.3.2. Estudo do projeto com o Asta Powerproject

4.3.2.1. Considerações Iniciais

A utilização deste *software* numa versão trial impossibilitou desde logo a introdução das atividades num único ficheiro. Como fora enunciado no Capítulo III existe uma restrição para o número de atividades, havendo assim a necessidade de criar onze ficheiros para estudo.

Como o projeto está subdividido em lotes, foi necessário criar para cada atividade, um conjunto de três atividades definindo assim a atividade pela localização adotada, como se pode observar na Figura 4.16 para a tarefa Betão armado em sapatas. Com este procedimento definido efetuaram-se as mesmas etapas usadas aquando a utilização do MS Project, definição da duração e das relações de dependência.

Betão Armado	6w 3d	15 jul 1	28 ago 15	
Betão Armado em Sapatas - Lote 1	4w 2d	15 jul 15	13 ago 15	Abertura de Caboucos - Lote 1
Betão Armado em Sapatas - Lote 2	2w 2d	06 ago 15	21 ago 15	Abertura de Caboucos - Lote 2
Betão Armado em Sapatas - Lote 3	4w 2d	30 jul 15	28 ago 15	Abertura de Caboucos - Lote 3

Figura 4.16 – Atividade betão armado em sapatas subdivida por lotes (Fonte: Software Asta Powerproject)

A relação da dependência entre atividades foi condicionada pela existência de vários ficheiros, impondo desde logo a necessidade de verificar datas de iniciação ou conclusão de atividades. Existem várias tarefas que dependem de outras que se encontram em outros ficheiros,

impossibilitando a visualização das dependências do projeto, bem como o caminho crítico do mesmo.

No Anexo A1 estão reunidos todos os documentos obtidos através do *software* do conjunto das atividades de cada ficheiro, além da sua representação no diagrama de GANTT. Estes ficheiros são idênticos aos obtidos pelo MS Project, segundo a informação neles contida.

A transposição do caso de estudo do diagrama de GANTT para o diagrama de linhas de balanço requereu uma maior atenção, devido à necessidade de classificação da atividade pelo código da cor da atividade, bem como pelo piso ou lote da mesma. Todas estas etapas de obtenção de linhas de balanço foram explicadas no Capítulo III.

Consoante o aparecimento das linhas existem 4 formas possíveis de visualização, sendo elas, a representação da atividade por lotes, pela ligação das extremidades das tarefas por lotes, pela forma de um trapézio preenchido ou um trapézio não preenchido. Inicialmente para todos os ficheiros foi adotado a visualização, podendo-se averiguar o comportamento destas.

No Anexo A2 estão expostas as várias atividades do projeto através da representação por linhas de equilíbrio. Não foi possível analisar estas linhas, uma vez que a dependência entre elas era inexistente entre ficheiros, dificultando desde logo a sua indicação no *software* Asta Powerproject. A alteração de uma atividade não condicionava as restantes atividades, em alguns casos só era possível verificar essa alteração no próprio ficheiro em que este estava assinala. Esta situação colocou logo um entrave, impossibilitando a análise do projeto através deste programa.

4.3.3. Estudo do projeto com o Vico Software

4.3.3.1. Considerações Iniciais

Para estudo do projeto do Edifício Ecrã foi necessário uma análise detalhada ao ficheiro do MS Project, pelo que foi identificado o número de atividades, a unidade de base comum entre as atividades, bem como as relações de dependência entre as mesmas, sendo este último ponto fulcral para que haja um encadeamento entre elas, por forma assegurar um planeamento sem riscos, nem desperdícios de tempo.

Referente à unidade de base comum, esta foi identificada facilmente, uma vez que no planeamento já efetuado era possível identificar que ambas, ou quase todas as atividades, tinham em comum a localização nos respetivos lotes (lote 1, lote 2, lote 3). Para definir o projeto para representação das atividades, foi necessário definir a sua localização em **Define Locations** – **LBS Manager** como fora explicado anteriormente, sendo constatável na Figura 4.17.

	Elevation	Cut	View Depth
Projeto	0,00	1,22	0,00
Lote 1	0,00	1,22	0,00
Lote 2	0,00	1,22	0,00
Lote 3	0,00	1,22	0,00

Figura 4.17 – Atribuição da localização ao projeto do caso de estudo (Fonte: Vico Software)

4.3.3.2. Atividades do projeto

Sendo um edifício de grande envergadura, o conjunto de atividades que possui é vasto. Contudo, o facto de ser um edifício repetitivo possibilita a repetição das atividades nos diferentes lotes, anteriormente referidos.

No Anexo – B1 está representada a listagem de tarefas referentes ao planeamento do caso de estudo, com a respetiva duração de cada atividade obtida através do MS Project. É de salientar que existem algumas tarefas que não estão subdivididas por lotes, isto é, correspondem à envolvente geral da obra, ou em outros casos, apenas existem tarefas determinantes de um único lote.

A transição das tarefas do MS Project para o Vico Software necessitou de alterações para permitir o encadeamento entre as mesmas. Neste *software* é definida a localização, como fora anteriormente indicado, sendo necessário efetuar as relações de dependência entre atividades como em qualquer planeamento. Contudo, é de salientar que no planeamento anterior, as dependências entre atividades eram definidas entre lotes, o que não se verifica atualmente. Um dos pontos fulcrais do Vico é a continuidade da atividade por localização.

Nas Figuras 4.18 e 4.19 está representada uma das alterações efetuadas no decorrer do preenchimento da tabela das atividades do projeto.

	Task Name	Duração	Início	Conclusão	Predecessoras
85	Tecto do piso 12 (Lote1)	5 dias	Seg 11/08/03	Sex 15/08/03	84
86	Tecto do piso 13 (Lote1)	5 dias	Seg 18/08/03	Sex 22/08/03	85
87	Tecto do piso 14 (Lote1)	5 dias	Seg 25/08/03	Sex 29/08/03	86
88	Tecto do piso 15 (Lote1)	5 dias	Seg 01/09/03	Sex 05/09/03	87
89	Tecto do piso 16 (Lote1)	5 dias	Seg 08/09/03	Sex 12/09/03	88
90	Tecto do piso 17 (Lote1)	5 dias	Seg 15/09/03	Sex 19/09/03	89
91	Tecto do piso 18 (Lote1) (conclusão da estrutura)	5 dias	Seg 22/09/03	Sex 26/09/03	90
92	ARQUITECTURA	370 dias	Seg 10/03/03	Sex 06/08/04	
93	ALVENARIAS	370 dias	Seg 10/03/03	Sex 06/08/04	
94	Exteriores	125 dias	Sex 16/05/03	Qui 06/11/03	
95	Lote 1	124 dias	Seg 19/05/03	Qui 06/11/03	59II
96	Lote 2	60 dias	Sex 16/05/03	Qui 07/08/03	60II
97	Lote 3	60 dias	Sex 16/05/03	Qui 07/08/03	96II
98	Interiores (incluindo caves)	174 dias	Seg 10/03/03	Qui 06/11/03	
99	Lote 1	174 dias	Seg 10/03/03	Qui 06/11/03	39II
100	Lote 2	109 dias	Ter 25/03/03	Sex 22/08/03	44II
101	Lote 3	109 dias	Ter 25/03/03	Sex 22/08/03	100II
102	COBERTURAS/TERRAÇOS E FLOREIRAS	291 dias	Sex 27/06/03	Sex 06/08/04	
103	Impermeabilizações	73 dias	Qua 13/08/03	Sex 21/11/03	
104	Lote 1	40 dias	Seg 29/09/03	Sex 21/11/03	91
105	Lote 2	47 dias	Qua 13/08/03	Qui 16/10/03	79CI+15 dias
106	Lote 3	47 dias	Qua 13/08/03	Qui 16/10/03	80CI+15 dias

Figura 4.18 – Representação do predecessor da atividade alvenarias interiores (Fonte: MS Project)

Hierarchy	Code	Name	Quantity	Duration	Start	End	Predecessors
36	+1.18	0017 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 6		(13)	21/7/2016	8/8/2016	34 FS 0
38	+1.19	0018 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 7		(13)	9/8/2016	26/8/2016	36 FS 0
40	+1.20	0019 *BETÃO ARMADO - TETO DA CASA DAS MÁQUINAS		(6)	29/8/2016	7/9/2016	38 FS 0
42	+1.21	0020 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 8		(5)	8/9/2016	14/9/2016	40 FS 0
44	+1.22	0021 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 9		(5)	15/9/2016	21/9/2016	42 FS 0
46	+1.23	0022 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 10		(5)	22/9/2016	28/9/2016	44 FS 0
48	+1.24	0023 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 11		(5)	29/9/2016	5/10/2016	46 FS 0
50	+1.25	0024 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 12		(5)	6/10/2016	12/10/2016	48 FS 0
52	+1.26	0025 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 13		(5)	13/10/2016	19/10/2016	50 FS 0
54	+1.27	0026 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 14		(5)	20/10/2016	26/10/2016	52 FS 0
56	+1.28	0027 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 15		(5)	27/10/2016	2/11/2016	54 FS 0
58	+1.29	0028 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 16		(5)	3/11/2016	9/11/2016	56 FS 0
60	+1.30	0029 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 17		(5)	10/11/2016	16/11/2016	58 FS 0
62	+1.31	0030 *BETÃO ARMADO - TETO DO PISO 18		(5)	17/11/2016	23/11/2016	60 FS 0
64	+1.32	0033 *ALVENARIA EXTERIOR		(125)	15/6/2016	7/12/2016	30 FS 0
66	+1.33	0034 *ALVENARIA INTERIOR		(174)	4/3/2016	7/11/2016	20 FS 0
68	+1.34	0035 *IMPERMEABILIZAÇÕES		(73)	24/11/2016	7/3/2017	62 FS 0, 40 FS 15
70	+1.35	0036 *CANTARIAS - CAPEAMENTOS E VÃOS EXTERIORES		(100)	24/10/2016	13/3/2017	64 FS -45
72	+1.36	0037 *REVEST. TETOS EXTERIORES		(95)	9/12/2016	20/4/2017	64 FS 0

Figura 4.19 – Representação do predecessor da atividade alvenaria interior (Fonte: Vico Software)

Como se pode verificar na representação usando o MS Project (Figura 4.18), as alvenarias interiores têm como predecessores as tarefas Betão Armado em Lajes – teto do piso – 2 e teto do piso -1. Além disso, o lote 3 tem como predecessor o lote 2 da atividade, pelo que transpondo para o Vico essas relações deixam de existir no sentido em que se passou a definir um único

predecessor – Betão Armado em Lajes – teto do piso -2. Relativamente aos lotes, o próprio *software* define uma relação contínua, iniciando em qualquer um lotes, como pretendido pelo utilizador, neste caso segue a sequência lote 1, lote 2 e lote 3.

Outro ponto a salientar insere-se na atribuição da duração das atividades. Como se pode verificar na Figura 4.18 a duração está distribuída por lotes, no caso de estudo foi colocada a duração presente nas tarefas resumo, uma vez que abrangem o espaço de tempo de ambos os lotes.

Na Figura 4.20 pode-se observar as várias tarefas introduzidas na tabela, bem como a sua representação no diagrama de GANTT, fornecida com auxílio ao programa em estudo.

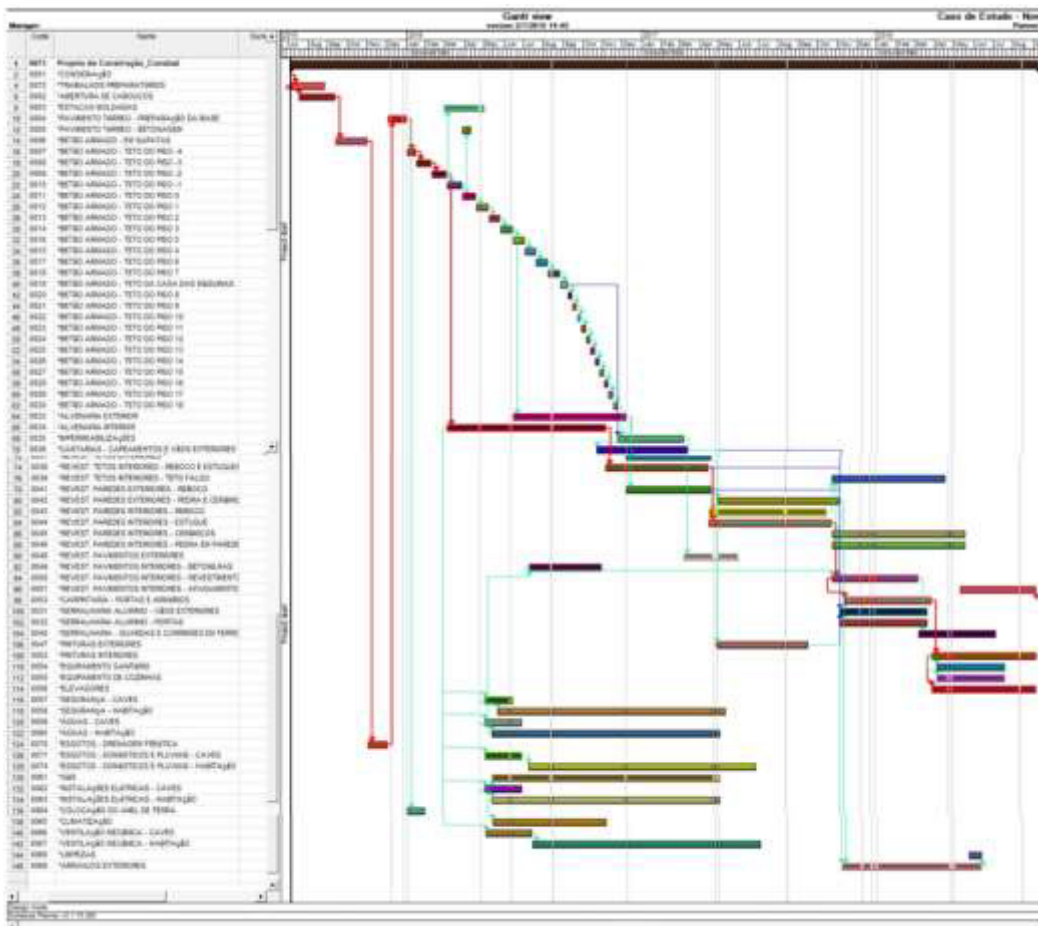


Figura 4.20 – Tabela das atividades e diagrama de GANTT (Fonte: Vico Software)

É importante salientar as dependências observáveis no diagrama através das linhas representadas por cor vermelha, verde e azul. Tal como no MS Project o vermelho representa o caminho crítico do projeto, isto é, as atividades que não podem ser atrasadas para que não

haja o comprometimento da data de conclusão da obra. A verde está representada a relação de dependência entre as atividades mais importantes. A outra cor representa as tarefas que nem são consideradas importantes, nem críticas pelo *software*.

Para além destas relações, existem outras que o *software* Vico efetua. Uma delas é a relação de dependência entre recursos. Neste caso não está representada no projeto, uma vez que não foi imposto um número máximo de trabalhadores. Assim sendo, este não necessitou de ajustar os trabalhadores de uma determinada equipa a mais de uma tarefa.

4.3.3.3. Quantidades, Recursos e Rendimentos

Para completar o preenchimento dos dados referentes a cada atividade foi necessário quantificar as quantidades e determinar o número de recursos para posteriormente obter os rendimentos. Como se trata de um projeto antigo da empresa, e como esta obra apresenta um conjunto de complexidades, optou-se por uniformizar as quantidades das atividades, isto é, o valor assumido para cada atividade foi de 1 unidade por cada localização, isto é, para cada atividade vão ser somados os números de pisos a qual esta faz parte, estando em conformidade com as localizações definidas para cada atividade, independentemente da unidade. Por exemplo, a atividade Preparação da Base está definida no piso designado de Pavimento Térreo, estão presente em três lotes, logo a quantidade a indicar é três.

Relativamente aos recursos, o projeto em estudo não possuía a descrição do número de trabalhadores por tarefa. Assim sendo optou-se por utilizar uma estimativa recorrendo aos custos descritos no MS Project. No cerne da empresa utiliza-se uma estimativa que afirma que um homem (trabalhador) deve render por mês 5000 euros à empresa, sendo assim possível determinar o número de trabalhadores dividindo os custos por 5000.

$$\text{Número de Trabalhadores} = \text{Custo (€)}/5000 \quad (1)$$

Contudo, a existência de serviços com mão de obra mais especializada e materiais mais caros requereu uma redefinição dos resultados obtidos inicialmente para o número de trabalhadores.

O cálculo dos rendimentos seguiu a ordem preferencial do *software* (Horas/Unidade). Assim sendo foi preciso obter o número de horas diárias de cada operador, estando estabelecido pela empresa 8 horas/dia. O número de horas por atividade é dado por:

$$\text{Número de Horas} = \text{duração (dias)} \times 8 \text{ horas/dia} \times \text{n}^\circ \text{ trabalhadores (H)} \quad (2)$$

Na Tabela 4.1 apresenta-se algumas atividades do projeto com os respetivos custos, número de horas, mão de hora, quantidades e rendimentos. Após a determinação dos dados requeridos, estes foram colocados juntamente com as características já definidas para cada tarefa, na opção *advanced*, como fora explicado no Capítulo III. No Anexo C1 está representada a tabela com todas as atividades do projeto.

Tabela 4.1 – Atividades do projeto com o respetivo custo, mão de obra e consumo

CONSTRUÇÃO DE 3 EDIFÍCIOS NO PARQUE EXPO, PARCELA 3.13- LOTES1,2,3	Custo	Duração (dias)	Recursos Calculados (€/5000)	Adotados	Quantidades	Horas	Consumo
Trabalhos Preparatórios	125 705,25	38	25	25	15	7600	506,7
Abertura de caboucos	19 113,95	41	4	4	15	1312	87,5
Estacas Moldadas	21 035,82	45	4	4	15	1440	96,0
Preparação da base	33 088,36	19	7	7	3	1064	354,7
Betonagem	51 914,82	10	10	10	3	800	266,7
Betão Armado Em Sapatas	124 374,91	36	25	25	3	7200	2400,0
Betão Armado Em Lajes	2 632 075,30	167	526	25	49	33400	681,6
Alvenarias Exteriores	224 404,72	125	45	45	37	45000	1216,2
Alvenarias Interiores (incluindo caves)	470 241,88	174	94	45	24	62640	2610,0
Impermeabilizações	159 345,85	73	32	32	49	18688	381,4
Cantarias - Capeamentos e vãos exteriores	438 859,01	100	88	44	37	35200	951,4
Revest. Tetos Exteriores	30 575,70	95	6	15	25	11400	456,0
Revest. Tetos Interiores - Rebocos e estuques	105 560,50	114	21	15	25	13680	547,2
Revest. Tetos Interiores -Tecto Falso	61 239,58	124	12	15	25	14880	595,2

Estes dados permitirão a qualquer usuário o ajustamento da mão de obra à duração das atividades, ou vice versa, permitindo assim evitar os constrangimentos ocorridos pela interseção de atividades no decorrer da obra, além de reduzir a duração do projeto e reajustar a mão de obra a cada atividade.

4.3.3.4. Linha de Equilíbrio

O preenchimento das parcelas, enunciadas nos tópicos anteriores nas diversas atividades, permitiu a obtenção das linhas de equilíbrio (Figura 4.21). Pode-se constatar que existem vários cruzamentos entre atividades, bem como atividades predecessoras a iniciar depois das sucessoras. Uma das vantagens da representação por linhas de equilíbrio de um projeto é precisamente a precisão exata do comportamento das atividades no tempo. Esta interpretação do projeto faculta ao utilizador a capacidade de resolver estes conflitos, optando por mais mão

após a transição do projeto do MS Project para o *software* Vico. A dificuldade de compreensão do desenvolvimento das atividades impede aos diretores de obra a explicação detalhada do projeto através do programa.

Na parte central da Figura 4.21 existe uma acumulação de tarefas devido à dependência de várias atividades do projeto, bem como devido à data de iniciação para a sua concretização. A redefinição do projeto segundo a solução indicada anteriormente permitirá reajustar o projeto, obtendo uma solução mais ajustada para garantir um planeamento claro, no qual seja rápida a deteção de anomalias futuras ao projeto, garantido como objetivo final uma rápida execução da obra, num curto espaço de tempo. No Anexo D1 pode se visualizar a Figura 4.21 completa.

Um dos pontos chaves para projeção das linhas de equilíbrio de uma obra recai na decisão do utilizador, aquando a designação da localização. Assim sendo, optou-se por abordar o projeto em altura, isto é, em vez de diferenciar as atividades por lotes, estas passaram a ser estudadas por piso. Para tal, tornou-se necessário alterar algumas ligações, bem como adotar novos recursos e novas quantidades. Na Figura 4.22 pode-se observar o comportamento das atividades por pisos, e é importante salientar que a ausência aos desenhos do projeto impôs a redefinição da localização das tarefas, isto é, como as atividades não estavam definidas por pisos, à exceção do betão armado, teve-se de optar por definir em que pisos cada atividade está presente.

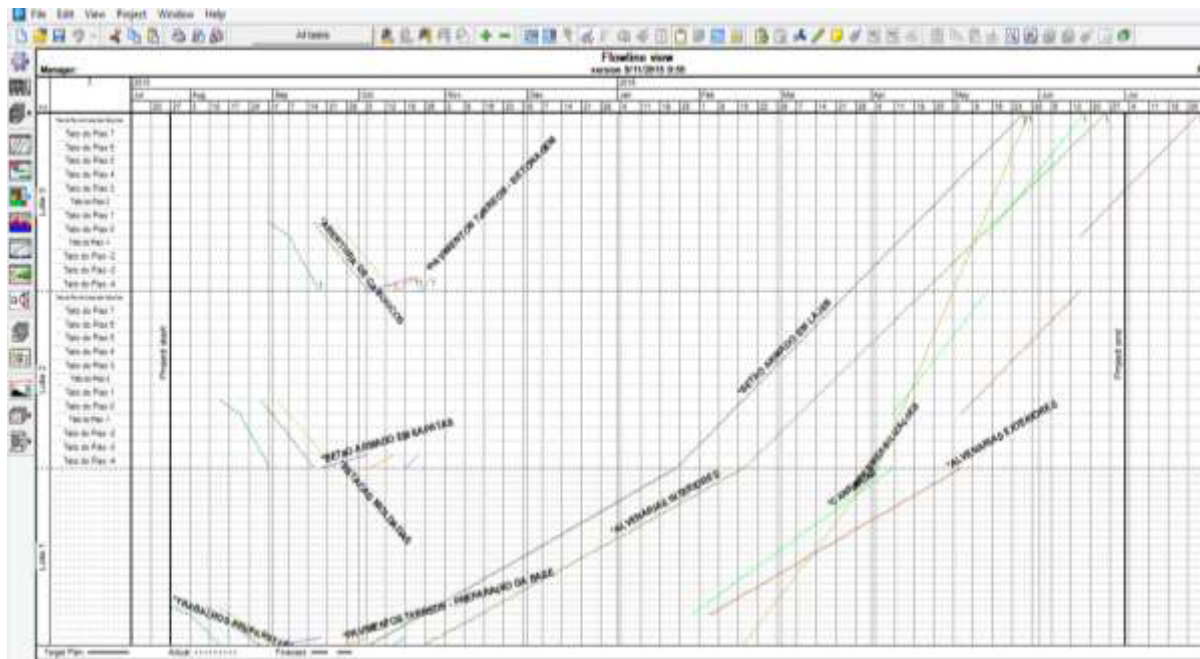


Figura 4.22 – Linhas de equilíbrios das atividades por piso (Fonte: Vico Software)

Esta representação permite verificar o contexto associado para utilização da técnica da linha de equilíbrio, uma vez que esta é utilizada essencialmente para representação em altura, devido à repetitividade das atividades ao longo dos pisos.

Na Figura 4.22 pode-se evidenciar algumas atividades do projeto que, sendo analisadas em altura, permitem estudar o seu declive, averiguando se serão executadas num curto espaço de tempo. Assim permite ao utilizador definir mais mão de obra para essa atividade, sem comprometer outras atividades, nem subcarregar o local de execução com mão de obra. Como se pode reparar na Figura existem duas atividades que prejudicaram o tempo para execução da obra.

Tendo em conta os pontos negativos assinalados anteriormente, optou-se por analisar um conjunto de atividades reduzido, por forma a obter uma análise mais precisa das possíveis situações. Para além disso, foi reduzido o número de pisos por lote, optando-se pela igual entre eles de cinco pisos. O piso 1 está definido como o piso cave, no qual estão presentes as atividades de movimento de terras e Assim sendo, na Figura 4.23 estão representadas algumas atividades do projeto para as quais será efetuada uma análise.

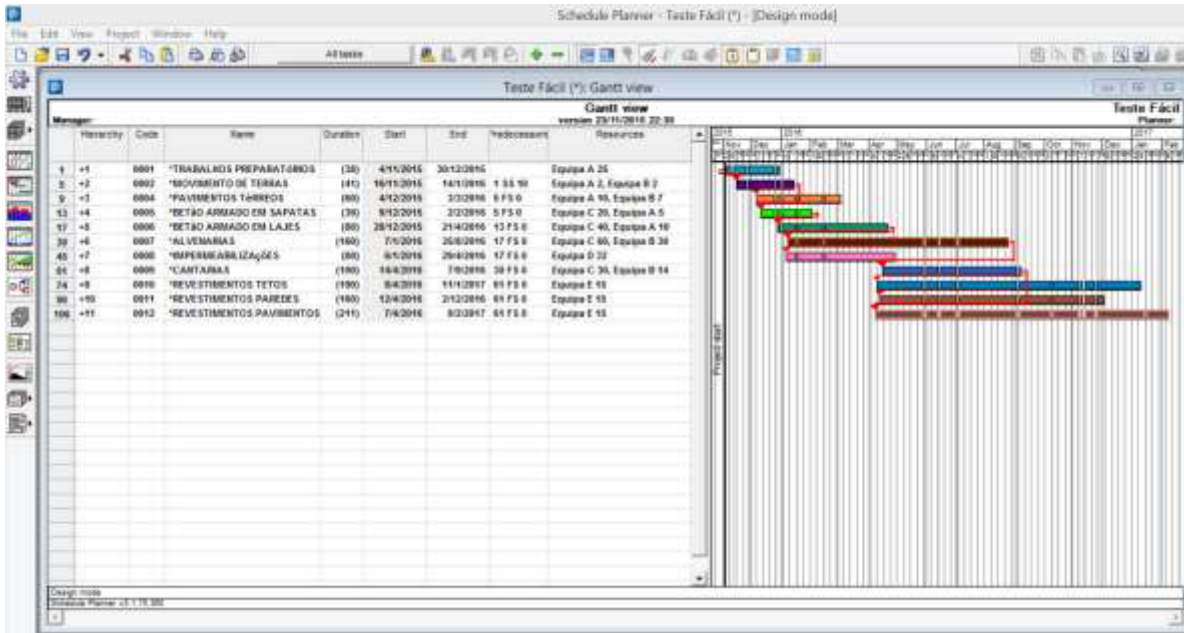


Figura 4.23 – Listagem das atividades do novo projeto e respetivo diagrama de Gantt (Fonte: Vico Software)

Transpondo estas atividades para a visualização das linhas de equilíbrio é possível verificar na Figura 4.24, o comportamento das atividades indicadas na figura anterior.

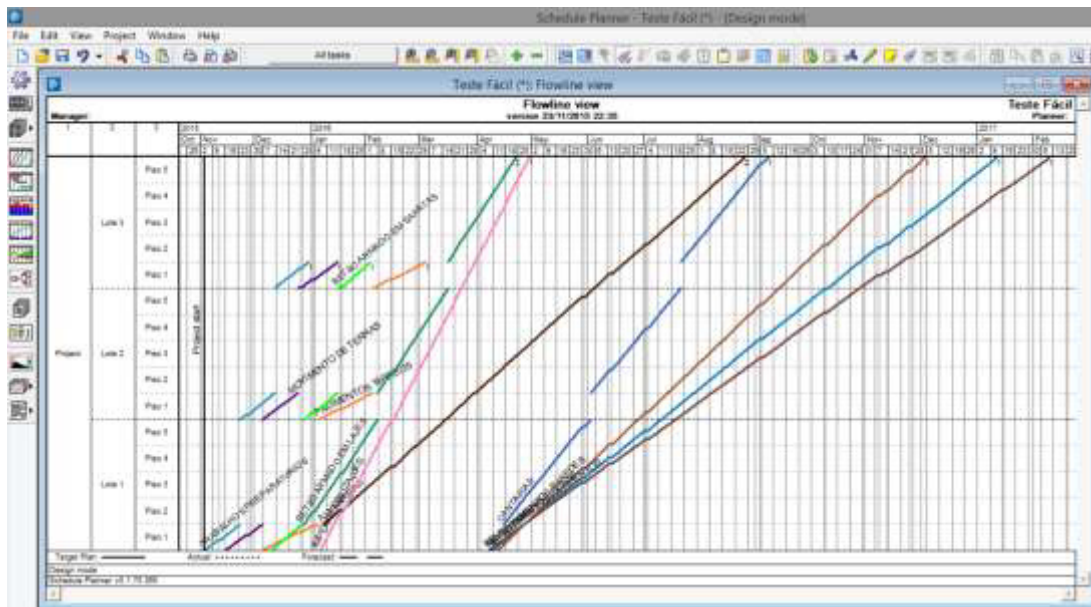


Figura 4.24 – Linhas de equilíbrio de algumas atividades (Fonte: Vico Software)

Na Figura 4.24 existe uma acumulação de atividades, como se pode observar na zona assinalada, pelo facto da data de início de conceção ser a mesma. Outro problema incide na subdivisão de atividades pelo que torna a visualização dificultada. Para contornar esta situação

dever-se-ia optar por utilizar atividades gerais, como por exemplo os Revestimentos, não deveriam ser divididos em Revestimentos para paredes, tetos, entre outros.

É de salientar a presença de um cruzamento de linhas, entre as atividades Alvenarias e Impermeabilizações, contudo a prática não considera um risco aquando a conceção da obra. O comprimento do edifício por piso e o número de frações permite que ambas as atividades possam ser concebidas ao mesmo tempo, não havendo interferências.

Outro problema verificado após a representação das linhas de equilíbrio das atividades foi o não consenso entre a ligação existente da atividade Alvenarias e Betão armado em lajes (Figura 4.25). Verifica-se o distanciamento da atividade Alvenarias face à atividade antecessora. Esta situação acontece porque o *software* dar prioridade à duração da atividade, em detrimento das ligações da atividade. Para além disso, a concretização da atividade acontece apenas com uma equipa de trabalho contínua.

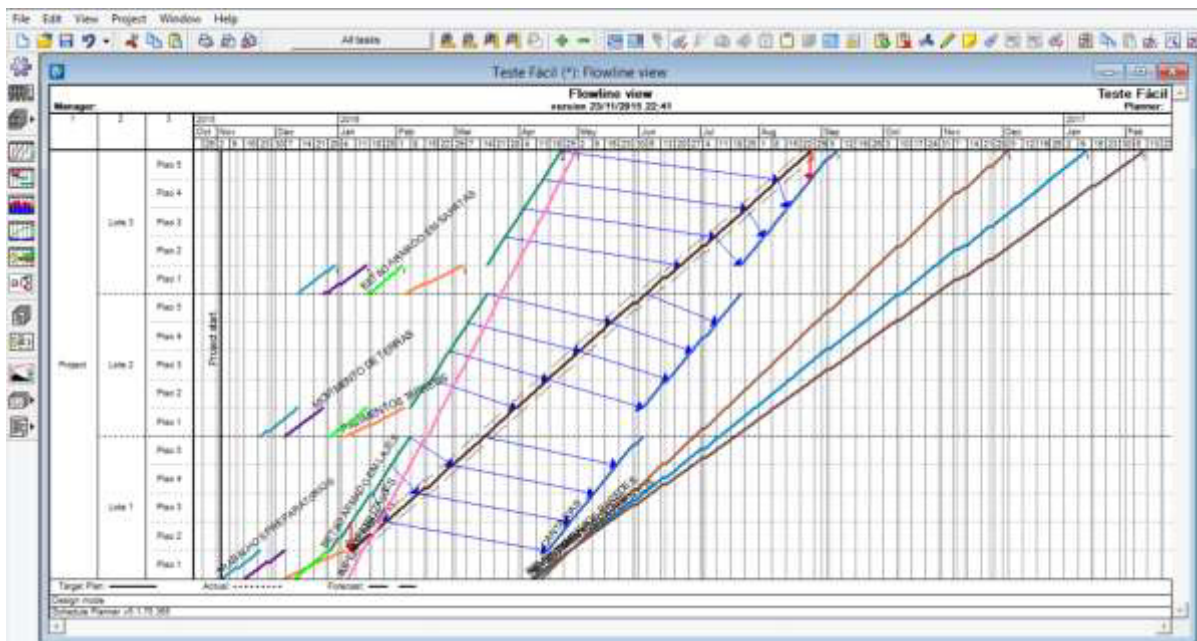


Figura 4.25 – Distanciamento entre as atividades Alvenarias e Betão armado em lajes (Fonte: Vico Software)

Como se pode observar na Figura 4.25 existe uma ausência de atividades durante um longo período de tempo. Verifica-se assim que não existe por parte do *software*, a capacidade de este se otimizar de forma autónoma, isto é, preencher os vazios existentes, pelo que se torna importante a pessoa que está a planear.

Para se obter um bom balanceamento das linhas de equilíbrio de um projeto é necessário analisar detalhadamente como se comportam as atividades, verificar os espaços vazios, as atividades precedentes e sucessoras, bem como as inclinações existentes. Consoante o verificado, devem ser tomadas as medidas para que as atividades se comportem de forma o mais idêntica possível, por exemplo, se existir espaços em branco podem ser colocadas atividades que não influenciam as restantes, ou pode-se optar pela aproximação das atividades no contorno desse espaço. Para realizar essa aproximação deve se verificar qual a inclinação mais abundante no conjunto das tarefas, mesmo que não seja a mais inclinada possível (menor tempo de execução), mas sim aquela que aproxima mais as atividades do projeto eliminando as áreas desocupadas.

Uma forma de contornar este problema seria optar por várias equipas (1 equipa/lote) para uma atividade, sendo necessário a decomposição da atividade, neste caso Alvenarias em 3 (Alvenaria1, Alvenaria 2 e Alvenaria 3) (Figura 4.26). Esta solução permite na mesma a representação da atividade através das linhas de equilíbrio, só que é efetuado o estudo para lotes independentes, permitindo assim a aproximação à atividade antecedente, Betão armado em lajes. Para além desta tarefa pode ser realizado o mesmo procedimento para as atividades de revestimentos.

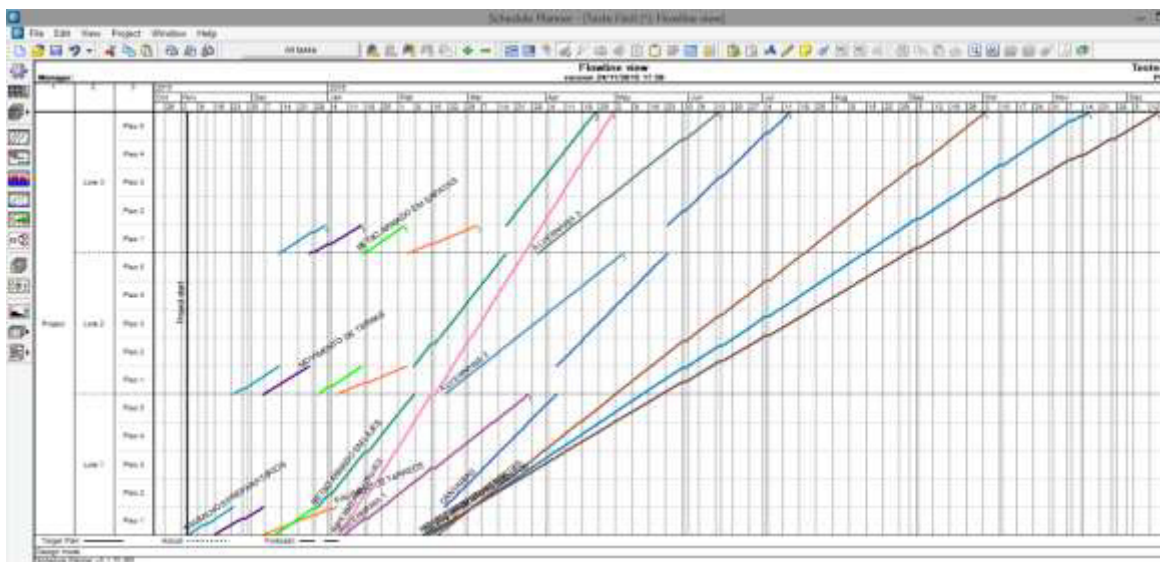


Figura 4.26 – Representação da atividade alvenarias por lotes (Fonte: Vico Software)

Analisando a relação entre a tarefa Betão armado em sapatas e a tarefa Betão armado em lajes (linha verde fluorescente e verde escuro) verifica-se um distanciamento justificável. Este afastamento pode ser causado pela disponibilidade da grua, uma vez que a atividade Betão

armado em lajes depende da disponibilidade da grua. Assim sendo e por falta de informação, optou-se pela admissão da existência de uma grua em obra.

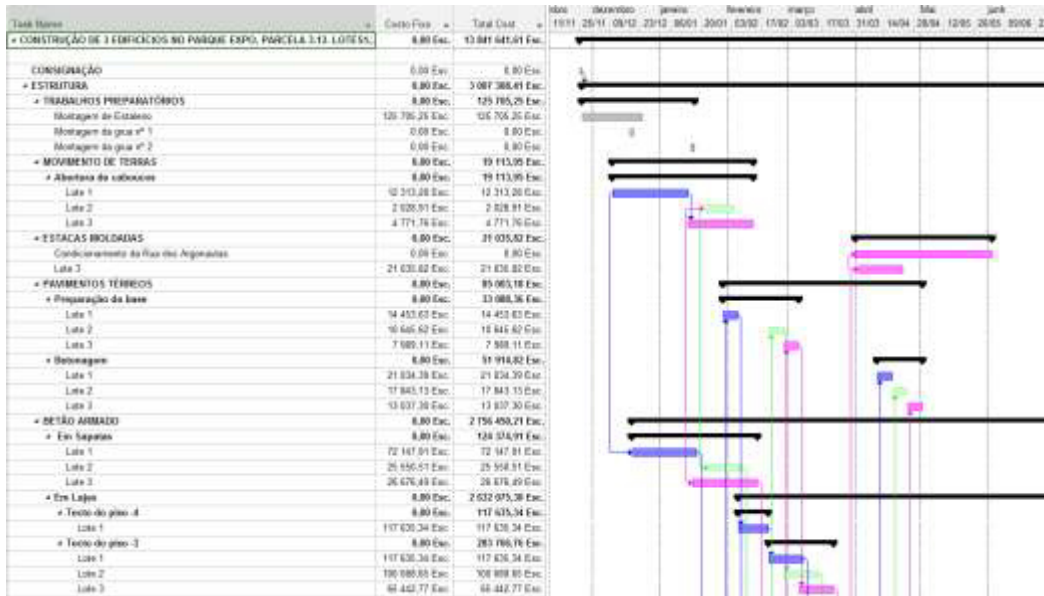
Para além desta análise, as linhas de equilíbrio permitem que o Diretor de obra otimize o planeamento e intervenha de uma forma mais segura e rápida, face a qualquer alteração que surja durante a obra.

Para análise dos recursos optou-se por manter o resultado apresentado na Figura 4.24, recorrendo à Tabela 4.2 onde estão enunciadas as atividades em estudo, com as respetivas características para que possa ser analisado o comportamento aquando as alterações a nível de mão de obra no *software*. As únicas informações cedidas através dos ficheiros do MS Project foram o custo e a duração (Tabela 4.3).

Tabela 4.2 - Atividades do novo projeto com o respetivo custo, mão de obra e consumo

CONSTRUÇÃO DE 3 EDIFÍCIOS NO PARQUE EXPO, PARCELA 3.13- LOTES1,2,3	Custo	Duração (dias)	Recursos Calculados (€/5000)	Adotados	Quantidades	Horas	Consumo
Trabalhos Preparatórios	125 705,25	38	25	25	3	7600	2533,3
Abertura de caboucos	19 113,95	41	4	4	3	1312	437,3
Preparação da base	33 088,36	60	7	17	3	8160	2720,0
Betonagem	51 914,82		10				
Betão Armado Em Sapatas	124 374,91	36	25	25	3	7200	2400,0
Betão Armado Em Lajes	2 632 075,30	80	526	25	12	16000	1333,3
Alvenarias Exteriores	224 404,72	160	45	45	15	57600	3840,0
Alvenarias Interiores (incluindo caves)	470 241,88		94				
Impermeabilizações	159 345,85	80	32	32	15	20480	1365,3
Cantarias - Capeamentos e vãos exteriores	438 859,01	100	88	44	12	35200	2933,3
Revest. Tetos Exteriores	30 575,70	190	6	15	15	22800	1520,0
Revest. Tetos Interiores - Rebocos e estuques	105 560,50		21				
Revest. Tetos Interiores - Tecto Falso	61 239,58		12				
Revest. Paredes Exteriores - Reboco	21 559,70	160	4	15	15	19200	1280,0
Revest. Paredes Exteriores - Pedra e Cerâmicos (incluindo reboco)	307 736,05		62				
Revest. Paredes Interiores - Reboco	153 417,24		31				
Revest. Paredes Interiores - Estuque	207 700,13		42				
Revest. Paredes Interiores - Cerâmicos	192 149,05		38				
Revest. Paredes Interiores - Pedra em paredes	509 126,01		102				
Revest. Pavimentos Exteriores	61 802,92	211	12	15	15	25320	1688,0
Revest. Pavimentos Interiores - Betonilhas	88 455,17		18				
Revest. Pavimentos Interiores - Revestimento	847 012,42		169				
Revest. Pavimentos Interiores - Afagamento e Envernizamento das madeiras	0,00		0				

Tabela 4.3 – Informação do custo das atividades do projeto (Fonte: MS Project)



Com a definição dos recursos inicialmente previstos e com a indicação da duração é necessário proceder à colocação do consumo. Esta indicação permite ao programa o reajustamento da mão de obra, permitindo o controlo desta. Na Figura 4.27 está indicada a localização para se expor o consumo e a quantidade de cada atividade, estando neste caso representada a atividade - Trabalhos Preparatórios.

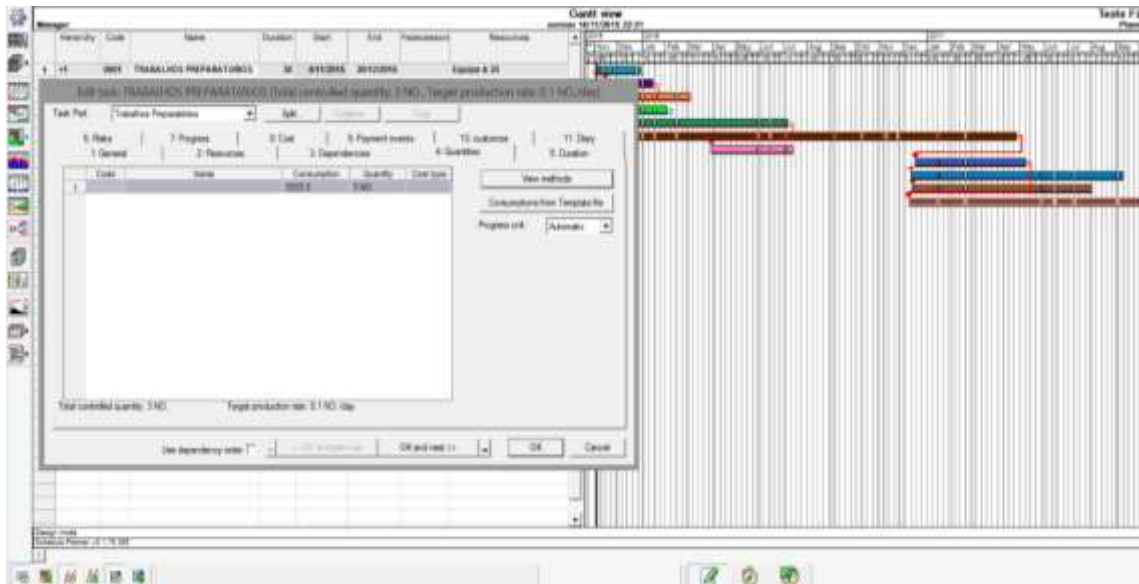


Figura 4.27 – Introdução da Quantidade e Consumo da atividade – Trabalhos Preparatórios (Fonte: Vico Software)

Após a introdução de todos os consumos e quantidades de todas as atividades, inicia-se o estudo para reajustamento, no qual cabe ao utilizador definir a colocação da nova linha de equilíbrio de uma atividade. É importante referir que as atividades devem manter uma sequência, isto é, se existir um número de atividades com uma inclinação aceitável para o utilizador, apenas serão mudadas as atividades cuja inclinação não representa o aceitável para este. Também podem existir situações em que o próprio utilizador define uma inclinação, na qual todas as atividades estão sujeitas à mudança, ou pela introdução de mais recursos ou vice-versa.

Para além dessas soluções, pode-se efetuar o balanceamento da linha de equilíbrio através: eliminação de riscos na obra, isto é, cruzamento de atividades impossíveis ou atividades que são executadas a um ritmo lento e prejudicam o andamento das outras; eliminação de conflitos entre as equipas de trabalhos, devido a mudanças entre atividades ou mudanças a nível do número de trabalhadores; definição de estratégias para possíveis mudanças de execução de algumas atividades, de forma a eliminar os espaços vazios.

Analisando as linhas de equilíbrio obtidas, verifica-se que existe uma que ocupa uma grande parte do tempo, o que indica ser uma atividade demorada. Para reduzir o seu tempo de execução arrastou-se a linha de equilíbrio para trás, no qual apareceu um quadro (Figura 4.28) que permite o reajustamento automático do número de trabalhadores.

Esta atividade – Alvenarias apresentava inicialmente 45 trabalhadores, contudo o *software* informa que para reduzir o tempo de execução é necessário aumentar o número de trabalhadores para o dobro.

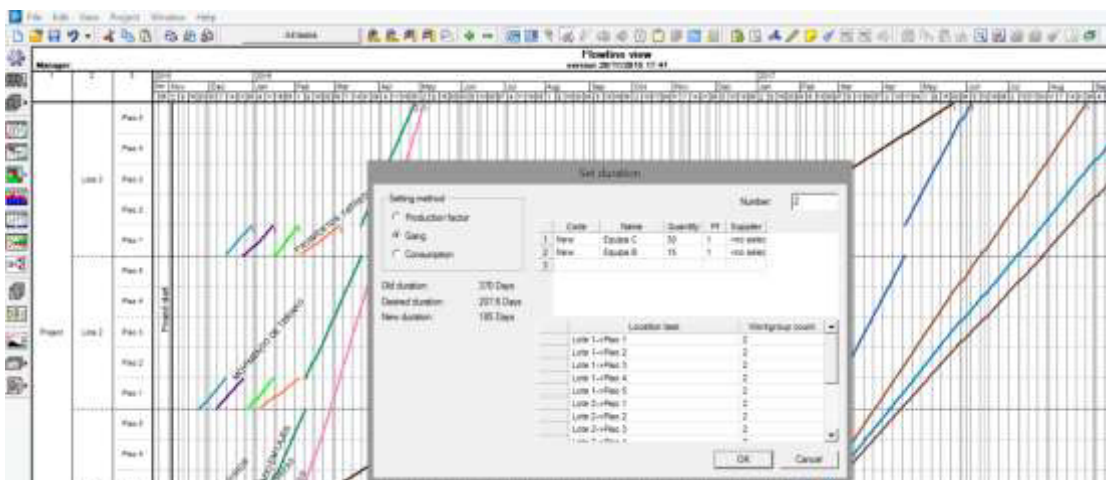


Figura 4.28 – Definição do novo número de mão de obra (Fonte: Vico Software)

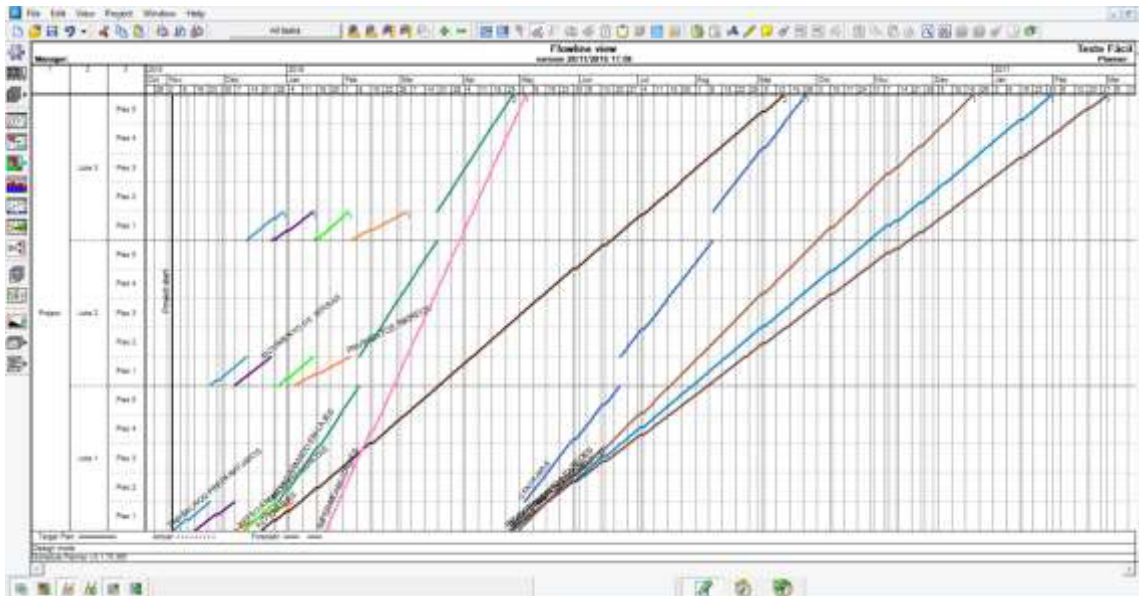


Figura 4.29 – Novo traçado das linhas de equilíbrio do novo projeto (Fonte: Vico Software)

Neste caso em específico é difícil de analisar quanto ao impacto do número elevado de trabalhadores na obra, uma vez que não existem informações do projeto que possam impossibilitar ou possibilitar a sua aceitação. Contudo, como se trata de um caso de estudo aumentou-se o número de trabalhadores para o dobro, obtendo-se novamente um novo traçado de linhas (Figura 4.29).

Outras soluções possíveis são a definição de um novo fator de produção ou de um novo consumo, contudo esses fatores dependem das capacidades de cada trabalhador.

Ambos os cruzamentos verificados na Figura 4.29 não são críticos para o projeto, visto a ser atividades que na prática interligam entre si, não criando situações conflituosas. No caso dos revestimentos, normalmente existe uma equipa ou duas que trabalham em conjunto, acabando por realizar todos os revestimentos de uma determinada divisão no mesmo dia, ficando esta terminada.

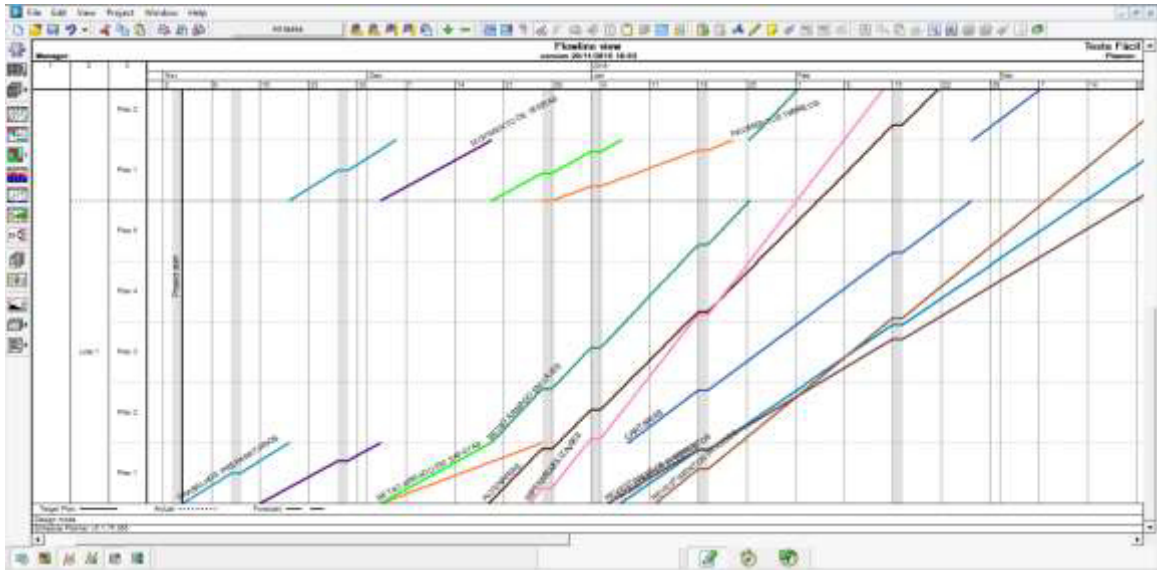


Figura 4.30 – Cruzamento entre atividades do novo projeto (Fonte: Vico Software)

Para além da sugestão fornecida pelo *software* para alteração do recurso, esta pode ser realizada manualmente pelo utilizador. Nas Figuras 4.31 e 4.32 pode-se observar a alteração de valores podendo assim obter um novo traçado da atividade em causa. Inicialmente tinham sido adotadas duas equipas de trabalhadores, uma com 30 e outra com 14. Pretendeu-se alterar o número de trabalhadores para um total de 30 trabalhadores, com o intuito de verificar se esta alteração implicaria o aumento do tempo de duração da obra.

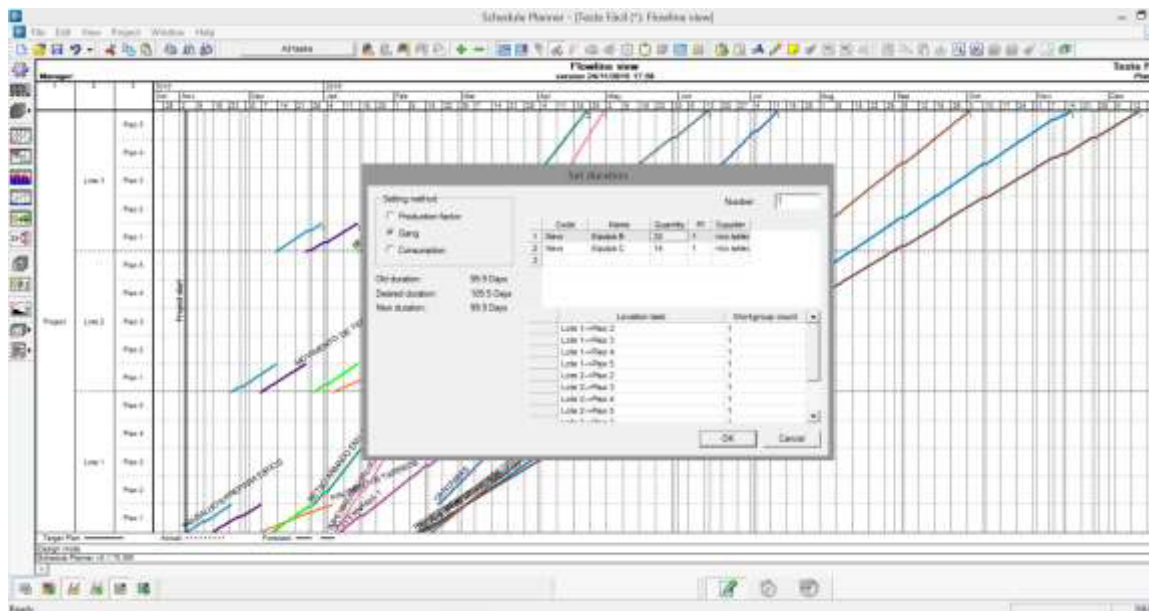


Figura 4.31 – Recursos Iniciais da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software)

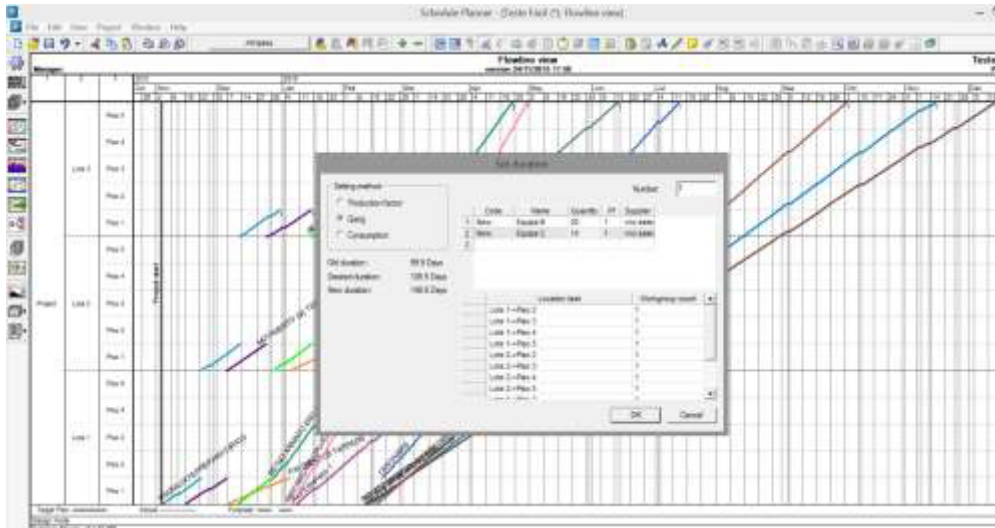


Figura 4.32 – Recursos adotados para o novo traçado da LOB da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software)

Após a introdução dos novos recursos foi traçada a linha de equilíbrio da atividade Cantarias. É possível verificar analisando as Figuras 4.33 e 4.34 que existe um retardamento da atividade, passando a estar próxima das atividades Revestimentos. A nível da duração da obra verificou-se uma diminuição da duração da obra, apesar da diminuição do número de trabalhadores da atividade em estudo. Esta situação pode ter sido conseguida, uma vez que existe um afastamento de dois meses entre as atividades Cantarias e Revestimentos, fazendo com que não exista um avanço no tempo de execução da obra.

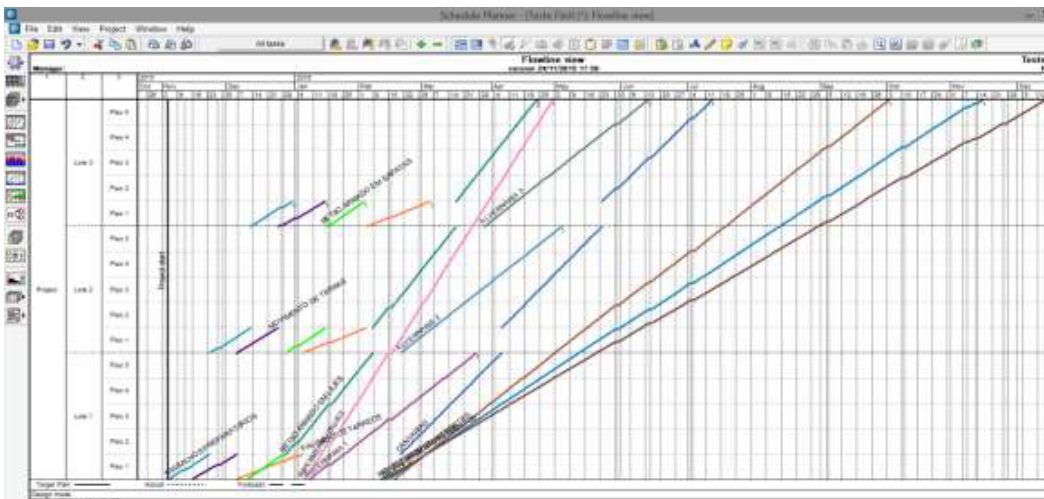


Figura 4.33 – Traçado inicial da linha de equilíbrio da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software)

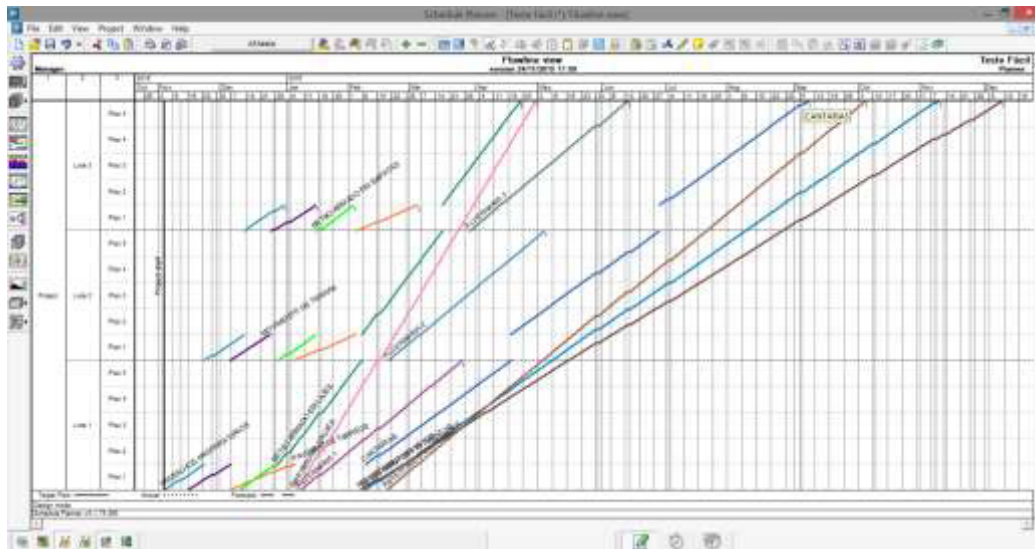


Figura 4.34 – Novo traçado da linha de equilíbrio da atividade Cantarias (Fonte: Vico Software)

4.3.3.5. Balizamentos

Para qualquer planeamento de obra é necessário o controlo da mesma. O controlo diz respeito à informação que vai sendo obtida da obra em curso, de forma a atualizar os planos de trabalhos decorrentes e prever os trabalhos futuros, aquando modificações do planeado, ou constrangimentos, que impeçam o início de determinadas atividades.

Para controlar as obras são realizados balizamentos, que permitem a análise do progresso das atividades, podendo-se verificar os adiantamentos, os atrasos, as atividades críticas, bem como a previsão da execução de atividades futuras. Para realizar este controlo é essencial que, consoante o andamento da obra, seja obtida informação do progresso das atividades já realizadas, ou em fase de conceção, para que o preenchimento das atividades seja o mais correto possível. Permitindo assim, corrigir o mais rapidamente possível algum tipo de desvio que possa ser encontrado, evitando a existência de grandes desvios que se traduzem em grandes custos.

A periodicidade do controlo de prazos, na maioria das empresas, realiza-se quinzenal ou mensalmente. Normalmente depende da duração total da obra, contudo, há casos em que a exigência do cumprimento dos prazos, obriga a efetuar um controlo mais apertado, outras vezes, o controlo não é exigente e é apenas realizado de dois em dois meses ou mais.

No projeto em estudo iniciado no ano de 2002 e 2003, os balizamentos foram efetuados de 4 em 4 meses, contudo no ano de 2004 os balizamentos registados foram realizados mensalmente, sendo provavelmente pela aproximação da data de conclusão, nos meses de fevereiro, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro.

Para introduzir o progresso das atividades existem duas formas diferentes de efetuar como foi explicado no Capítulo III. Contudo, existem algumas diferenças que podem ser importantes ou não, dependendo dos requisitos da empresa, bem como da forma de trabalhar do utilizador do *software*.

Para introduzir o progresso das atividades, é necessário mudar do comando **Planning Mode** para **Control Mode**. Nas propriedades gerais da tarefa, a inserção do progresso não é efetuada por localização, isto é, esta é representada numa forma genérica.

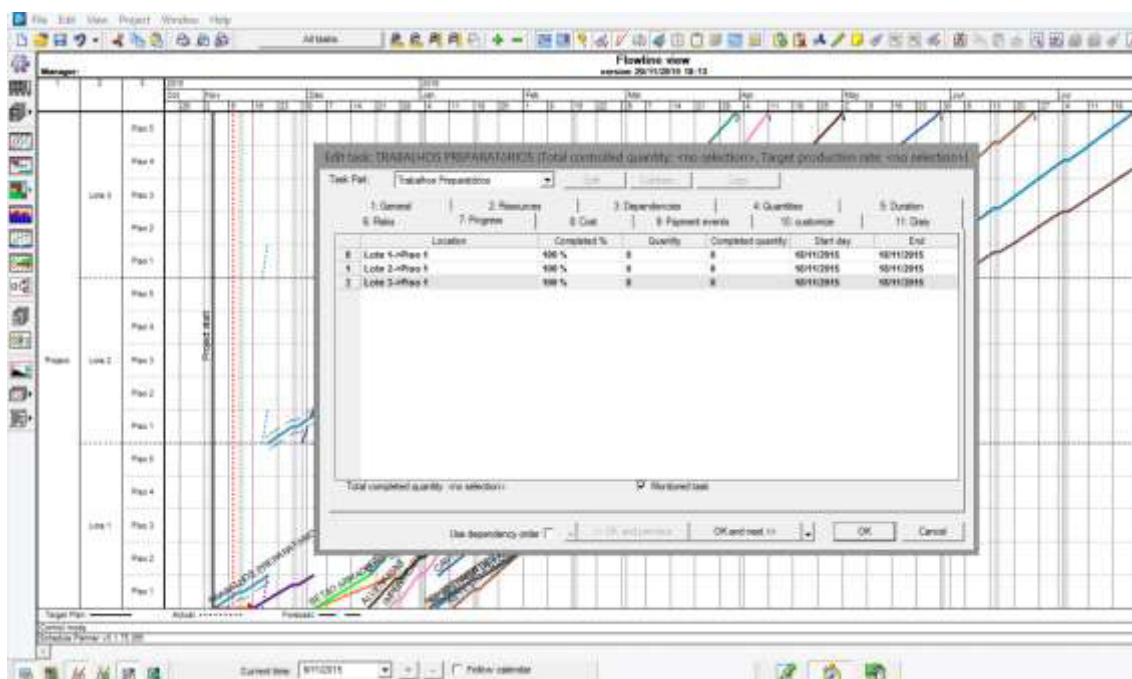


Figura 4.35 – Introdução da percentagem efetuada da atividade - Trabalhos Preparatórios
(Fonte: Vico Software)

A utilização do comando **Control View** permite colocar para cada atividade a percentagem adequada por localização, permitindo visualizar as datas de início e fim expressas para cada piso, como se pode observar na Figura 4.35.

Segundo a Figura 4.35 foi introduzida a percentagem de 100% em todas as localizações, dando por terminada esta tarefa. Na Figura 4.36 pode se observar o resultado da linha de equilíbrio da atividade – Trabalhos Preparatórios aquando a introdução do progresso. A linha de equilíbrio que inicialmente era contínua passou a estar representada por pontos, indicando que esta atividade no dia 9 de novembro já estava terminada, dia em que foi efetuado um balizamento do planeamento.

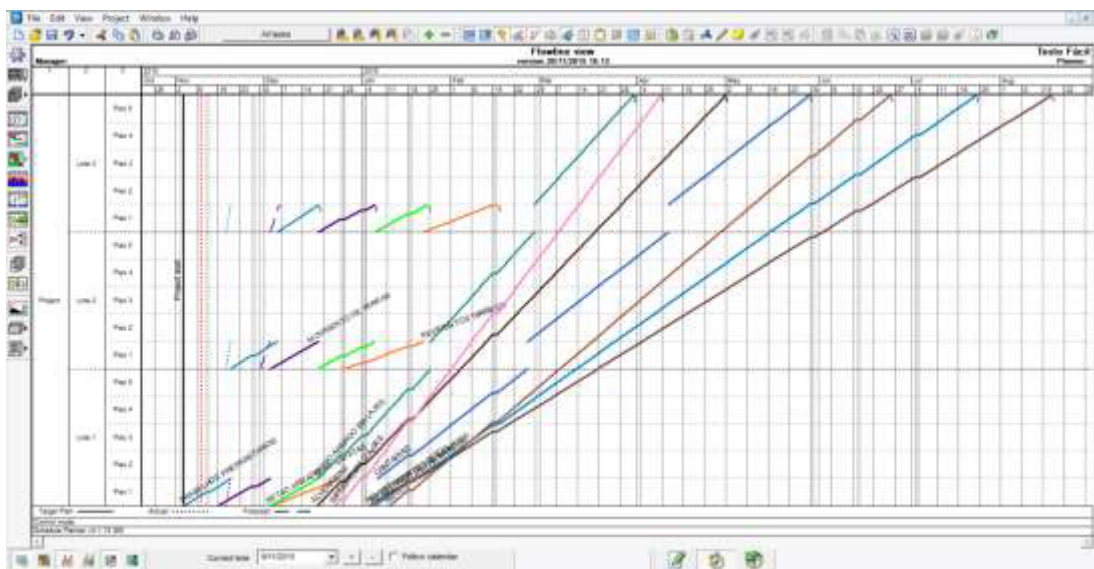


Figura 4.36 – Apresentação das linhas de equilíbrio após a realização de um balizamento ao planeamento (Fonte: Vico Software)

Este procedimento pode ser efetuado conforme a conceção das tarefas ou quinzenalmente, ou mensalmente, dependendo do método utilizado por cada empresa.

Normalmente, existe um balizamento no fim de cada mês ou trimestralmente para que o controlo do planeamento seja o mais correto possível, facilitando na tomada de medidas para as tarefas seguintes.

Neste caso de estudo foi realizado um balizamento no fim do mês de dezembro como constata a Figura 4.37.

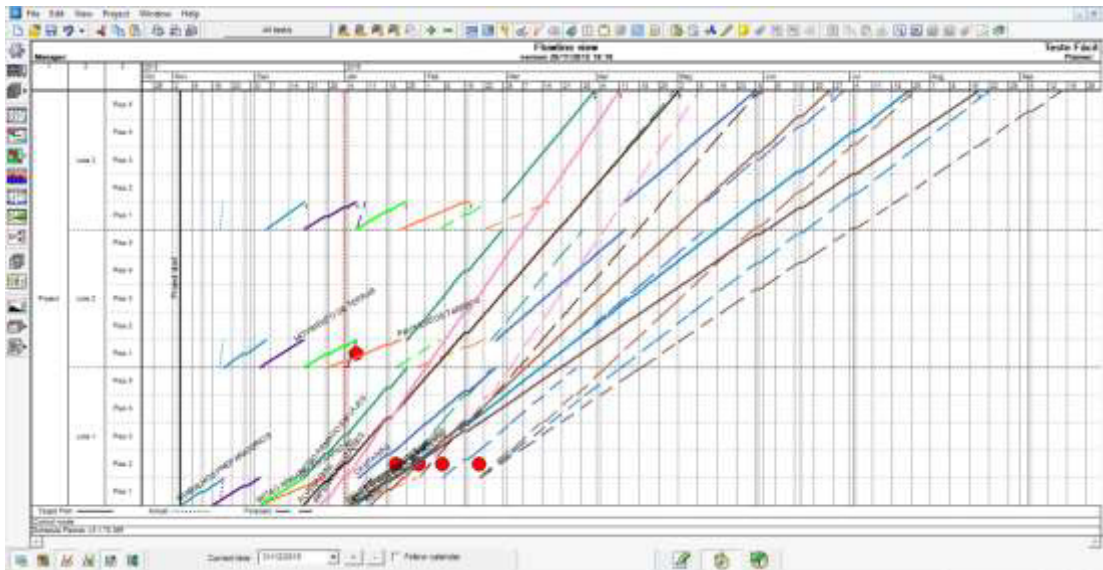


Figura 4.37 – Balizamento mensal do mês de dezembro (Fonte: Vico Software)

Segundo o apresentado na Figura anterior, podem existir três traçados distintos que indicam situações diferentes: o tracejado indica o previsto, a linha contínua indica o planejado e o traçado com pontos indica o realizado. Esta visualização permite tirar conclusões precisas do desenvolvimento das atividades, podendo fazer alterações e reduzir o tempo de concepção das mesmas.

Uma das dificuldades já anteriormente averiguadas consiste na falta da indicação do caminho crítico através das linhas, apenas é possível analisá-lo recorrendo ao diagrama de Gantt expresso no *software* Vico ou através da visualização das dependências clicando sobre as atividades apresentadas no *Flowline view*.

Os traçados apresentados na figura anterior podem ser colocados sobre a forma de tabela, permitindo o acesso mais rápido aos valores escondidos no gráfico de linhas como se pode observar na Figura 4.38. Nessa tabela pode encontrar os dados relativamente à data de início e fim, o progresso, a quantidade e as horas para ambas as situações. Estes dados são fundamentais para o Diretor da Obra e para o Encarregado analisarem a situação atual da obra, tendo sempre como base a representação das linhas.

Outra característica mais apelativa para a utilização deste comando, insere-se na representação de cores consoante a percentagem introduzida, cuja descrição está representada na parte inferior da janela. Além disso, permite a introdução de notas informativas que expressam ou o adiantamento ou atraso das tarefas, sendo fundamentais para justificar aquando a entrega do relatório do balizamento efetuado (Figura 4.40).

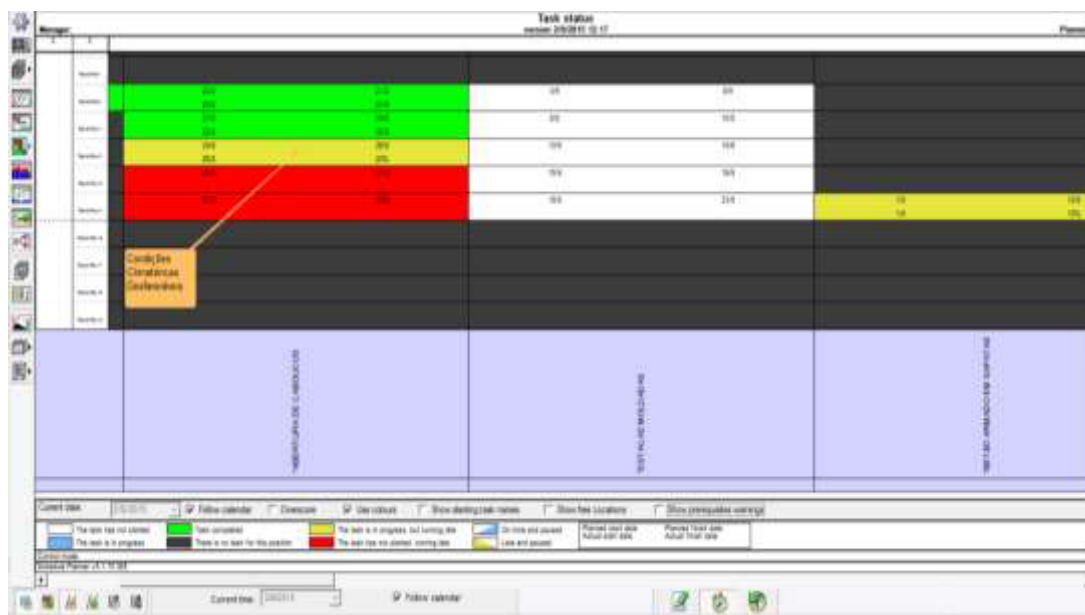


Figura 4.40 – Representação das notas informativas e do progresso expresso por cores (Fonte: Vico Software)

4.3.3.6. Análise e discussão de resultados

Para uma análise mais concisa, pode-se verificar na Tabela 4.4 a análise SWOT, cuja sigla significa Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weaknesses*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*) do estudo utilizando a componente Schedule do *software* Vico para o planeamento de obras. Esta análise permitirá aos trabalhos futuros, com auxílio ao programa Vico, delinear principalmente as fraquezas e as ameaças detetadas no decorrer do estudo prático. A análise através da matriz SWOT possibilitará aos utilizadores a tomada de decisão, podendo maximizar as oportunidades, auxiliando-se nos pontos fortes do programa. Permite também minimizar os pontos fracos detetados durante o estudo, facilitando os estudos futuros.

Tabela 4.4 – Análise SWOT da componente *Schedule* do software Vico



Este quadro retrata as principais características do software Vico. As principais forças atribuídas ao programa foram as seguintes:

- **Outra forma de visualização:** este ponto retrata a possibilidade de visualizar o planeamento de uma forma mais intuitiva, dando aos intervenientes a possibilidade de ter um planeamento com o fator tempo e espaço em simultâneo. Esta outra forma de visualização permite em muitos casos evitar eventuais zonas de conflito, podendo assim intervir numa fase precoce. A visualização das linhas de equilíbrio permitem também observar facilmente o rendimento de cada equipa de trabalho verificando se

existe atrasos na obra, em caso contrário pode-se diminuir os recursos a fim de obter menos gastos.

- **Atualização automática das alterações:** com a utilização do programa todas as alterações a ser realizadas desde o estudo prévio até a conclusão da obra, afetarão automaticamente todas as tarefas dependentes dessa. Ou seja, o programa atualizará automaticamente o planeamento eliminando o risco de esquecimento das alterações das restantes tarefas.
- **Menor dependência de mão de obra na fase de planear:** com a evolução das tecnologias de informação, atualmente o planeamento faz-se de uma forma mais rápida e mais precisa. Com isto é possível elaborar um planeamento mais complexo com menos recursos, ou seja, existe uma menor dependência de mão-de-obra.
- **Possibilidade de criar um diagrama de GANTT:** este software permite a passagem automática do diagrama de GANTT para as linhas de equilíbrio, o que é uma força considerável visto que, possibilita também enriquecer o gráfico das linhas de equilíbrio através de informação contida no diagrama de GANTT.

As principais oportunidades que foram observadas no programa estudado foram as seguintes:

- **Ligação da linha de equilíbrio à modelação BIM:** uma das principais razões pelo qual as linhas de equilíbrio voltaram a aparecer na construção tem a ver com o aparecimento das metodologias BIM. As metodologias BIM são muito mais que uma simples modelização em 3D, é todo um ciclo de vida do projeto que é afetado pela inovação das tecnologias informáticas. Assim sendo, surgiu a necessidade de adaptar a forma de planear em modelação BIM e nesse sentido as linhas de equilíbrio são vistas como grande potencial permitindo relacionar o tempo com o espaço.
- **Otimizar a troca de informação entre todos os intervenientes:** a incorporação de todo o planeamento numa mesma base de dados permite por um lado fornecer a todos os intervenientes a mesma informação e, por outro lado, possibilita aos intervenientes o acompanhamento das alterações realizadas.
- **Minimizar conflitos:** este ponto vem de encontro com o anterior, uma vez que é importante que todos os intervenientes sejam advertidos da totalidade das

modificações a fim de evitar possíveis conflitos quer entre as especialidades durante o projeto, quer durante o decorrer da obra.

As fraquezas encontradas durante a utilização deste software foram as seguintes:

- **Dificuldade de compreensão:** esta nova técnica de visualizar o planeamento pode dificultar a análise do gráfico das linhas de equilíbrio, principalmente em zonas onde existem um grande volume de atividades.
- **Custos relacionados com o software:** uma das principais fraquezas da maioria dos programas informáticos são os custos acrescidos das licenças dos mesmos. É verdade que eles permitem aumentar a produtividade mas, existe um investimento inicial importante não só na aquisição do programa mas também, na formação dos colaboradores.

O programa, assim como a maior parte das tecnologias informáticas apresentam inúmeras ameaças, as principais ameaças observadas ao longo deste trabalho foram as seguintes:

- **Falta de sensibilidade dos resultados:** a utilização deste programa facilita o planeamento dos projetos mas, tem por consequência a falta de sensibilidade dos valores obtidos, isto é, as atualizações que o programa realiza podem passar despercebidas ao utilizador. Isto pode fazer com que o próprio utilizador não conheça totalmente o planeamento do projeto. Por outro lado, é importante recordar que o programa não tem em consideração todas as adversidades que possam ser encontradas ao longo da realização da obra como por exemplo, fatores climatéricos, greves, entre outros.
- **Substituição de mão de obra:** este ponto vem de encontro com a principal ameaça resultante da evolução das tecnologias de informação, isto é, a substituição de mão de obra pela informática. Neste caso, um utilizador que domine o programa e tenha experiência em planeamento consegue realizar o trabalho dele e de outros.
- **Utilização desapropriada:** a utilização deste programa tanto pode ser benéfica como prejudicial, é importante ter consciência que esta nova metodologia apresenta benefícios para uns projetos. Estudos apontam para projetos com grande número de repetições como estradas, edifícios altos, entre outros, mas pode ser prejudicial utilizar

este programa para obras pequenas e obras sem repetições. Isto tende a alertar as empresas que optam por utilizar estas tecnologias informáticas unicamente em projetos que sejam adequados.

Relativamente aos resultados obtidos pode-se constatar a concretização da representação de linhas de equilíbrio de um projeto inicialmente representado usando o MS Project, possibilitando ao utilizador a visualização de todas as tarefas do projeto e as suas interdependências.

A obtenção das linhas foi concebida usando dois tipos diferentes de localização, no primeiro caso a representação foi expressa por lotes, consoante o apresentável no planeamento do MS Project e o segundo caso foi representado por piso, visto ser uma qualidade desta técnica relativamente à representação idêntica em altura das tarefas. Contudo, a dificuldade de trabalhar com as atividades incitou a que fossem apenas analisadas algumas atividades, permitindo uma melhor discussão de análise.

Assim sendo, foi possível obter através da passagem do diagrama de Gantt para o *software* Vico a representação das atividades recorrendo a linhas. Esta visualização permite ao utilizador delinear novas soluções em caso de situações adversas, que possam causar o congestionamento da obra, mas também dar a conhecer aos outros intervenientes a evolução das atividades. No caso do uso do MS Project não é possível observar os conflitos entre as atividades.

As soluções possíveis para delinear estes constrangimentos podem ser obtidas quer pelo atraso/adiantamento das atividades, quer pela divisão da atividades por lotes, quer pelo reajustamento dos recursos ou quer pela alteração do rendimento. A tomada de decisão para adoção destas alternativas no balanceamento das linhas de equilíbrio tem de ser obtida porque quem está a planear.

Relativamente aos balizamentos ambos os programas permitem a sua visualização, o MS Project utiliza a sua representação através do preenchimento das barras, enquanto o Vico Software utiliza diferentes linhas para representar as mudanças. Ambos permitem o controlo da obra, utilizando formas de projeção diferentes. O MS Project continua a merecer o destaque na visualização do caminho crítico, analisando de imediato as atividades críticas. O Vico Software não mostra o caminho crítico através das linhas, é necessário clicar nas atividades para visualizar através das relações de dependência, o traçado do caminho.

Após os balizamentos e as análises dos resultados da representação das linhas de equilíbrio, os Diretores de obra, os encarregados e os trabalhadores podem obter informação relativa à percentagem de atividades já realizada num determinado dia, a representação do previsto caso haja um atraso, as atividades já concluídas e as que estão em fase de acabamentos. A vantagem dos balizamentos quando comparados com os realizados no MS Project incide na projeção visual que estes permitem de todas as atividades, sendo que no MS Project isso não é tão evidente.

CAPÍTULO V

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Limitações da Investigação

No decorrer da concretização da dissertação foram surgindo vários obstáculos, os quais tiveram de ser corrigidos por forma a dar continuidade à investigação.

Ao nível do levantamento do estado de arte sobre o assunto da dissertação não foram denotados quaisquer problemas. Apesar de ser um tema com iniciação na construção há vários anos, tem sido alvo de estudo por vários autores com maior foco na atualidade.

Relativamente às ferramentas informáticas usadas no planeamento da construção, não houve constrangimentos na identificação das vantagens e desvantagens a eles referentes. Para além disso, a escolha dos *softwares* para estudo do caso prático, no caso do software Vico, já tinha sido realizada antes da ingressão na empresa. O segundo programa abordado foi escolhido através da pesquisa efetuada. Como inicialmente não havia caso de estudo, a escolha deste não evidenciava quaisquer limitações, apesar de já ser verificável a limitação relativamente ao número de tarefas. Esta condicionante foi sendo mais evidente na colocação das atividades no *software*, o que permitiu concluir que não era possível obter conclusões comparáveis com o uso do MS Project, sendo apenas apresentáveis as linhas de equilíbrio anexadas no Anexo A2.

A principal preocupação no decorrer da parte prática da dissertação foi a dificuldade em trabalhar com a componente Schedule do *software* Vico. A escassez de tutoriais e vídeos educativos condicionou a aprendizagem, havendo um alongamento de tempo para estudo. Para além disso, existiram outros condicionalismos a nível do programa, tais como: encerramentos de janelas inesperados, bloqueio de comandos e dados introduzidos não guardados.

Em suma, estes imprevistos dificultaram desde logo a concretização de alguns objetivos estabelecidos inicialmente no plano de trabalhos. Contudo, foi conseguido a realização de um caso de estudo, obtendo análises comparativas entre os dois programas.

5.2. Conclusões

Nas últimas décadas a indústria de construção sofreu algumas alterações, que condicionaram o seu desenvolvimento contínuo. Teve anos de elevados picos de construção e, outros em que esse valor não foi atingido. Nestes últimos anos, o setor da construção obteve uma queda visível, comparativamente com os anos anteriores, em que o número de obras foi elevado.

Apesar das diversas dificuldades encontradas, este setor procurou sempre a inovação, de forma a diferenciar-se dos restantes setores. A procura de mão de obra especializada, produtos/materiais de qualidade e meios informáticos mais sofisticados têm sido as ferramentas usadas pelas empresas para se diferenciar-se. Além disso, as empresas atualmente trabalham constantemente com clientes cada vez mais informados, exigentes e com menor poder de compra.

Um dos problemas verificados aquando da conceção de uma obra recai num planeamento mal executado, transpondo os riscos para o desenvolvimento da obra. O planeamento é considerado a parte mais importante para uma boa execução de uma obra, pelo que permite verificar a relação de dependência entre as atividades, bem como enunciar as atividades críticas que condicionam o cumprimento do prazo estipulado.

Tal como elucidado ao longo da dissertação, esta situação pode ser corrigida utilizando soluções mais eficazes que possam substituir ou melhorar os procedimentos adotados para a conceção do planeamento. Nos últimos anos as empresas têm-se apoiado no programa MS Project que permite visualmente adquirir um planeamento representado através de barras, que indicam a duração da sua execução.

Como fora enunciado, as empresas pretendem inovar e para tal requerem uma solução capaz de adquirir planeamentos eficazes. É neste contexto que surgiu o tema desta dissertação, tentando dar resposta a esta dificuldade. Esta nova técnica, designada de Linha de Equilíbrio, veio proporcionar ao planeamento, uma componente visual mais sofisticada, possibilitando a visualização de todas as atividades através de linhas, bem como permitindo também o gestão dos recursos.

Contudo, antes de analisar uma LOB deve-se ter em atenção o significado desta, bem como o que significa na teoria e na prática, uma vez que podem existir casos, como por exemplo cruzamento de linhas, possíveis na prática. Durante a análise deve-se detetar soluções que possam otimizar, por exemplo espaços mal aproveitados ou atividades com produtividades demasiadas lentas ou rápidas. Esta análise permitirá ao Diretor de obra otimizar as relações prazo-custo-recursos através do uso da LOB, para que numa fase à posterior permita ao Encarregado da obra, a gestão adequada dos recursos.

No que concerne aos resultados obtidos da LOB face à comparação entre os *softwares* Asta Powerproject e o Vico, estes revelam que ambos possuem capacidades que no seu conjunto permitem um planeamento eficaz. Contudo, ainda há necessidade de aprofundar esta temática, bem como a relação entre os *softwares*. As limitações encontradas durante o desenvolvimento da dissertação condicionaram a análise mais detalhada da componente prática.

Face aos objetivos delineados não foi possível a obtenção de uma conclusão exata sobre a possibilidade de implementação da linha de equilíbrio no planeamento das obras na empresa Casais. No entanto, existe a necessidade de aprofundar mais esta técnica de visualização do planeamento utilizando dados suficientes, para que os resultados sejam os mais precisos. Para além disso, é necessário o aprofundamento do estudo do software Vico utilizado nesta dissertação, para que sejam estudadas outras variáveis capazes de ser produzidas pelo software trazendo vantagens para o planeamento.

A ligação da técnica da linha de equilíbrio à metodologia BIM requer a utilização de um projeto inicial utilizando o software Vico, para que todas as componentes abrangentes da metodologia possam ser interligadas, fornecendo um planeamento mais conciso e ligado ao BIM.

Como conclusão, pode considerar-se que a elaboração desta dissertação de mestrado teve como finalidade demonstrar a importância da execução de um bom planeamento, utilizando uma nova metodologia de trabalho, permitindo uma nova forma de visualização do planeamento. Este estudo procura contribuir para a implementação futura desta técnica na empresa, concebendo maior rigor ao planear.

5.3. Perspetivas de desenvolvimentos futuros

Pretende-se que a realização desta dissertação possa funcionar como incentivo para a concretização de estudos complementares nesta área. Assim sendo, são apresentadas de seguida um conjunto de ações já em curso e de sugestões e recomendações que podem ser seguidas em futuras investigações, relacionadas com a temática da linha de equilíbrio:

- Apresentar um conjunto de instruções de modelação BIM e troca de informação para assegurar uma implementação bem-sucedida do fluxo BIM-LOB;
- Aprofundar a temática da linha de equilíbrio na sua interligação com a gestão contratual;
- Desenvolver estudos utilizando a linha de equilíbrio em projetos/obras não repetitivas em altura;
- Elaborar um projeto utilizando todas as ferramentas do software Vico, de forma a analisar as diferenças evidentes entre a obtenção da LOB usando diretamente a funcionalidade Schedule ou todas as componentes do software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, E. P. (2005). *Técnicas de análise de risco aplicadas à planeamento e programação de projetos da construção civil* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- Azevedo, O. (2009). *Metodologia BIM : building information modeling na direção técnica de obras* (Dissertação de Mestrado), Universidade do Minho, Guimarães.
- Batista, A. R. R. T. G. (2015). *Utilização de ferramentas BIM no planeamento de trabalhos de construção - Estudo de caso* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Barbosa, A. C. M. (2014). *A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia* (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.
- Barros, N. M. M. B. (2003). "Mapas de GANTT e redes de PERT." *Dados*. Escola Secundária de Emídio Navarro, Viseu.
- Berezuk, A. L., Morais, E., Valverde, F., Almeida, J. R. D. de, & Grossi, M. V. F. (2014). *MS PROJECT Gerenciamento de Projetos*. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo - Brasil.
- Bezerra, L. M. C. de M. (2010). *Planejamento e controle da produção com a utilização de células de trabalho: estudo de caso em construções com vedações em concreto armado moldadas in loco* (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Biotto, C. N. (2012). *Método para projeto e planeamento de sistemas de produção na construção civil com uso da modelagem BIM 4D*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Boavida, J. G. (2012). *Ação de Sensibilização - Gestão Contratual*. Auditório da Ordem dos Engenheiros, Lisboa.
- Brandão, F. J. F. V. da S. (2000). *Tipo de Trabalhos - Tipo para a Construção de Estradas* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Carvalho, D. (2003). *Capítulo I História da Engenharia e Gestão Industrial*. Universidade do Minho, Guimarães.
- Couto, J. P., & Teixeira, J. C. (2002). *Método das Curvas de Equilíbrio no Planeamento da Construção Repetitiva em Altura*. Universidade do Minho, Guimarães.
- Câmara Municipal de Lisboa. (2014). *Revestimento azulejar do Edifício Écran*. Consultado em junho de 2015. Disponível em <http://www.cm-lisboa.pt/equipamentos/equipamento/info/revestimento-azulejar-do-edificio-ecran>.

- Elecosoft Asta (2015). *14 reasons to use Asta Powerproject for managing construction projects*. Consultado em agosto de 2015. Disponível em <http://www.astapowerproject.com/wp-content/uploads/2015/10/14-Reasons-to-use-Asta-Powerproject.pdf>
- Faria, J. A. (2013). *9 – Planeamento de obras.*” Em *Gestão de Obras e Segurança* (Versão 10, pp. 1–27). FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Ferreira, B. M. L. (2015). *Desenvolvimento de metodologias BIM de apoio aos trabalhos construtivos de medição e orçamentação* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Ferreira, R. C. (2011). *Comparação aplicada entre as técnicas de planeamento CPM e LOB (Line of Balance)* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Formoso, C. T. (1997). *Técnicas de planeamento: papéis e critérios para seleção* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-Brasil.
- Gantt Project (2014). *Gantt Chart*. Consultado em abril de 2015. Disponível em <http://www.ganttproject.biz/>
- Garcia, E. de V. (2012). *Diagrama de GANTT de graduação – o curso como um projeto de vida*. Em *XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Belém.
- GBC Engenharia (2015). *Construtoras apostam no BIM 4D para melhorar assertividade do planeamento de obras*. Consultado em junho de 2015. Disponível em <http://gbcengenharia.com.br/blog/construtoras-apostam-no-bim-4d-para-melhorar-assertividade-do-planeamento-de-obras/>
- Gequaltec. (2011). *Metodologia Lean*. Obtido em 24 de Fevereiro de 2015, de WIQI: http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Metodologias_Lean#Melhoria_con t.C3.ADnua
- Gequaltec. (2011.). *Linha de Balanço*. Obtido em 18 de Fevereiro de 2015, de http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=Linha_de_Balan%C3%A7
- Gouveia, L. M. B. (1999). *A gestão da informação*.
- Grupo Casais. Consultado em junho de 2015. Disponível em <http://www.casais.pt/pt/2-institucional/1-sobre/>.
- INDEG-IUL ISCTE Executive Education. (2014). *Ranking de internacionalização das Empresas Portuguesas*.

- Junior, R. M. (1999). *Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina-Brasil.
- Lafetá, F. G., Gomes, I. V. S., Batistini, A. A., & Barros, C. F. (n.d.). *Gestão de Projetos: da antiguidade às tendências do século XXI*.
- Meta. *Linha de Balanço*. Consultado em abril de 2015. Disponível em <http://metasolucoes.eng.br/planejamento>.
- Monteiro, A., & Martins, J. P. (n.d.). *Linha de balanço - uma nova abordagem ao planeamento e controlo das atividades da construção*.
- Moura, R., & Monteiro, J., & Heineck, L. (2014). *Line of balance – Is it a synthesis of lean production principles as applied to site programming of works?.* Oslo , Norway.
- ndBIM – Virtual Building. Metodologia avançada de planeamento potenciada pelo BIM. Consultado em agosto de 2015. Disponível em <http://www.ndbim.pt/index.php/pt/noticias/noticias-2/item/4-uma-metodologia-avancada-de-planeamento-potenciada-pelo-bim>.
- Nunes, I. J. D. (2010). *Aplicação de ferramentas Lean no planeamento de obras* (Dissertação de mestrado). Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Oliveira, 2011. *Definição do Modelo de Planeamento de Produção de uma empresa de Construção Civil*. Consultado em abril de 2015. Disponível em <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60410/1/000146131.pdf>
- Parreira, J. P. de C. (2013). *Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção – um caso de estudo* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Paulo, J. A. (1997). *Gestão Integrada do Tempo e do Custo - Uma contribuição para a gestão de projetos de construção em Portugal* (Dissertação de Mestrado). Universidade Aberta, Lisboa.
- Pereira, A. C. M. (2013). *Planeamento de Obra - fatores Preponderantes Que Possibilitem o Controlo de Custos e o cumprimento de Prazos no Final de Obras de Reabilitação* (Tese de Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Pete fowler construction services, inc (2014). *Building information modeling: what is B.I.M..?* Consultado em abril de 2015. Disponível em <http://www.petefowler.com/2014/03/26/building-information-modeling/>.
- Pires, A. S. (2007). *Planejamento de obras rodoviárias Rodoanel - trecho sul - lote 4* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo-Brasil.

Planning Planet. *Asta Powerproject*. Consultado em maio de 2015. Disponível em <http://www.planningplanet.com/groups/491343/asta-powerproject>.

Seppänen, O (2009). *Empirical research on the success of production control in building construction projects*, Department of Structural Engineering and Building Technology, Helsinki University of Technology, Faculty of Engineering and Architecture.

Si Consulting (2014). *Si LB - Software de Linha de Balanço de Produção & Controle de Produção*. Consultado em maio de 2015. Disponível em <http://www.siconsulting.com.br/galerias/galeria02/>.

Sousa, H., & Monteiro, A. (2011). *Linha de Balanço – Uma Nova Abordagem ao Planeamento e Controlo na Construção*, Em 2º Fórum Internacional de Gestão da Construção – GESCON: Sistemas De Informação na Construção. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Souza, L. V. F. de, Volta, C. B., & Magalhães, I. de A. (2014). *Aplicação do método da linha de balanço no planeamento e controlo de obras com atividades repetitivas*. Edição Nº XIII SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS

Teixeira, A. M. C. (2013). *Planeamento da Construção Repetitiva e Não Repetitiva – Caso de Estudo Comparativo* (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

Ten Six Consulting (2012). *The New Microsoft Project 2013*. Consultado em abril de 2015. Disponível em <https://tensix.com/2012/07/the-new-microsoft-project-2013/>.

Vargas, B. H. (2009). *Aplicabilidade do método da linha de balanço em obras industriais: estudo de caso para a obra industrial* (Dissertação de Mestrado). Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Faculdade de Engenharia, Porto Alegre - Brasil.

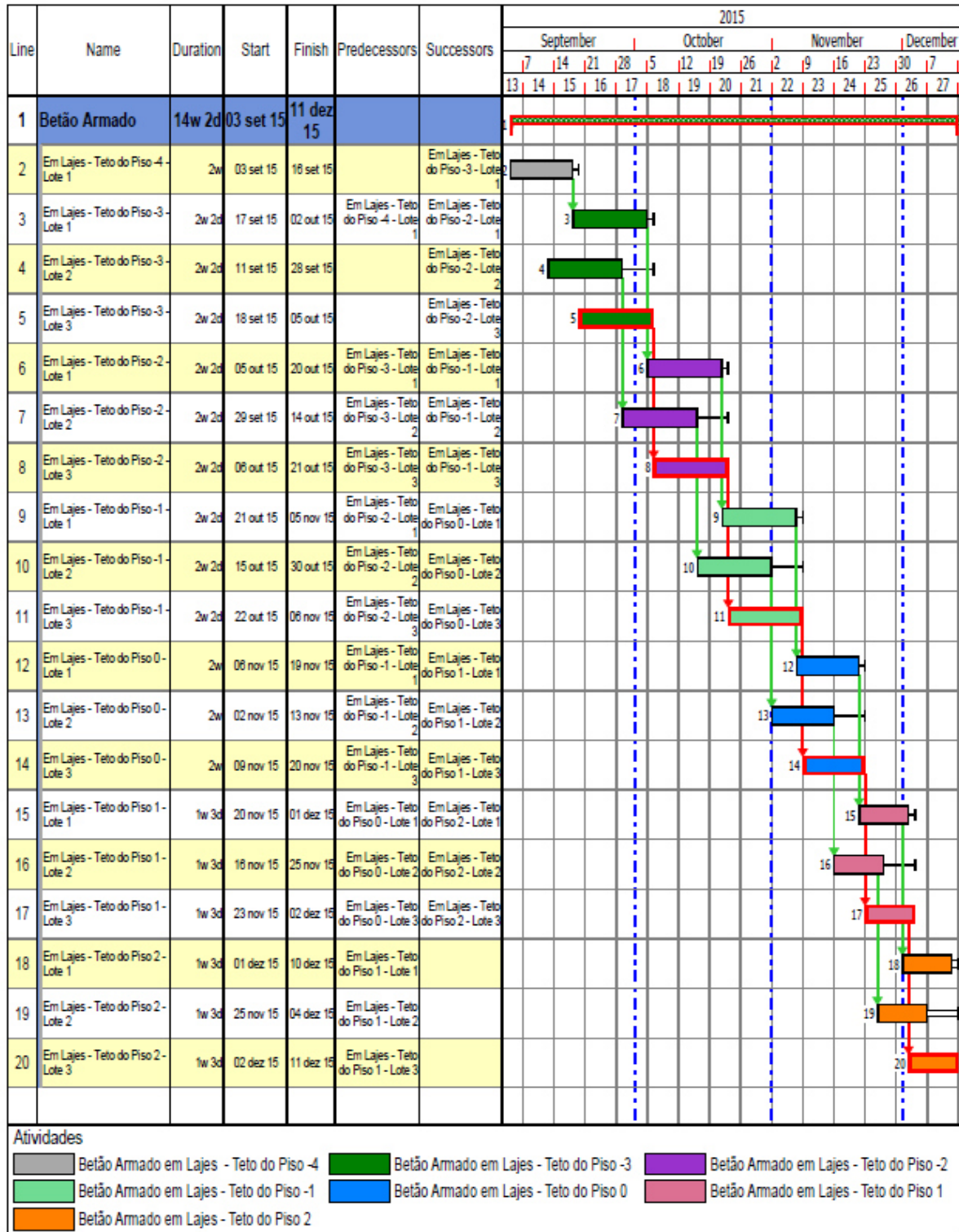
Vargas, C. L. S., & Vargas, L. M. (2012). *Planejamento de atividades repetitivas em obras de construção civil utilizando a técnica da linha de balanço e programas de gerenciamento de projetos: um estudo de caso*. Em XIX Simpósio de Engenharia de produção: Redes globais de suprimentos - desafios e tendências do mundo globalizado. Brasil.

Vico Office Suite. *A Construction-Oriented 5D BIM Environment* Consultado em Disponível em <http://www.siconsulting.com.br/galerias/galeria02/>

Vico Software. *Vico Office Schedule Planner-An Integrated Location-Based Scheduling System with Flowline*. Consultado em maio de 2015. Disponível em <http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-schedule-planner/tabid/225519/>.

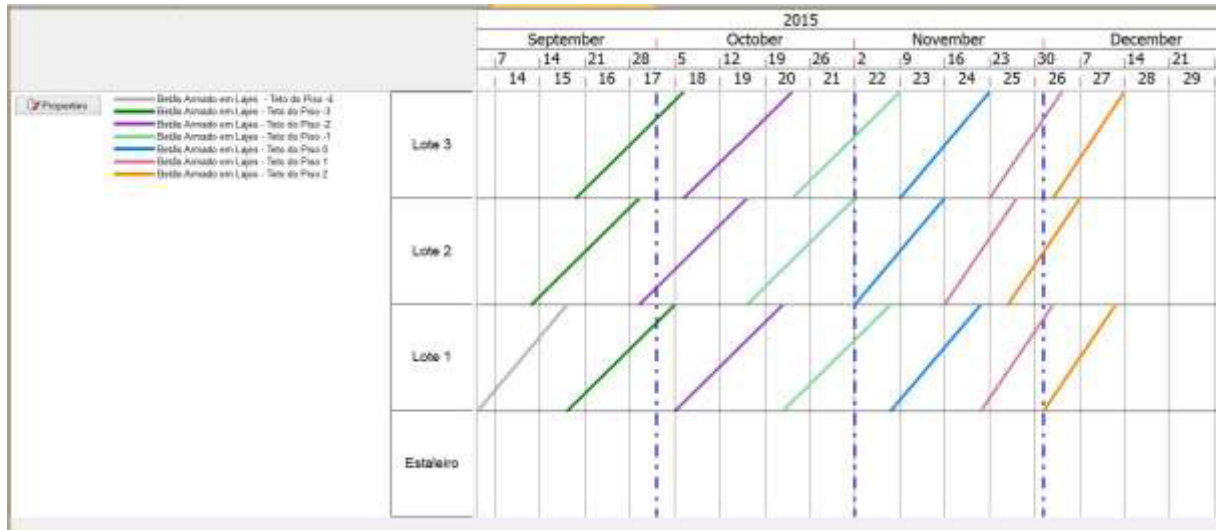
ANEXOS

Anexo A1 – Atividades do caso de estudo e diagrama de GANTT usando o software Asta Powerproject

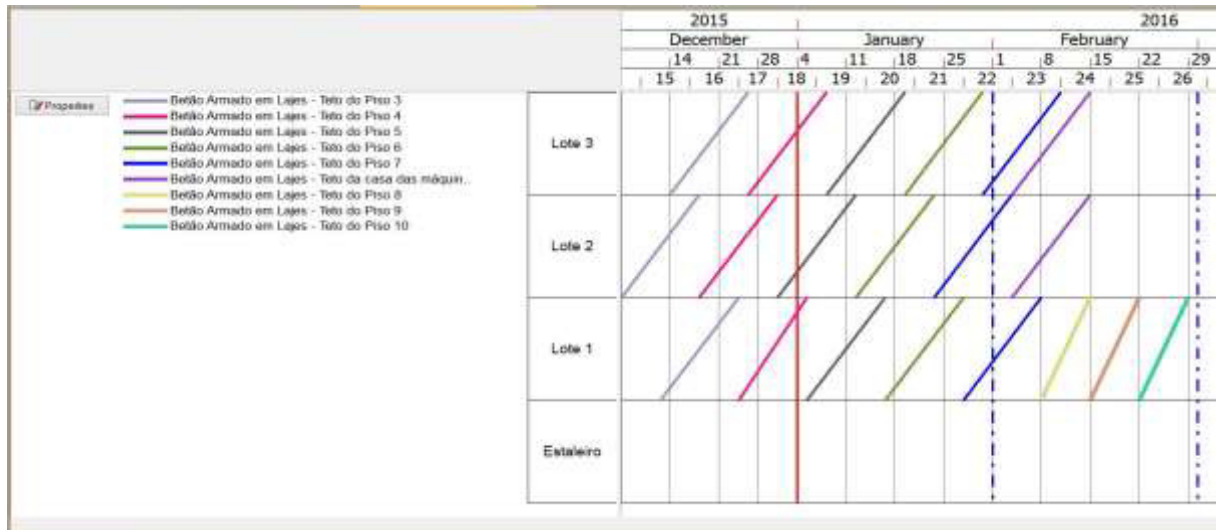


Anexo A2 – Linhas de equilíbrio do caso de estudo obtidas através do software Asta Powerproject

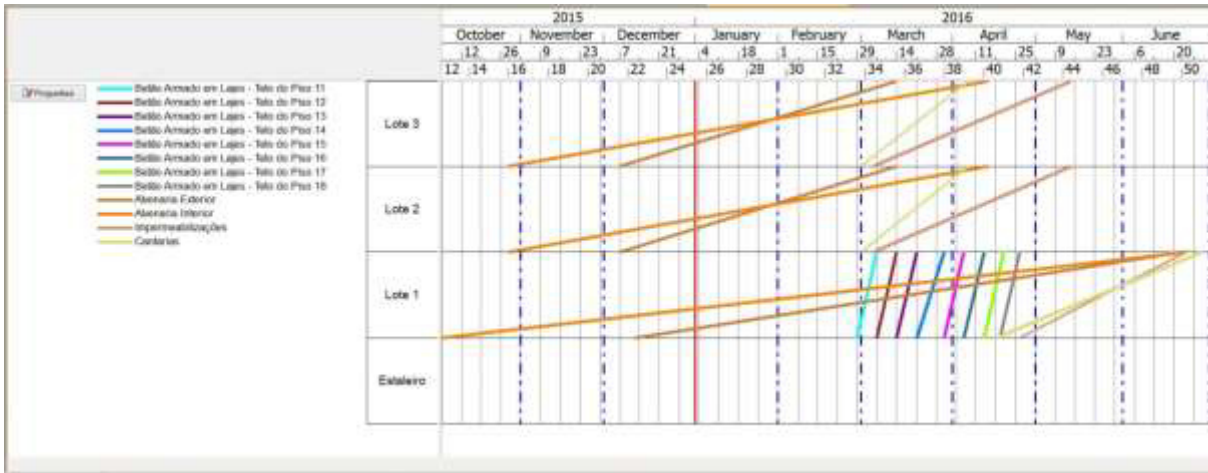
- Caso de Estudo – V02



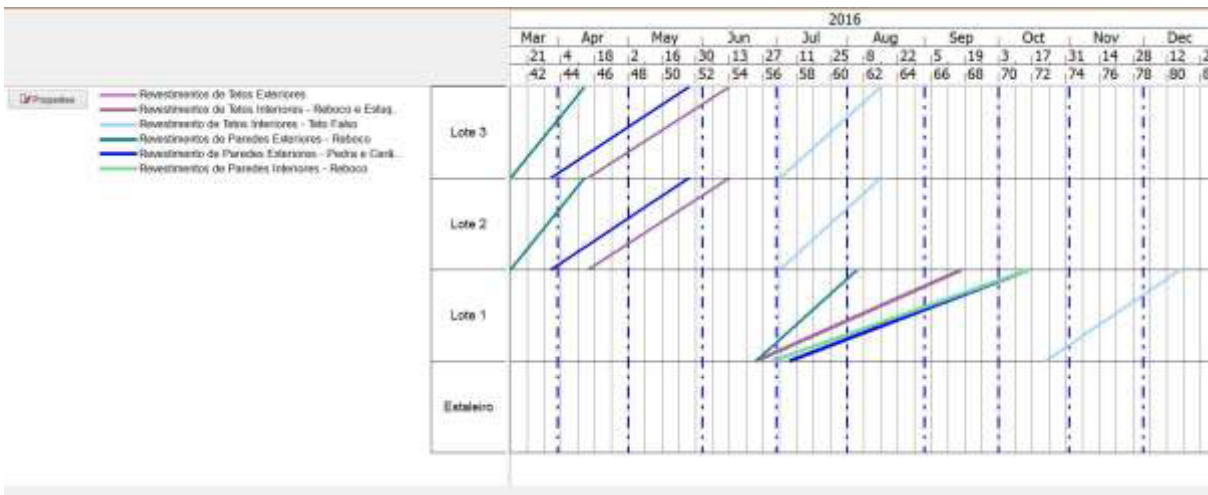
- Caso de Estudo – V03



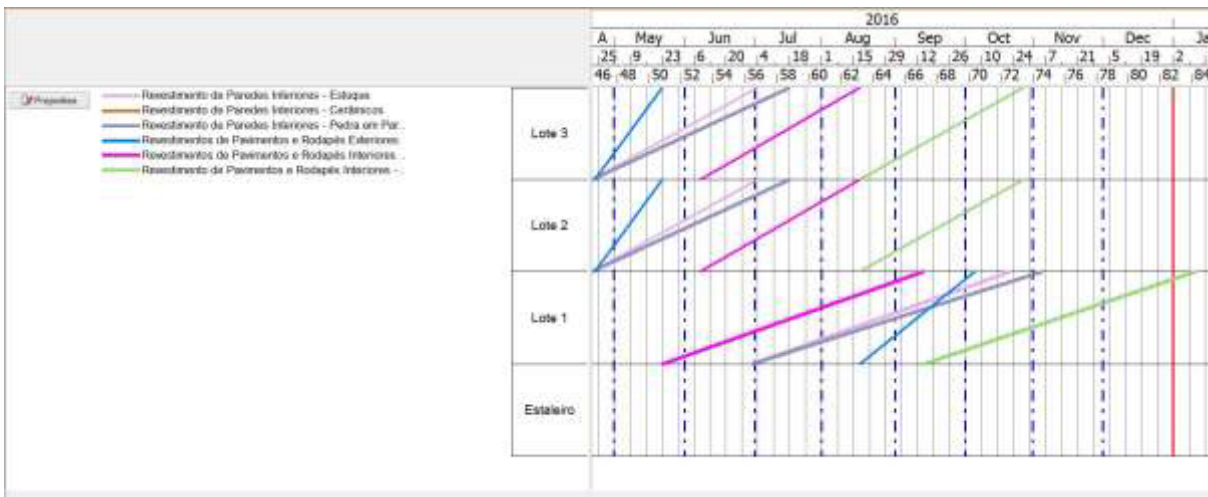
- Caso de Estudo – V04



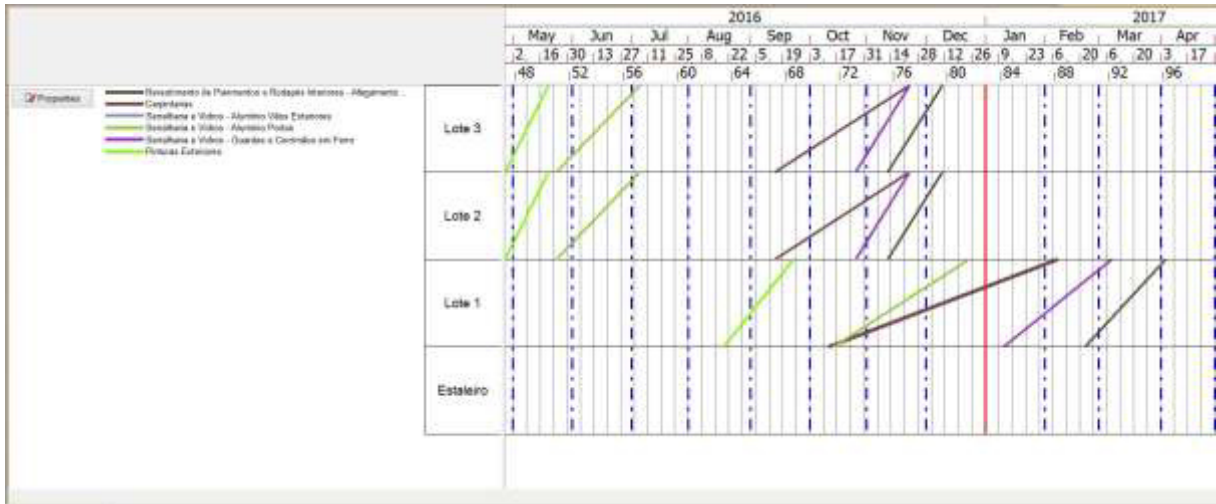
- Caso de Estudo – V05



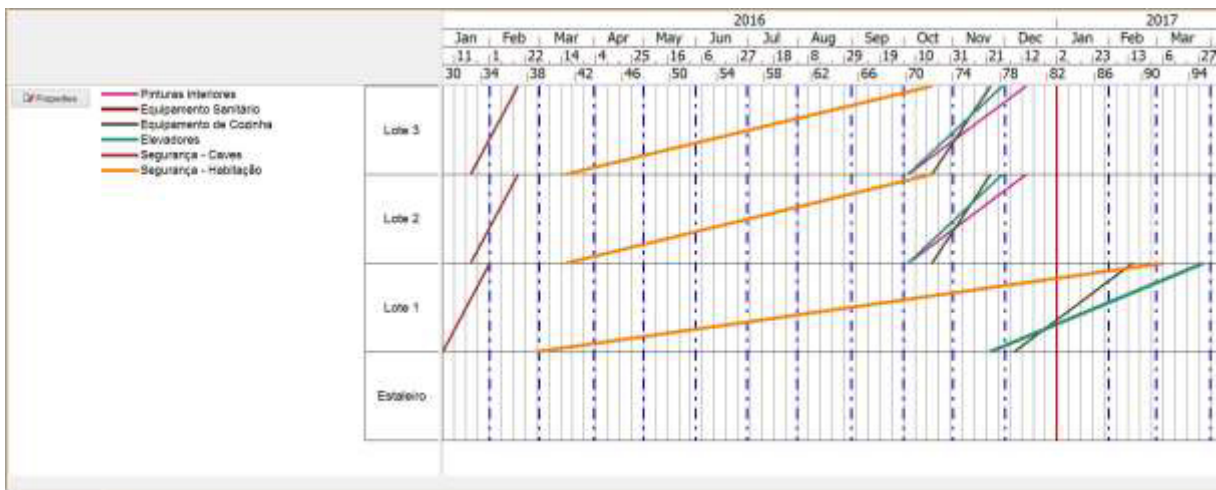
- Caso de Estudo – V06



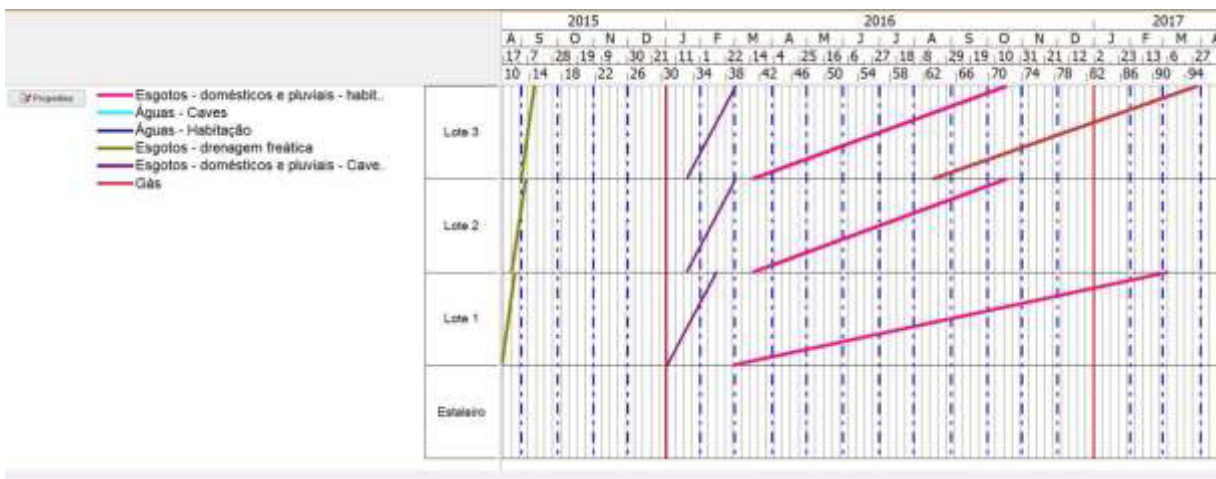
- Caso de Estudo – V07



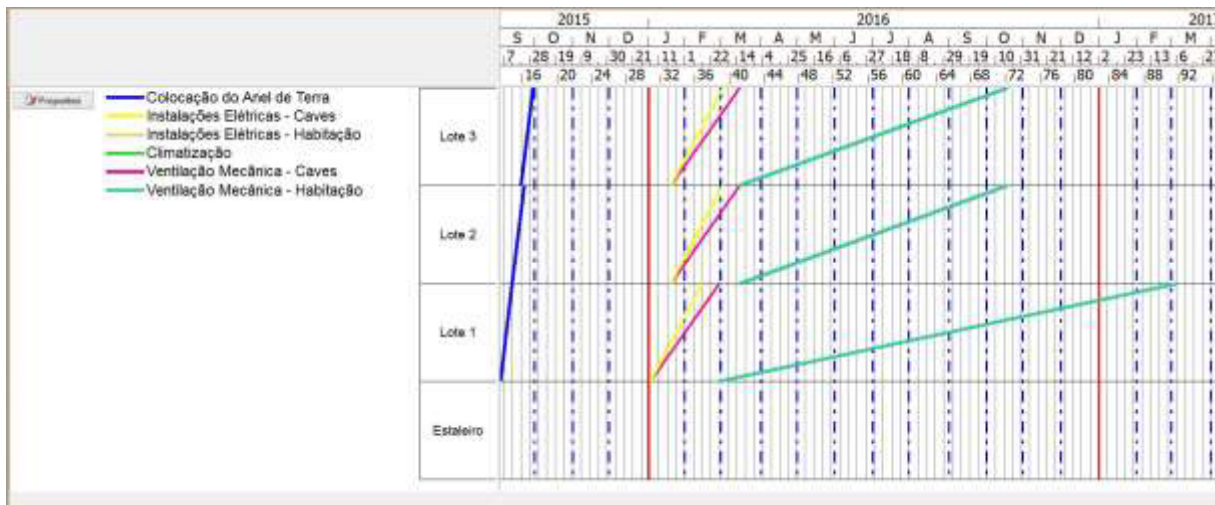
- Caso de Estudo – V08



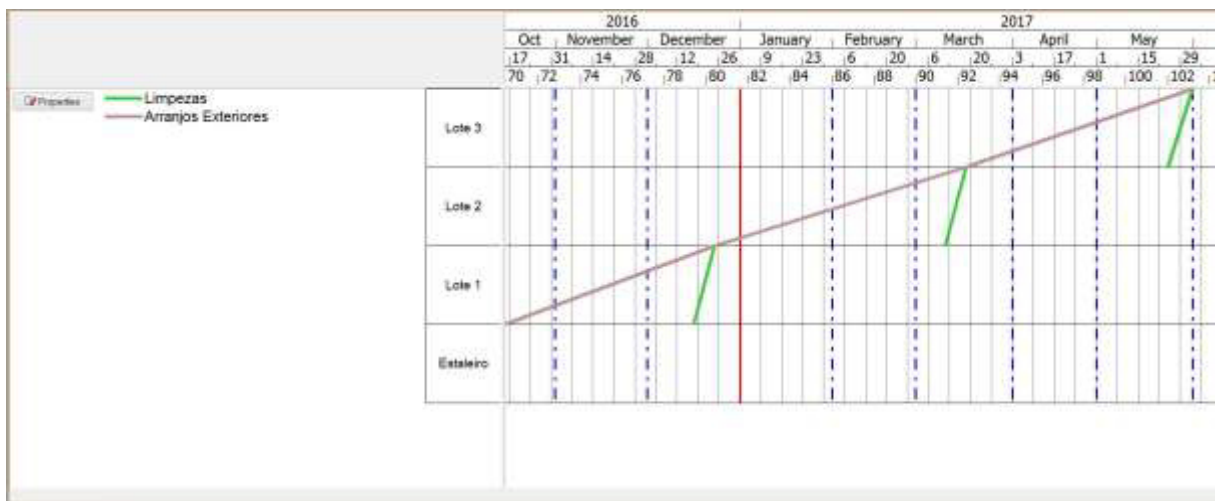
- Caso de Estudo – V09



- Caso de Estudo – V10



- Caso de Estudo – V11



Anexo B1 – Listagem das atividades e respetiva duração do caso de estudo

CONSTRUÇÃO DE 3 EDIFÍCIOS NO PARQUE EXPO, PARCELA 3.13- LOTES1,2,3	480 dias
CONSIGNAÇÃO	1 dia
ESTRUTURA	219 dias
TRABALHOS PREPARATÓRIOS	38 dias
Montagem de Estaleiro	20 dias
Montagem da grua nº 1	2 dias
Montagem da grua nº 2	2 dias
MOVIMENTO DE TERRAS	41 dias
Abertura de caboucos	41 dias
Lote 1	25 dias
Lote 2	10 dias
Lote 3	22 dias
ESTACAS MOLDADAS	45 dias
Condicionamento da Rua dos Argonautas	45 dias
Lote 3	15 dias
PAVIMENTOS TÉRREOS	60 dias
Preparação da base	19 dias
Lote 1	5 dias
Lote 2	5 dias
Lote 3	5 dias
Betonagem	10 dias
Lote 1	5 dias
Lote 2	5 dias
Lote 3	5 dias
BETÃO ARMADO	202 dias
Em Sapatas	36 dias
Lote 1	22 dias
Lote 2	12 dias

Lote 3	22 dias
Em Lajes	167 dias
Teto do piso -4	10 dias
Lote 1	10 dias
Teto do piso -3	17 dias
Lote 1	12 dias
Lote 2	12 dias
Lote 3	12 dias
Teto do piso -2	17 dias
Lote 1	12 dias
Lote 2	12 dias
Lote 3	12 dias
Teto do piso -1	17 dias
Lote 1	12 dias
Lote 2	12 dias
Lote 3	12 dias
Teto do piso 0	15 dias
Lote 1	10 dias
Lote 2	10 dias
Lote 3	10 dias
Teto do piso 1	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Teto do piso 2	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Teto do piso 3	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias

Lote 3	8 dias
Teto do piso 4	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Teto do piso 5	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Teto do piso 6	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Teto do piso 7	13 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Teto da casa das máquinas	8 dias
Lote 2 (conclusão da estrutura)	8 dias
Lote 3 (conclusão da estrutura)	8 dias
Teto do piso 8 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 9 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 10 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 11 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 12 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 13 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 14 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 15 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 16 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 17 (Lote1)	5 dias
Teto do piso 18 (Lote1) (conclusão da estrutura)	5 dias

ARQUITETURA	370 dias
ALVENARIAS	370 dias
Exteriores	125 dias
Lote 1	124 dias
Lote 2	60 dias
Lote 3	60 dias
Interiores (incluindo caves)	174 dias
Lote 1	174 dias
Lote 2	109 dias
Lote 3	109 dias
COBERTURAS/TERRAÇOS E FLOREIRAS	291 dias
Impermeabilizações	73 dias
Lote 1	40 dias
Lote 2	47 dias
Lote 3	47 dias
CANTARIAS	100 dias
Capeamentos e vãos exteriores	100 dias
Lote 1	50 dias
Lote 2	25 dias
Lote 3	25 dias
REVESTIMENTO DE TETOS	190 dias
Exteriores	95 dias
Lote 1	30 dias
Lote 2	20 dias
Lote 3	20 dias
Interiores	179 dias
Rebocos e estuques	114 dias
Lote 1	60 dias
Lote 2	40 dias
Lote 3	40 dias
Teto Falso	124 dias

Lote 1	40 dias
Lote 2	30 dias
Lote 3	30 dias
REVESTIMENTO DE PAREDES	160 dias
Exteriores	145 dias
Reboco	95 dias
Lote 1	30 dias
Lote 2	20 dias
Lote 3	20 dias
Pedra e cerâmicos (incluindo reboco)	135 dias
Lote 1	70 dias
Lote 2	40 dias
Lote 3	40 dias
Interiores	144 dias
Reboco	129 dias
Lote 1	75 dias
Lote 2	50 dias
Lote 3	50 dias
Estuque	134 dias
Lote 1	80 dias
Lote 2	50 dias
Lote 3	50 dias
Cerâmicos	144 dias
Lote 1	90 dias
Lote 2	60 dias
Lote 3	60 dias
Pedra em paredes	144 dias
Lote 1	90 dias
Lote 2	60 dias
Lote 3	60 dias
REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS E RODAPÉS	211 dias

Exteriores	61 dias
Lote 1	35 dias
Lote 2	20 dias
Lote 3	20 dias
Interiores	210 dias
Betonilhas	80 dias
Lote 1	80 dias
Lote 2	50 dias
Lote 3	50 dias
Revestimento	94 dias
Lote 1	75 dias
Lote 2	50 dias
Lote 3	50 dias
Afagamento e Envernizamento das madeiras	84 dias
Lote 1	30 dias
Lote 2	20 dias
Lote 3	20 dias
CARPINTARIAS	94 dias
Portas e Armários	94 dias
Lote 1	75 dias
Lote 2	50 dias
Lote 3	50 dias
SERRALHARIAS E VIDROS	196 dias
Alumínio	95 dias
Vãos Exteriores	95 dias
Lote 1	50 dias
Lote 2	30 dias
Lote 3	30 dias
Portas	95 dias
Lote 1	50 dias
Lote 2	30 dias

Lote 3	30 dias
Guardas e Corrimãos em Ferro	84 dias
Lote 1	40 dias
Lote 2	20 dias
Lote 3	20 dias
PINTURAS	231 dias
Exteriores	100 dias
Lote 1	25 dias
Lote 2	15 dias
Lote 3	15 dias
Interiores	114 dias
Lote 1	80 dias
Lote 2	50 dias
Lote 3	50 dias
EQUIPAMENTO SANITÁRIO	74 dias
Lote 1	40 dias
Lote 2	25 dias
Lote 3	25 dias
EQUIPAMENTO DE COZINHAS	74 dias
Lote 1	40 dias
Lote 2	25 dias
Lote 3	25 dias
INSTALAÇÕES ESPECIAIS	405 dias
ELEVADORES	114 dias
Lote 1	80 dias
Lote 2	40 dias
Lote 3	40 dias
SEGURANÇA	290 dias
Caves	31 dias
Lote 1	20 dias
Lote 2	20 dias

Lote 3	20 dias
Habitação	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias
Lote 3	150 dias
ÁGUAS	290 dias
Caves	41 dias
Lote 1	30 dias
Lote 2	30 dias
Lote 3	30 dias
Habitação	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias
Lote 3	150 dias
ESGOTOS	385 dias
Drenagem Freática	22 dias
Lote 1	8 dias
Lote 2	8 dias
Lote 3	8 dias
Domésticos e Pluviais	290 dias
Caves	41 dias
Lote 1	30 dias
Lote 2	30 dias
Lote 3	30 dias
Habitação	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias
Lote 3	150 dias
GÁS	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias

Lote 3	150 dias
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	372 dias
Caves	41 dias
Lote 1	30 dias
Lote 2	30 dias
Lote 3	30 dias
Habitação	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias
Lote 3	150 dias
Anel de Terra	20 dias
CLIMATIZAÇÃO	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias
Lote 3	150 dias
VENTILAÇÃO MECÂNICA	290 dias
Caves	51 dias
Lote 1	40 dias
Lote 2	40 dias
Lote 3	40 dias
Habitação	250 dias
Lote 1	250 dias
Lote 2	150 dias
Lote 3	150 dias
LIMPEZAS	15 dias
ARRANJOS EXTERIORES	151 dias

Anexo C1 – Atividades do caso de estudo com a respetiva mão de obra e consumo

CONSTRUÇÃO DE 3 EDIFÍCIOS NO PARQUE EXPO, PARCELA 3.13- LOTES1,2,3	Custo (€)	Duração (dias)	Recursos Calculados (€/5000)	Adotados	Quantidades	Horas	Consumo
Trabalhos Preparatórios	125 705,25	38	25	25	15	7600	506,7
Abertura de caboucos	19 113,95	41	4	4	15	1312	87,5
Estacas Moldadas	21 035,82	45	4	4	15	1440	96,0
Preparação da base	33 088,36	19	7	7	3	1064	354,7
Betonagem	51 914,82	10	10	10	3	800	266,7
Betão Armado Em Sapatas	124 374,91	36	25	25	3	7200	2400,0
Betão Armado Em Lajes	2 632 075,30	167	526	25	49	33400	681,6
Alvenarias Exteriores	224 404,72	125	45	45	37	45000	1216,2
Alvenarias Interiores (incluindo caves)	470 241,88	174	94	45	24	62640	2610,0
Impermeabilizações	159 345,85	73	32	32	49	18688	381,4
Cantarias - Capeamentos e vãos exteriores	438 859,01	100	88	44	37	35200	951,4
Revest. Tetos Exteriores	30 575,70	95	6	15	25	11400	456,0
Revest. Tetos Interiores - Rebocos e estuques	105 560,50	114	21	15	25	13680	547,2
Revest. Tetos Interiores -Tecto Falso	61 239,58	124	12	15	25	14880	595,2
Revest. Paredes Exteriores - Reboco	21 559,70	95	4	15	24	11400	475,0
Revest. Paredes Exteriores - Pedra e Cerâmicos (incluindo reboco)	307 736,05	135	62	15	24	16200	675,0

Revest. Paredes Interiores - Reboco	153 417,24	129	31	15	24	15480	645,0
Revest. Paredes Interiores - Estuque	207 700,13	134	42	15	24	16080	670,0
Revest. Paredes Interiores - Cerâmicos	192 149,05	144	38	15	18	17280	960,0
Revest. Paredes Interiores - Pedra em paredes	509 126,01	144	102	15	18	17280	960,0
Revest. Pavimentos Exteriores	61 802,92	61	12	15	18	7320	406,7
Revest. Pavimentos Interiores - Betonilhas	88 455,17	80	18	15	24	9600	400,0
Revest. Pavimentos Interiores - Revestimento	847 012,42	94	169	15	24	11280	470,0
Revest. Pavimentos Interiores - Afangamento e Envernizamento das madeiras	0,00	84	0	15	18	10080	560,0
Carpintaria - Portas e Armários	789 341,23	94	158	10	18	7520	417,8
Serralharia Alumínio - Vãos Exteriores	423 488,76	95	85	10	18	7600	422,2
Serralharia Alumínio - Portas	134 352,91	95	27	10	24	7600	316,7
Serralharia - Guardas e Corrimãos em Ferro	76 111,23	84	15	10	24	6720	280,0
Pinturas Exteriores	28 668,79	100	6	15	18	12000	666,7
Pinturas Interiores	266 838,47	114	53	15	24	13680	570,0
Equipamento Sanitário	373 527,09	74	75	10	18	5920	328,9
Equipamento de Cozinhas	1 015 118,11	74	203	10	18	5920	328,9
Elevadores	308 626,29	114	62	10	24	9120	380,0

Segurança	119 853,65	250	62	10	24	20000	833,3
Águas	448 745,53	250	73	10	24	20000	833,3
Esgotos Drenagem Freática	10 137,96	22	2	10	1	1760	1760,0
Esgotos Domésticos e Pluviais	206 014,00	250	37	10	24	20000	833,3
Gás	59 577,86	250	12	10	18	20000	1111,1
Instalações Elétricas	1 433 476,02	250	256	10	24	20000	833,3
Anel de Terra	0,00	20	0	10	1	1600	1600,0
Climatização	879 100,41	250	176	10	18	20000	1111,1
Ventilação Mecânica	332 810,42	250	53	10	24	20000	833,3
Limpezas	0,00	15	0	15	1	1800	1800,0
Arranjos Exteriores	49 358,54	151	10	15	1	18120	18120,0

Anexo D1 – Atividades do projeto inicial representadas através de linhas de equilíbrio no software Vico

