

APLICAÇÃO DO MÉTODO DA LINHA DE BALANÇO NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS COM ATIVIDADES REPETITIVAS

Leonardo Viana Frugoni de Souza*

Cláudia Becker Volta*

Iara de Araújo Magalhães*

Resumo

Este trabalho apresenta a técnica da Linha de Balanço (LDB) como ferramenta para a programação de projetos que apresentam algum conjunto de atividades, denominado de unidade básica, que serão repetidas por diversas vezes até a conclusão da obra. O uso da metodologia da LDB vem crescendo no Brasil devido a suas vantagens no planejamento e controle das atividades, em relação a outras formas de programação. O trabalho aborda também as etapas para aplicação da LDB, desde a determinação da unidade básica até a construção efetivamente das linhas. No final do trabalho é realizado o dimensionamento das LDB para um empreendimento residencial, através da programação balanceada paralela e não paralela, demonstrando a diferença entre elas.

Palavra-chave: Metodologia; Programação; Planejamento.

Abstract

This paper presents the technique of Line of Balance (LDB) as a tool for programming projects that have some set of activities, called the basic unit, which will be repeated several times until the completion of the work. Using the methodology of the LDB is growing in Brazil due to its advantages in planning and controlling the activities in relation to other forms of programming. The paper also discusses the steps for implementing LDB, since the determination of the unit until the construction of the lines effectively. At the end of the design work of the LDB for a residential development is accomplished through the parallel and non-parallel balanced programming, demonstrating the difference between them.

Keywords: Methodology; Programming; Planning.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta o conceito da Linha de Balanço (LDB), uma técnica de planejamento e controle utilizada na construção civil em projetos que apresentam características lineares, ou seja, aqueles em que certa unidade básica será executada diversas vezes durante a obra.

A grande vantagem da Linha de Balanço é sua facilidade de manuseio principalmente no canteiro de obras, por ser uma ferramenta extremamente gráfica capaz de fornecer informações claras e objetivas de simples compreensão. Através do gráfico (Figura 1) é possível saber qual atividade está sendo executada e onde ela está sendo desenvolvida em determinado dia.

* Graduado em Engenharia Civil (Unifacs). E-mail: leovfrugoni@gmail.com.

* Orientadora. Graduada em Administração de Empresas, Especialista em Gestão de Projetos (FGV), professora do curso de Engenharia Civil (Unifacs). E-mail: claudia.volta@pro.unifacs.br

* Co-Orientadora. Graduada em Urbanismo (UNEB), Especialista em Docência do Ensino Superior (Famettig), professora do curso de Engenharia Civil (Unifacs). E-mail: iara.magalhaes@pro.unifacs.br.

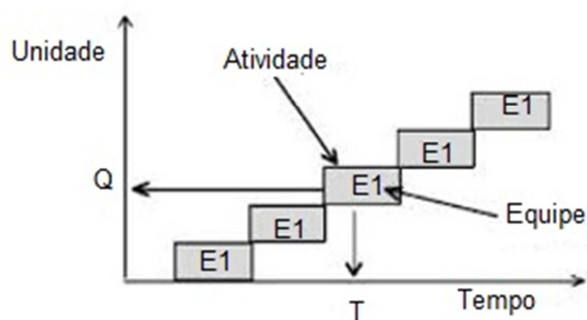


Figura 1 - Informações do Diagrama da Linha de Balanço

Fonte: Mendes Junior (1999)

Essa metodologia vem sendo aplicada nos Estados Unidos e Europa, principalmente em projetos de conjuntos habitacionais, para acelerar a execução a partir da melhor utilização da mão de obra. A LDB já mostrou ser eficiente na construção de estradas, metrô e edifícios com múltiplos pavimentos. No Brasil, a LDB ainda é pouco utilizada e conhecida. O principal fator que colabora para a não utilização dessa metodologia, além da falta de conhecimento, é a ausência de um software brasileiro capaz de facilitar a sua elaboração.

A realização desse projeto visa demonstrar o funcionamento do método da LDB, assim como torná-lo um pouco mais conhecido entre os profissionais da área de engenharia a partir da publicação de um artigo, trazendo suas vantagens e desvantagens em relação a outras técnicas quando se tratando de obras com atividades repetitivas.

2 LINHA DE BALANÇO

A LDB é uma técnica eficaz no planejamento e controle de projetos com atividades repetitivas. Estradas, túneis, obras de redes de água ou esgoto, conjuntos habitacionais e edifícios com múltiplos pavimentos são considerados projetos de construções lineares (horizontal ou verticalmente), que são caracterizados por ter tarefas iguais que serão executadas repetidamente por um longo período da obra.

Segundo Maziero (1990), os projetos repetitivos são constituídos por unidades básicas, as quais são determinadas dividindo o projeto em seções que possuam características semelhantes, que serão repetidas até a conclusão da obra.

Tomando como base um empreendimento com múltiplos pavimentos, podemos exemplificar a unidade básica como sendo o pavimento, ou até mesmo cada apartamento. No caso de estradas ou linhas metroviárias, a unidade de repetição pode ser o km.

Tendo as unidades básicas definidas, devem-se seccionar os processos que serão repetidos em cada unidade; que no caso de um edifício de múltiplos pavimentos podem incluir: levantamento de alvenaria, revestimento das paredes, colocação de esquadrias e portas e pinturas (PRADO, 2002).

2.1 HISTÓRICO DA LINHA DE BALANÇO

A técnica da LDB foi criada pela Goodyear Tire & Rubber Company em 1941, nos Estados Unidos. Durante a Segunda Guerra Mundial se desenvolveu ainda mais, sendo aplicada no planejamento e controle da produção da Marinha dos Estados Unidos (MATTOS, 2010).

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, a Linha de Balanço passou a estar presente nos projetos de construção civil com o propósito de auxiliar a programação da construção de conjuntos habitacionais, principalmente nas cidades européias que haviam sido devastadas pela guerra, onde havia a necessidade de acelerar tais construções (PRADO, 2002).

O método da Linha de Balanço chegou ao Brasil nas décadas de 70 e 80 para contribuir no planejamento de conjuntos habitacionais populares. Como a técnica não foi muito difundida, a sua utilização hoje em dia é pequena, devido a fatores como não ter pleno conhecimento acerca da Linha de Balanço e da inexistência de softwares brasileiros. No Brasil, a técnica é executada através de planilhas eletrônicas no Excel for Windows.

2.2 TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO

A técnica da Linha de Balanço, também conhecida por Diagrama de Tempo-Caminho, consiste fundamentalmente em traçar linhas num eixo cartesiano, sendo cada linha correspondente a uma atividade (Figura 2). No eixo das abscissas marca-se o tempo e no eixo das ordenadas as unidades básicas. Essas linhas apresentarão certa declividade, que corresponderá ao seu ritmo de execução (LIMMER, 2013).

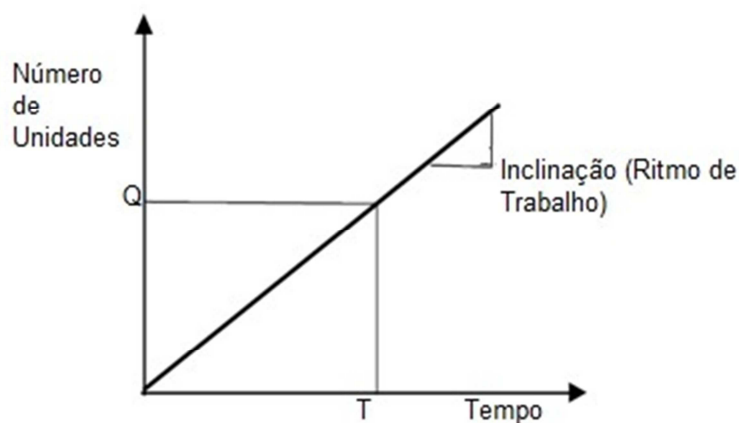


Figura 2 - Linha de Balanço Conceitual

Fonte: Mendes Junior (1999)

A metodologia da LDB é baseada na premissa de que as atividades serão executadas linearmente durante o projeto. Ou seja, a produtividade de cada serviço será única no decurso de todo o andamento da obra. A inclinação das linhas caracteriza a produtividade, dessa forma quanto mais íngreme for a reta maior será a produtividade (MATTOS, 2010).

De acordo com Limmer (2013) o ritmo de andamento de cada atividade pode ser prefixado ou calculado levando em consideração a quantidade de serviço a ser executado, os índices de produtividade e a mão de obra que será disponibilizada.

Admitindo um pavimento como a unidade básica de determinado projeto, serão traçadas linhas representando, por exemplo, levantamento de alvenaria, reboco, pintura, colocação de esquadria e instalação de porta de madeira. No entanto, devido ao fato do ritmo entre as atividades ser diferente haverá interferências de algumas atividades em outras, o que na maioria das vezes não condiz com a realidade de execução, já que determinados serviços dependem que outros já tenham sido executados anteriormente.

Segundo Mendes Junior (1999), o desbalanceamento de ritmos de produção acontece quando a curva de produção de um processo intercepta a curva de um ou mais processos posteriores devido à diferença de inclinação entre as linhas e pela abertura no tempo (buffer) insuficiente (Figura 3).

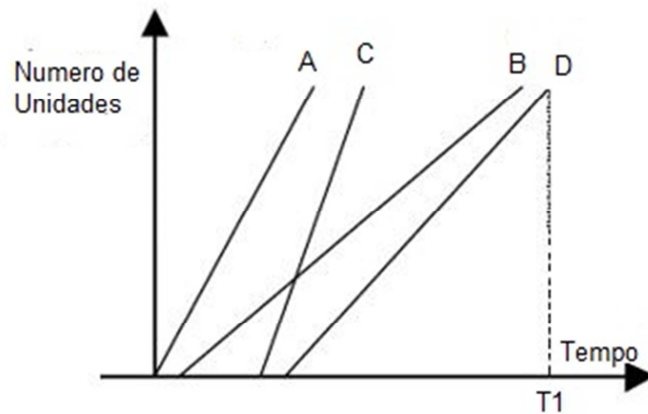


Figura 3 - Linha de Balanço teórica

Fonte: Mendes Junior (1999)

Levando em consideração duas curvas representando processos consecutivos (Figura 4), a distância horizontal entre elas representa um tempo de abertura (time buffer) ou a defasagem naquela unidade. Já a distância vertical corresponde a uma espera (stage buffer), ou seja, número de unidades básicas na fila entre os processos, aguardando o início das tarefas (MENDES JUNIOR, 1999).

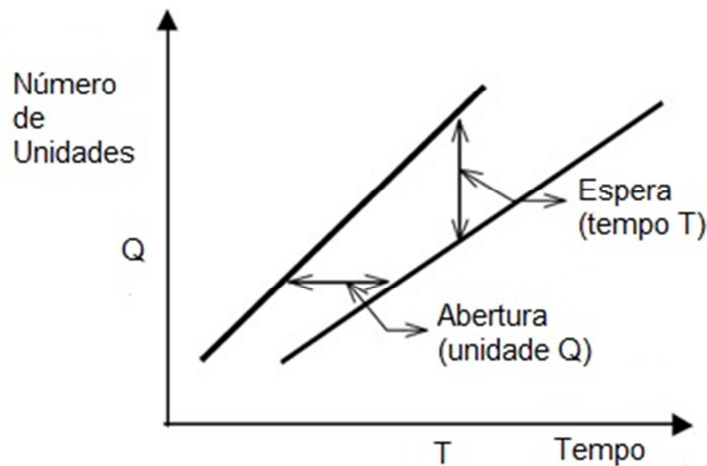


Figura 4 - Linha de Balanço conceitual para duas atividades

Fonte: Mendes Junior (1999)

A programação das atividades deve ser preferencialmente executada sem que haja qualquer interseção de retas, pois tais interferências são as principais causas das paradas nas atividades, motivando ociosidade nas equipes, utilização ineficiente de equipamentos e atraso no prazo final de obras, levando, conseqüentemente, a um aumento no valor do projeto. Para

evitar problemas relacionados à interposição indesejada das linhas é normalmente realizado o balanceamento das atividades.

O principal objetivo do balanceamento das operações é executar todas as atividades ininterruptamente e com o menor tempo possível. Para isso existem duas possibilidades:

- Mudar o ritmo das atividades a partir do número de operários que executarão a tarefa com o objetivo de atingir uma programação paralela;
- Mudar a data de início das atividades, eliminando assim folgas e gargalos indesejáveis causados pela programação não paralela.

No caso de uma programação paralela, levando em conta o exemplo da Figura 3, o ritmo das atividades B e D podem ser acelerados, ficando próximo aos das atividades A e C, ou então diminuir o ritmo das atividades A e C, com o intuito de que estas atividades tenham ritmo parecido com as tarefas B e D (Figura 5). A decisão sobre a melhor solução a se adotar leva em conta fatores além da duração total das atividades, tais como disponibilidade de recursos e custos (MENDES JUNIOR, 1999).

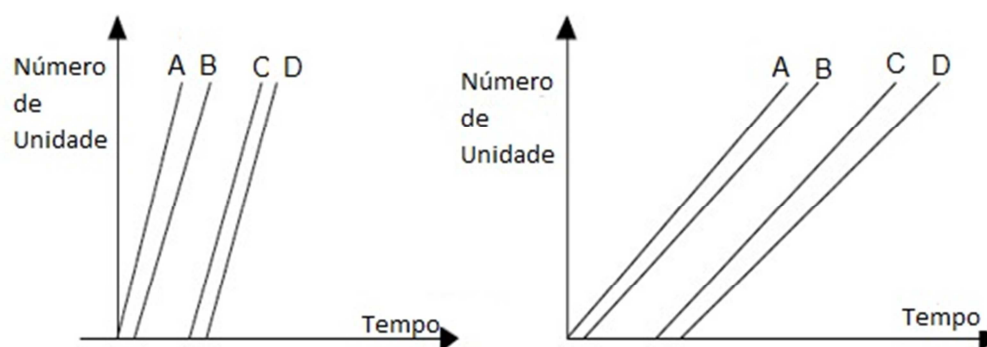


Figura 5 - Balanceamento das atividades com programação paralela

Fonte: Mendes Junior (1999)

De acordo com Mattos (2010), muitas vezes esse tipo de programação não é possível, já que, em alguns casos, se torna impraticável alocar equipes muito numerosas ou reduzidas, para atender a “velocidade” desejada.

Para o caso da programação não paralela ou de atividades consecutivas com “velocidades” diferentes, Mattos (2010) diz que se o ritmo da atividade A for maior que o de sua sucessora B, está poderá ser vinculada pela base com sua atividade predecessora, sendo iniciada logo após a primeira unidade da atividade A. Sendo o ritmo da tarefa A menor que o

de sua sucessora B, está poderá ser vinculada pelo topo, admitindo inicialmente a sua data final para então chegar à data inicial (Figura 6).

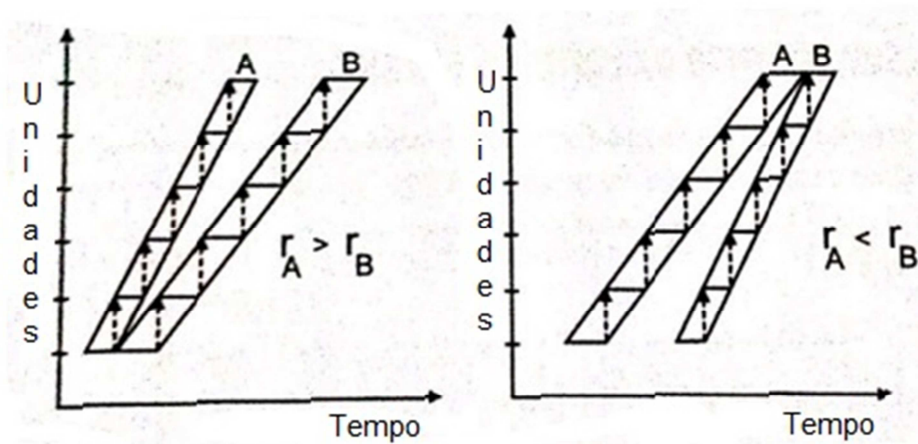


Figura 6 - Balanceamento de atividades consecutivas com ritmos diferentes

Fonte: Mattos (2010)

Para o exemplo da Figura 3, teríamos o seguinte diagrama (Figura 7).

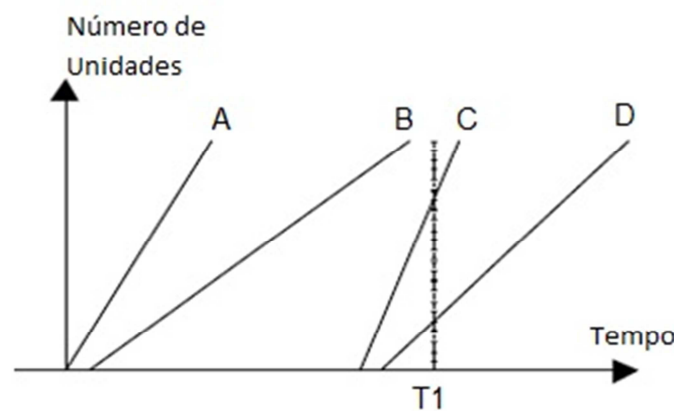


Figura 7 - Balanceamento das atividades com programação não paralela

Fonte: Mendes Junior (1999)

Uma característica muito importante no planejamento de projetos, que difere a programação paralela da não paralela é que, na programação paralela, o período de utilização das equipes é mais uniforme seguindo a forma trapezoidal, o que já foi comprovado ser mais eficaz (MENDES JUNIOR, 1999) (Figura 8).

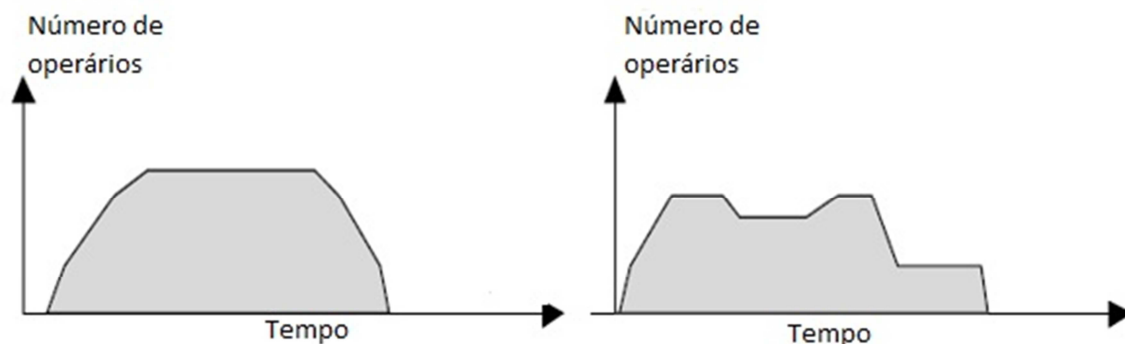


Figura 8 - Distribuição da mão de obra - Atividades paralelas e não paralelas respectivamente

Fonte: Mendes Junior (1999)

Devido ao fato de nas LDB com atividades não paralelas existirem folgas maiores, os desvios de programação que podem ser causados pelo atraso de alguma tarefa, por exemplo, são mais aceitáveis, pois as aberturas entre atividades permitem correções de ritmo de produção sem afetar demasiadamente nas atividades sucessoras.

A utilização da metodologia de LDB está se tornando cada vez mais conhecida, devido a suas vantagens em relação a outras ferramentas de planejamento quando se tratando de projetos com atividades repetitivas. Algumas das principais vantagens são:

- Fornece clareza e simplicidade de representação, facilitando a transmissão de informação dentro do canteiro de obras.
- O acompanhamento do que está sendo produzido dia-a-dia é simplificado a partir da execução do gráfico Previsto x Realizado (Figura 9).

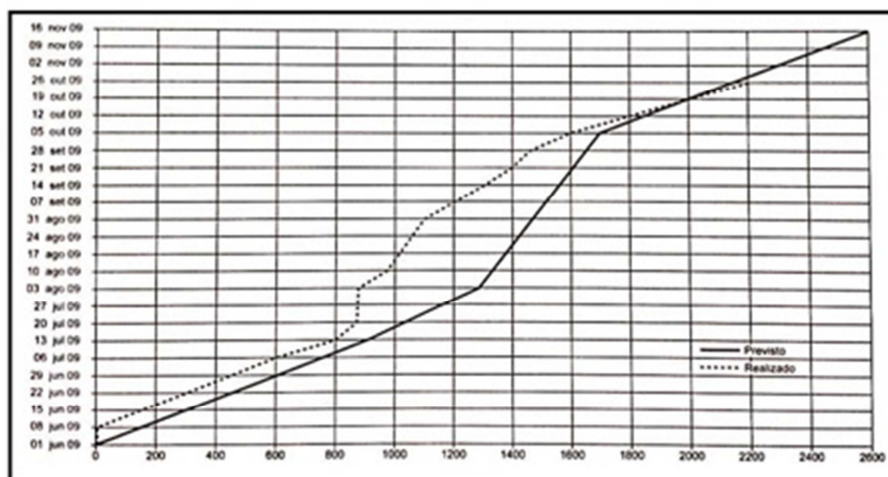


Figura 9 - Gráfico Previsto x Realizado

Fonte: Mattos (2010)

- Com base no gráfico Previsto x Realizado, tem-se uma visualização imediata dos serviços que desviam da programação inicial e suas possíveis influências nas demais etapas da obra (MAZIERO, 1990).
- Aumento da produtividade a partir do caráter repetitivo das atividades a serem desenvolvidas.
- Organização do plano de ataque à obra, fornecendo informações importantes referentes à utilização de equipamentos, contratação de mão de obra e compra de insumos.

No entanto, a técnica da LDB também apresenta algumas limitações tais como a consideração de que a produção das unidades é linear, o que na prática pode ser uma avaliação errada, a falta de softwares nacionais para auxiliar na montagem do diagrama e a falta de especialização dos operários, tornando-os conhecedores apenas das tarefas que por eles serão executadas.

2.3 ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

A aplicação da técnica da LDB é realizada a partir de tomadas de decisões táticas, que originam os principais fatores intervenientes na programação da construção, fazendo necessário o conhecimento de informações como quantidade de serviços a executar e produtividade da mão de obra disponível, a fim de calcular a demanda de mão de obra para que o serviço seja executado no prazo estabelecido (GIARETTA, 2006).

O método é realizado através dos passos apresentados a seguir:

2.3.1 Determinação da unidade básica

A determinação da unidade básica de um projeto que irá utilizar a programação através da metodologia da LDB é de extrema importância, pois essa unidade será o conjunto de tarefas que serão repetidos durante o projeto.

De acordo com Maziero (1990), a determinação da unidade básica depende da dimensão do problema, já que adotando a menor unidade repetitiva a programação pode se tornar bastante minuciosa, sendo interessante considerar um grupo delas. Por exemplo, num conjunto habitacional de casas ou de blocos de edifícios pode-se adotar a quadra (casas) ou bloco (edifícios) como unidade básica.

2.3.2 Determinação das atividades envolvidas para execução de uma unidade básica

A unidade básica será composta por diversos serviços que deverão ser executados para que esta seja finalizada. A LDB será atribuída a essas atividades. Para o exemplo de conjuntos habitacionais, pode-se considerar como atividades envolvidas em uma unidade básica a fundação, alvenaria, instalação, revestimento e cobertura.

2.3.3 Construção da rede lógica

Tendo os serviços correspondentes à execução de uma unidade básica determinados, devem ser analisadas as relações de dependência, assim como o desenvolvimento lógico em obra, com o objetivo de criar uma rede de atividades que satisfaça as necessidades lógicas do projeto, determinadas pelos serviços predecessores e antecessores (MAZIERO, 1990).

2.3.4 Determinação das equipes e do tempo necessário para a execução de cada atividade

A determinação das equipes necessárias e durações para a execução de cada atividade é realizada a partir do levantamento quantitativo e das composições de preço unitário (CPU) de cada serviço.

Dessa forma se a medição de determinada tarefa é de 200m² e pela CPU o consumo de energia é de 0,5 homens-hora/m², têm-se que o total de homens-hora necessários para essa operação é de 200 m² x 0,5 Hh/m² = 100 Hh.

Tendo a quantidade de homens-hora para a realização do serviço determina o tamanho da equipe a partir de uma duração estipulada ou o tempo necessário a partir de uma equipe pré-definida.

2.3.5 Construção das linhas de balanço

Com as durações de cada atividade definidas, e suas respectivas equipes, calcula-se as datas iniciais e finais, vinculando os serviços pela base ou pelo topo, de acordo com o ritmo de atividades consecutivas, para então, a partir dessas datas, traçar as linhas de balanço.

2.4 DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE BALANÇO

Considerando a construção de um edifício situado na orla de Salvador, que foi projetado contando com 2 garagens enterradas, playground e 10 pavimentos tipo com 2 apartamentos cada, o planejamento com Linha de Balanço se dará a partir da determinação da unidade básica. Para esse caso foi considerado o apartamento como unidade básica, atividade essa que será repetida por 20 vezes durante todo o processo de construção do empreendimento.

A partir da determinação da unidade básica deve-se analisar os principais serviços que serão desenvolvidos até a sua conclusão. No exemplo do edifício, as atividades que foram escolhidas para a implantação das Linhas de Balanço foram:

- Alvenaria;
- Chapisco;
- Instalações Hidráulicas;
- Instalações Elétricas;

- Massa Única;
- Esquadria;
- Forro;
- Piso;
- Pintura;
- Limpeza.

O terceiro passo para a programação é a construção da rede lógica dos serviços, onde se analisa a dependência entre as atividades, para determinar a ordem com que as atividades serão executadas e quais linhas não poderão ser interferidas (Quadro 01).

	ATIVIDADES	ANTECESSORA
A	Alvenaria	
B	Chapisco	A
C	Instalações Hidráulicas	B
D	Instalações Elétricas	B
E	Massa Única	C, D
F	Esquadrias	E
G	Forro	F
H	Piso	F
I	Pintura	E, H
J	Limpeza	I

Quadro 101 - Rede lógica

Fonte: Autoria própria

Com a determinação da ordem de execução das atividades, é preciso calcular o consumo de energia, homem x hora, necessária para a conclusão de cada atividade envolvida no processo produtivo de uma unidade básica. Esse cálculo é realizado a partir do levantamento de informações de quantidades a ser executada e índices de produtividade.

Para a alvenaria:

$$Hh = Quant \times Índice$$

$$Hh = 189m^2 \times 0,9^{Hh/m^2}$$

$$Hh = 170Hh$$

ATIVIDADES		Hh/AP.
A	Alvenaria	170,00
B	Chapisco	15,00
C	Instalações Hidráulicas	75,00
D	Instalações Elétricas	55,00
E	Massa Única	120,00
F	Esquadrias	45,00
G	Forro	85,00
H	Piso	100,00
I	Pintura	115,00
J	Limpeza	25,00

Quadro 02 - Quantidade de homem x hora por unidade básica

Fonte: Autoria própria

2.4.1 Programação Balanceada Não Paralela

Para a programação balanceada não paralela, admite-se uma duração para cada atividade e a equipe básica para a sua execução (Quadro 03):

ATIVIDADES		DURAÇÃO (dias/ap)	EQUIPE BÁSICA (operários)
A	Alvenaria	4,00	3,00
B	Chapisco	2,00	1,00
C	Instalações Hidráulicas	4,00	3,00
D	Instalações Elétricas	3,00	2,00
E	Massa Única	4,00	2,00
F	Esquadrias	2,00	3,00
G	Forro	3,00	3,00
H	Piso	3,00	2,00
I	Pintura	4,00	2,00
J	Limpeza	1,00	3,00

Quadro 03 - Duração e equipe básica para cada atividade

Fonte: Autoria própria

Assumindo que o período de trabalho da obra será de 8 horas diárias, 5 dias por semana, é possível dimensionar a equipe necessária para a execução do serviço.

Para a alvenaria:

$$\text{Equipe calculada} = Hh / (\text{Duração} * 8 \text{ horas})$$

$$Ec = 170Hh / (4 * 8)$$

$$Ec = 5,31 \text{ operários}$$

Como a equipe básica para a execução da alvenaria é de 3 operários, a equipe adotada será de 6 operários. Com o dimensionamento da equipe, calcula-se a duração real para a realização do serviço.

$$\text{Duração Corrigida} = Hh / (\text{Equipe calculada} * 8)$$

$$Dc = 170Hh / (6 * 8)$$

$$Dc = 3,54 \text{ dias}$$

	ATIVIDADES	Hh/AP.	DURAÇÃO (dias/ap)	EQUIPE BÁSICA (operários)	EQUIPE CALCULADA (operários)	EQUIPE ADOTADA (operários)	DURAÇÃO CORRIGIDA (dias/ap)
A	Alvenaria	170,00	4,00	3,00	5,31	6,00	3,54
B	Chapisco	15,00	2,00	1,00	0,94	1,00	1,88
C	Instalações Hidráulicas	75,00	4,00	3,00	2,34	3,00	3,13
D	Instalações Elétricas	55,00	3,00	2,00	2,29	2,00	3,44
E	Massa Única	120,00	4,00	2,00	3,75	4,00	3,75
F	Esquadrias	45,00	2,00	3,00	2,81	3,00	1,88
G	Forro	85,00	3,00	3,00	3,54	3,00	3,54
H	Piso	100,00	3,00	2,00	4,17	4,00	3,13
I	Pintura	115,00	4,00	2,00	3,59	4,00	3,59
J	Limpeza	25,00	1,00	3,00	3,13	3,00	1,04

Quadro 04 - Dados para traçar Linha de Balanço

Fonte: Autoria própria

Com as durações das atividades por unidade básica corrigidas, é possível calcular as datas iniciais e finais de cada serviço, comparando o ritmo referente a atividades consecutivas, vinculando-as pela base ou pelo topo. O buffer utilizado nessa programação foi de 7 dias corridos.

	ATIVIDADES	DATA INÍCIO	DATA FINAL
A	Alvenaria	-	99,12
B	Chapisco	56,11	108,75
C	Instalações Hidráulicas	65,74	153,38
D	Instalações Elétricas	77,13	173,45
E	Massa Única	88,94	193,94
F	Esquadrias	150,93	203,57
G	Forro	160,57	259,69
H	Piso	183,43	271,07
I	Pintura	194,81	295,33
J	Limpeza	274,67	303,79

Quadro 05 - Data inicial e final de cada atividade

Fonte: Autoria própria

Traçam-se então as Linhas de Balanço:

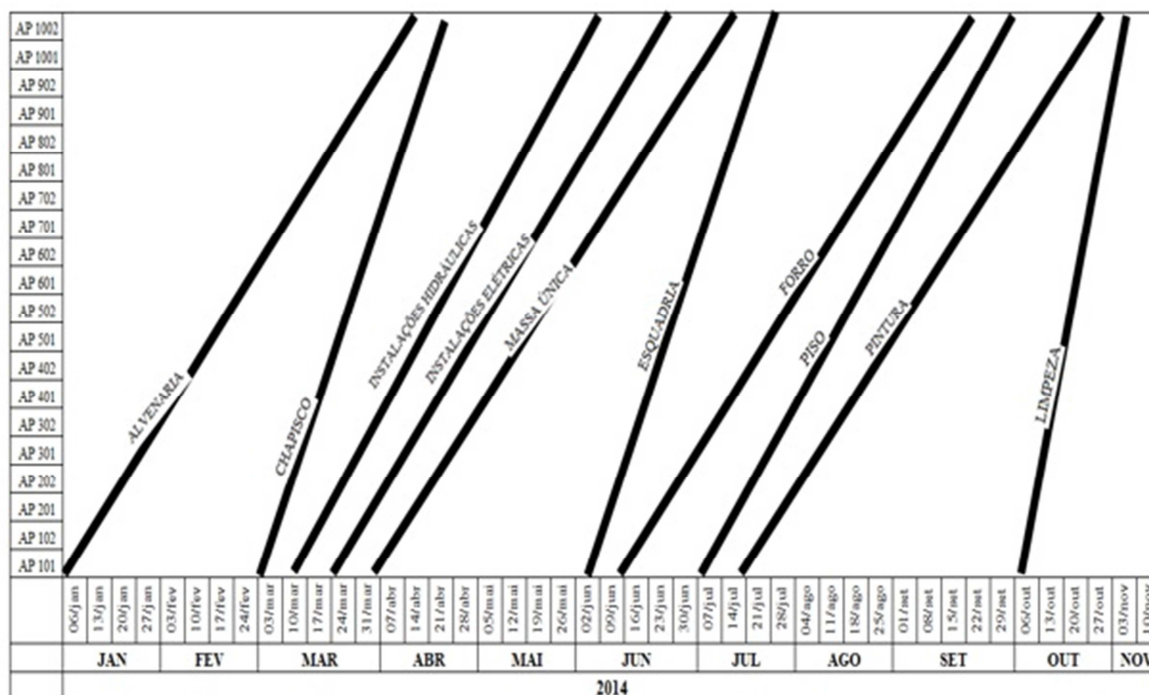


Figura 10 - Linha de Balanço graficamente

Fonte: Autoria própria

AP	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		
	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	
101	-	4,96	56,11	58,74	65,74	70,13	77,13	81,94	88,94	94,19	150,93	153,57	160,57	165,52	183,43	187,81	194,81	199,84	204,86	214,91	219,94
102	4,96	9,91	58,74	61,38	70,13	74,51	81,94	86,76	94,19	99,44	153,57	156,20	165,52	170,48	187,81	192,19	199,84	204,86	214,91	219,94	224,97
201	9,91	14,87	61,38	64,01	74,51	78,89	86,76	91,57	99,44	104,69	156,20	158,83	170,48	175,43	192,19	196,57	204,86	209,89	214,91	219,94	224,97
202	14,87	19,82	64,01	66,64	78,89	83,27	91,57	96,39	104,69	109,94	158,83	161,46	175,43	180,39	196,57	200,96	209,89	214,91	219,94	224,97	229,99
301	19,82	24,78	66,64	69,27	83,27	87,65	96,39	101,21	109,94	115,19	161,46	164,09	180,39	185,35	200,96	205,34	214,91	219,94	224,97	229,99	234,95
302	24,78	29,74	69,27	71,90	87,65	92,04	101,21	106,02	115,19	120,44	164,09	166,73	185,35	190,30	205,34	209,72	219,94	224,97	229,99	234,95	239,99
401	29,74	34,69	71,90	74,54	92,04	96,42	106,02	110,84	120,44	125,69	166,73	169,36	190,30	195,26	209,72	214,10	224,97	229,99	234,95	239,99	244,95
402	34,69	39,65	74,54	77,17	96,42	100,80	110,84	115,65	125,69	130,94	169,36	171,99	195,26	200,21	214,10	218,48	229,99	235,02	240,04	245,07	250,09
501	39,65	44,60	77,17	79,80	100,80	105,18	115,65	120,47	130,94	136,19	171,99	174,62	200,21	205,17	218,48	222,87	235,02	240,04	245,07	250,09	255,11
502	44,60	49,56	79,80	82,43	105,18	109,56	120,47	125,29	136,19	141,44	174,62	177,25	205,17	210,13	222,87	227,25	240,04	245,07	250,09	255,11	260,12
601	49,56	54,52	82,43	85,06	109,56	113,95	125,29	130,10	141,44	146,69	177,25	179,89	210,13	215,08	227,25	231,63	245,07	250,09	255,11	260,12	265,13
602	54,52	59,47	85,06	87,70	113,95	118,33	130,10	134,92	146,69	151,94	179,89	182,52	215,08	220,04	231,63	236,01	250,09	255,11	260,12	265,13	270,14
701	59,47	64,43	87,70	90,33	118,33	122,71	134,92	139,73	151,94	157,19	182,52	185,15	220,04	224,99	236,01	240,39	255,11	260,12	265,13	270,14	275,15
702	64,43	69,38	90,33	92,96	122,71	127,09	139,73	144,55	157,19	162,44	185,15	187,78	224,99	229,95	240,39	244,78	260,12	265,13	270,14	275,15	280,16
801	69,38	74,34	92,96	95,59	127,09	131,47	144,55	149,37	162,44	167,69	187,78	190,41	229,95	234,91	244,78	249,16	265,13	270,14	275,15	280,16	285,17
802	74,34	79,30	95,59	98,22	131,47	135,86	149,37	154,18	167,69	172,94	190,41	193,05	234,91	239,86	249,16	253,54	270,14	275,15	280,16	285,17	290,18
901	79,30	84,25	98,22	100,86	135,86	140,24	154,18	159,00	172,94	178,19	193,05	195,68	239,86	244,82	253,54	257,92	275,15	280,16	285,17	290,18	295,19
902	84,25	89,21	100,86	103,49	140,24	144,62	159,00	163,81	178,19	183,44	195,68	198,31	244,82	249,77	257,92	262,30	280,16	285,17	290,18	295,19	300,20
1001	89,21	94,16	103,49	106,12	144,62	149,00	163,81	168,63	183,44	188,69	198,31	200,94	249,77	254,73	262,30	266,69	285,17	290,18	295,19	300,20	305,21
1002	94,16	99,12	106,12	108,75	149,00	153,38	168,63	173,45	188,69	193,94	200,94	203,57	254,73	259,69	266,69	271,07	290,18	295,19	300,20	305,21	310,22

Quadro 06 - Linha de Balanço analiticamente

Fonte: Autoria própria

2.4.2 Programação Balanceada Paralela

Para a programação balanceada paralela, admite-se uma única duração para todas as atividades e a partir desse prazo, calcula-se a equipe necessária.

	ATIVIDADES	DURAÇÃO
A	Alvenaria	3,00
B	Chapisco	3,00
C	Instalações Hidráulicas	3,00
D	Instalações Elétricas	3,00
E	Massa Única	3,00
F	Esquadrias	3,00
G	Forro	3,00
H	Piso	3,00
I	Pintura	3,00
J	Limpeza	3,00

Quadro 07 - Duração das atividades

Fonte: Autoria própria

Para a alvenaria:

$$Equipe\ calculada = \frac{Hh}{(3\ dias * 8\ horas)}$$

$$Ec = \frac{170}{(3 * 8)}$$

$$Ec = 7,08\ operários$$

ATIVIDADES	Hh/AP.	EQUIPE CALCULADA	EQUIPE ADOTADA	DURAÇÃO CORRIGIDA
A Alvenaria	170,00	7,08	7,00	3,04
B Chapisco	15,00	0,63	1,00	1,88
C Instalações Hidráulicas	75,00	3,13	3,00	3,13
D Instalações Elétricas	55,00	2,29	2,00	3,44
E Massa Única	120,00	5,00	5,00	3,00
F Esquadrias	45,00	1,88	2,00	2,81
G Forro	85,00	3,54	4,00	2,66
H Piso	100,00	4,17	4,00	3,13
I Pintura	115,00	4,79	5,00	2,88
J Limpeza	25,00	1,04	1,00	1,04

Quadro 08 - Dados para traçar Linha de Balanço

Fonte: Autoria própria

Da mesma forma que na programação balanceada não paralela, calcula-se as datas iniciais e finais de cada atividade.

ATIVIDADES	DATA INÍCIO	DATA FINAL
A Alvenaria	-	85,12
B Chapisco	42,11	94,75
C Instalações Hidráulicas	51,74	139,38
D Instalações Elétricas	63,13	159,45
E Massa Única	86,65	170,65
F Esquadrias	102,90	181,58
G Forro	117,82	192,30
H Piso	128,55	216,19
I Pintura	146,58	227,22
J Limpeza	206,56	235,68

Quadro 09 - Data inicial e final de cada atividade

Fonte: Autoria própria

Traça-se então as Linhas de Balanço (Figura 11):

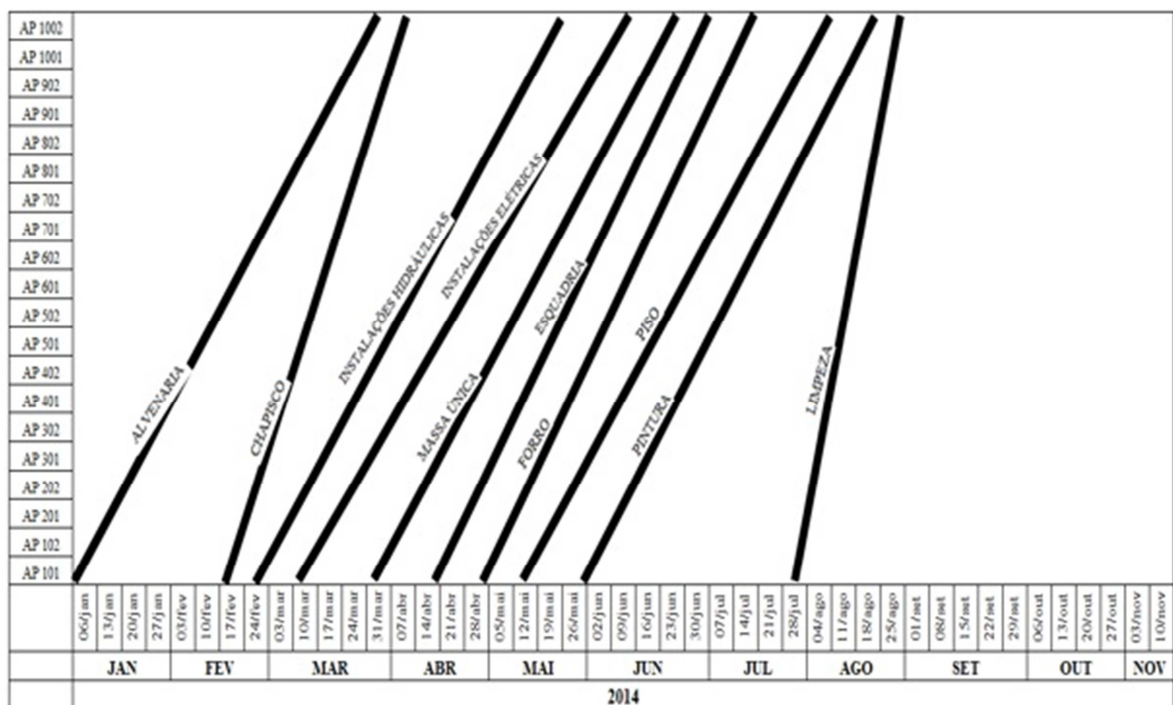


Figura 11 - Linha de Balanço graficamente

Fonte: Autoria própria

AP	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J	
	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
101	-	4,26	42,11	44,74	51,74	56,13	63,13	67,94	86,65	90,83	102,90	106,83	117,82	121,55	128,55	132,93	146,58	150,61	206,56	208,01
102	4,26	8,51	44,74	47,38	56,13	60,51	67,94	72,76	90,85	95,05	106,83	110,77	121,55	125,27	132,93	137,31	150,61	154,64	208,01	209,47
201	8,51	12,77	47,38	50,01	60,51	64,89	72,76	77,57	95,05	99,25	110,77	114,70	125,27	129,00	137,31	141,69	154,64	158,68	209,47	210,92
301	12,77	17,02	50,01	52,64	64,89	69,27	77,57	82,39	99,25	103,45	114,70	118,64	129,00	132,72	141,69	146,08	158,68	162,71	210,92	212,38
301	17,02	21,28	52,64	55,27	69,27	73,65	82,39	87,21	103,45	107,65	118,64	122,57	132,72	136,44	146,08	150,46	162,71	166,74	212,38	213,84
302	21,28	25,54	55,27	57,90	73,65	78,04	87,21	92,02	107,65	111,85	122,57	126,50	136,44	140,17	150,46	154,84	166,74	170,77	213,84	215,29
401	25,54	29,79	57,90	60,54	78,04	82,42	92,02	96,84	111,85	116,05	126,50	130,44	140,17	143,89	154,84	159,22	170,77	174,80	215,29	216,75
402	29,79	34,05	60,54	63,17	82,42	86,80	96,84	101,65	116,05	120,25	130,44	134,37	143,89	147,62	159,22	163,60	174,80	178,84	216,75	218,20
501	34,05	38,30	63,17	65,80	86,80	91,18	101,65	106,47	120,25	124,45	134,37	138,31	147,62	151,34	163,60	167,99	178,84	182,87	218,20	219,66
502	38,30	42,56	65,80	68,43	91,18	95,56	106,47	111,29	124,45	128,65	138,31	142,24	151,34	155,06	167,99	172,37	182,87	186,90	219,66	221,12
601	42,56	46,82	68,43	71,06	95,56	99,95	111,29	116,10	128,65	132,85	142,24	146,17	155,06	158,79	172,37	176,75	186,90	190,93	221,12	222,57
602	46,82	51,07	71,06	73,70	99,95	104,33	116,10	120,92	132,85	137,05	146,17	150,11	158,79	162,51	176,75	181,13	190,93	194,96	222,57	224,03
701	51,07	55,33	73,70	76,33	104,33	108,71	120,92	125,73	137,05	141,25	150,11	154,04	162,51	166,24	181,13	185,51	194,96	199,00	224,03	225,48
702	55,33	59,58	76,33	78,96	108,71	113,09	125,73	130,55	141,25	145,45	154,04	157,98	166,24	169,96	185,51	189,90	199,00	203,03	225,48	226,94
801	59,58	63,84	78,96	81,59	113,09	117,47	130,55	135,37	145,45	149,65	157,98	161,91	169,96	173,68	189,90	194,28	203,03	207,06	226,94	228,40
802	63,84	68,10	81,59	84,22	117,47	121,86	135,37	140,18	149,65	153,85	161,91	165,84	173,68	177,41	194,28	198,66	207,06	211,09	228,40	229,85
901	68,10	72,35	84,22	86,86	121,86	126,24	140,18	145,00	153,85	158,05	165,84	169,78	177,41	181,13	198,66	203,04	211,09	215,12	229,85	231,31
902	72,35	76,61	86,86	89,49	126,24	130,62	145,00	149,81	158,05	162,25	169,78	173,71	181,13	184,86	203,04	207,42	215,12	219,16	231,31	232,76
1001	76,61	80,86	89,49	92,12	130,62	135,00	149,81	154,63	162,25	166,45	173,71	177,65	184,86	188,58	207,42	211,81	219,16	223,19	232,76	234,22
1002	80,86	85,12	92,12	94,75	135,00	139,38	154,63	159,45	166,45	170,65	177,65	181,58	188,58	192,30	211,81	216,19	223,19	227,22	234,22	235,68

Quadro 10 - Linha de Balanço analiticamente

Fonte: Autoria própria

3 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou a aplicação da metodologia da Linha de Balanço na programação de projetos com atividades repetitivas. Analisando as duas formas de balanceamento das atividades, paralela e não paralela, evidencia-se que o tempo médio de execução de uma unidade repetitiva na programação paralela, em que as atividades apresentam durações semelhantes, é o menor possível e praticamente constante, não variando com o ritmo adotado nem com o número de unidades básicas do projeto, diferente da programação não paralela na qual o ritmo não é constante. Desta forma, percebe-se que a dificuldade de implantar a programação balanceada paralela é compensada na redução do prazo de execução do empreendimento.

REFERÊNCIAS

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0**. 2006. 146 f. Dissertação (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://leanconstruction.wordpress.com/2009/05/29/lean-construction-para-reducao-dos-custos-de-producao-casa-1-0/>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

LIMMER, Carl V.. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.

MATOS, Adriano Oliveira. **Estudo do planejamento em linha de balanço de uma obra em paredes-painéis com aplicações de princípios da construção enxuta**. 2006. 75 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão e Tecnologia da Produção de Edifícios, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Monografias%202004%20-%202006/Monografia%20Adriano/ESTUDO%20DO%20PLANEJAMENTO%20EM%20Linha%20de%20BALANCO.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MAZIERO, Lucia Teresinha Peixe. **Aplicação do conceito do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas.** Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação. 1990. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/75687/80333.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

MENDES JUNIOR, Ricardo. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos.** 1999. 235 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/~mendesjr/tese/mendesjrtese.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

PRADO, Renato Lucio. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica da linha de balanço.** 2002. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82966/201299.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 ago. 2013.