

# **ROTEIRO PARA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO COM LINHA DE BALANÇO EM EDIFÍCIOS ALTOS**

**FERRAZ, José Landim Macêdo (1); NASCIMENTO, Kilson (2) ROMANO, Willy Castelo Branco Teixeira (3);**

- (1) Eng. Civil, Construtora Castelo Branco LTDA. , Rua Henriqueta Galeno 225 apto 600, Fortaleza – Ce ; [macedoferraz@superig.com.br](mailto:macedoferraz@superig.com.br)
- (2) Eng. Civil, Diretor Técnico, Construtora Castelo Branco LTDA, Avenida Santos Dumont, 3665, Bloco B Apto:1104 CEP 60150-162 Fortaleza, CE. e-mail: [kilsonnascimento@hotmail.com](mailto:kilsonnascimento@hotmail.com)
- (3) Eng. Civil da (CCB), Avenida Santos Dumont, 3665, Bloco A apto:1303 CEP 60150-162 Fortaleza, CE. e-mail: [willycastelo@hotmail.com](mailto:willycastelo@hotmail.com)

## **1. RESUMO**

Este trabalho apresenta a demonstração de alguns procedimentos administrativos adotados pela Construtora Castelo Branco na execução de edifícios altos. É apresentada a metodologia de trabalho que vem sendo empregada no planejamento e programação dos empreendimentos, com ênfase na utilização da ferramenta linha de balanço, e no trabalho em células de produção.

O sistema de planejamento é apresentado de forma detalhada, demonstrando quais os procedimentos adotados para a determinação da quantidade de materiais, do número de dias para execução das tarefas, do número de operários em cada célula de produção, das datas de início e fim das atividades e do valor a ser pago por cada pacote de serviços.

É demonstrado ainda como se dá a organização do posto de trabalho de modo a proteger a produção e a forma de pagamento através de cartões de produção, que torna o sistema ainda mais claro e eficiente.

Palavras chave: Planejamento, Linha de Balanço e Célula de Produção.

## **2. ABSTRACT**

*This paper presents the demonstration of some administrative procedures adopted by the Construtora Castelo Branco in the execution of high buildings. The work methodology that has been used in the planning and scheduling of the enterprises is presented, with emphasis in the use of the tool line of balance, and in the work in production cells.*

*The planning system is presented of detailed form, demonstrating which procedures are adopted for the determination of the amount of materials, number of days for executing the tasks, composition of each production cell staff, dates of beginning and end of the activities and the value to be paid for each package of services.*

*It is also demonstrated how the organization of the work rank is done in order to protect the production, and the mode of payment through production cards, that makes the system much more clear and efficient.*

*Key Words: Planning, Line of Balance, Cell of production*

### **3 INTRODUÇÃO**

A Construtora Castelo Branco Ltda (CCB) vem atuando no mercado imobiliário de Fortaleza desde 1988. Inicialmente na construção de pequenos empreendimentos, a Construtora Castelo Branco se especializou no segmento de condomínios fechados. A partir daí a empresa veio se desenvolvendo até atingir o atual status de uma das líderes no mercado de Fortaleza.

No início seguindo o modelo tradicional de construção, a CCB sentiu a necessidade de se aperfeiçoar para ofertar um produto diferenciado em todos os seus aspectos e assim obter uma maior participação no mercado.

Desde então a empresa vem procurando sempre a melhoria, tanto nos quesitos relacionados á administração, aos processos de conversões, bem como nas questões relacionadas aos fluxos de materiais, operários e informações. Na administração das obras a empresa foi uma das pioneiras a promover a descentralização das decisões, transferindo o departamento de compras, recursos humanos e questões ligadas a folha de pagamento para dentro de suas obras. No que se refere aos processos de conversões merece destaque o fato da Construtora Castelo Branco adotar, também com pioneirismo na cidade de Fortaleza, a execução de suas alvenarias com blocos de gesso. O estudo dos fluxos sempre foi um dos pilares do desenvolvimento da empresa, sendo fator decisivo desde a elaboração do layout do canteiro de obras até gerenciamento das atividades.

Ao adotar todas essas características tornava-se necessário o desenvolvimento de uma metodologia de trabalho que fosse capaz de gerenciar o empreendimento de forma clara, simples e eficaz. Baseado no sistema Toyota de Produção, na Teoria das Restrições e nos conceitos de *Lean Construction*, a Construtora Castelo Branco desenvolveu um sistemas próprio que vem se mostrando bastante eficaz para as suas necessidades.

### **4 O SISTEMA DE PLANEJAMENTO**

#### **.1. Pressupor**

O primeiro passo para o início do planejamento é a determinação daquilo que a empresa denomina pressupostos de cálculo. Tais pressupostos compreendem três fatores: índices de produtividade, quantitativos e fatores de dificuldade de execução.

Os índices de produtividade são primordiais para o início de todo o planejamento da obra. Como os processos construtivos, organização e equipamentos diferem de empresa para empresa, é muito provável que os índices de produtividade de uma não seja conveniente para serem usados em outra. Assim a coleta desses índices deve ser feita da forma mais precisa possível e dentro da própria empresa, se utilizando de outras obras.

De posse da lista de todas as atividades a serem executadas, os índices devem ser coletados, analisados e aprovados ou não, levando-se em conta a tecnologia e os métodos de execução empregados. No caso de aprovação os índices são levados para a obra seguinte, caso contrário, são armazenados apenas para consulta no caso de dúvidas.

Já com os índices de produtividade em mãos pode-se dar seqüência ao planejamento com a retirada dos quantitativos de materiais e serviços. Esse procedimento deve ser executado da maneira mais precisa possível, e sempre de acordo com as regras de quantitativo da empresa. No caso em estudo, todos os quantitativos devem ser retirados estratificadamente, de modo a permitir qualquer manipulação dos diversos serviços sem necessidade de fracionar ou repetir a extração das quantidades de materiais e/ou serviços.

Um último passo torna-se ainda necessário para conclusão da primeira fase do planejamento: a determinação do fator de dificuldade. A inserção de tal fator foi observada com o decorrer das

obras, quando se percebeu que todos os projetos apresentavam particularidades que faziam com que os índices de produtividades trazidos de outras obras apresentassem distorções. Assim sendo, torna-se necessário um estudo dos projetos e das especificações de modo que qualquer alteração em relação ao padrão dos índices de produtividades seja compensada através de um fator multiplicador que passou a ser denominado Fator de Dificuldade.

Com esses 03 (três) itens definidos, índices de produtividade, quantitativos e fator de dificuldade, completa-se os pressupostos de cálculo. Pressupostos por se tratarem de valores obtidos antes do início dos serviços que podem não ter um grau de precisão exato, mas que servirão de base para a predeterminação de datas e recursos.

## **.2. Predeterminar**

Usando os pressupostos de cálculos obtidos anteriormente e com base no processo construtivo já se pode determinar quais e quando as atividades devem começar, como devem ser distribuídas, que quantidade de operários deve ser empregada em cada atividade e por que esses serviços devem ser executados. Essa pré-determinação de datas e recursos recebe o nome de Ensaio de Recurso.

Assim surge a necessidade de definir qual layout de produção a ser adotado e quais produtos devem ser produzidos. Com base na filosofia lean de produção em pequenos lotes, fluxo contínuo e diminuição dos tempos de setup, estabeleceu-se que cada conjunto de atividades que pudessem ser executadas sem interrupção do fluxo formaria uma família ou lote de produção diferente, a ser produzido através de um layout fixo em células de produção.

Para Mike Rother (1999) uma família de produtos é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos.

Segundo Rick Harris (1999), uma célula de produção consiste num arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através do qual partes são processadas em um fluxo contínuo (ou em alguns casos, de forma consistente com lotes pequenos mantidos em toda seqüência das etapas do processo).

Assim sendo, procedeu-se á determinação de quais atividades iriam compor cada lote. Essa definição teve como critério, além dos citados acima, a união de todas atividades que pudessem ser executadas sem interrupção por uma mesma equipe de profissionais obedecendo, logicamente, ao processo construtivo da empresa.

Como exemplo, pode-se citar a formação da célula de produção 02, composta por pedreiros de alvenaria e pelas seguintes atividades: Marcação da alvenaria, 1ª elevação, 2ª elevação, assentamento de contramarcos, amestramento de paredes, assentamento de contramarcos das portas corta fogo, amestramento de piso, regularização do piso das varandas. Dessa forma, a equipe que compõe essa célula de produção deve concluir todos esses serviços antes de reiniciar o ciclo em outro pavimento.

A composição das equipes é outro ponto fundamental no planejamento da execução. Como os vários produtos são interdependentes, torna-se de vital importância determinar um ritmo de produção (*takt time*) para as diversas células. Esse ritmo possibilitará organizar de as equipes de forma que não haja choque com as atividades precedentes ou subseqüentes. De posse dos índices de produtividade de todos os serviços a serem realizados pela célula de produção, é possível determinar quantos profissionais devem compô-la de acordo com a velocidade de produção desejada. Deve-se atentar logicamente para a quantidade mínima de operários necessários para a execução, e a quantidade máxima que consiga desenvolver as atividades sem problemas com choque de movimentos, conversa excessiva e qualidade de execução.

Com as equipes e as células de produção definidas, o planejamento exige a determinação das datas de início e fim de todas as equipes. Essa determinação deve obedecer ao tipo de ligação entre os

produtos (início-início, fim-início, fim-fim) provenientes do processo construtivo adotado, evitando assim o choque entre atividades e por consequência a interrupção do fluxo contínuo de produção. As datas também têm sua importância atrelada a decisões de remanejamento de mão de obra, contratações e demissões. Assim o início de uma célula de produção depende não somente da ligação com as demais células, mas também, da disponibilidade de mão de obra proveniente de células anteriores.

Concluída a pré-determinação dos recursos referentes à mão de obra, cabe agora a determinação dos recursos físicos, ou seja, os materiais e equipamentos a serem utilizados por cada célula de produção.

Como cada célula de produção é composta por várias atividades, a diversidade e o volume de materiais e equipamentos é maior. Assim sendo a quantificação prévia destes será importante não só para a compra como também para o armazenamento e transporte, que deve ser estudado e planejado de modo a não interferir no fluxo contínuo da produção.

### **.3. Subordinar**

Com os recursos ensaiados, agora se deve definir o que será adotado para a prática. Essa definição está expressa em um documento denominado “Recursos Adotados” que tem por objetivo fornecer de forma clara e objetiva todas as informações necessárias para a execução de cada célula de produção.

Basicamente, as informações fornecidas se resumem a quatro itens: Processos da célula, recursos e ritmo de produção. O primeiro item expressa quais os processos que serão executados e quanto se pagará a cada operário por estas atividades. Os recursos indicam quais materiais devem ser armazenados nos pavimentos, as equipes responsáveis pela célula de produção e os equipamentos a serem utilizados. O ritmo da produção é expresso através de uma linha de balanço.

Vale a pena se ater um pouco à questão da linha de balanço. Com as datas determinadas no ensaio de recurso, monta-se uma linha de balanço englobando todas as células de produção. Essa linha de balanço servirá como referência inicial do planejamento.

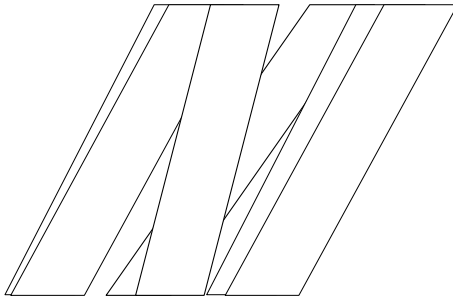
Para Mendes Junior (1997), a linha de balanço é uma técnica de planejamento e controle que considera o caráter repetitivo das atividades de uma edificação. Por meio da Linha de Balanço (Line of Balance - LOB) o engenheiro da obra passará a ter uma visão mais simples da execução das atividades servindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e qualidade nos canteiros. E poderá dispor de uma técnica eminentemente gráfica (visual) que será um valioso aliado nas suas comunicações em obra.

A Linha de Balanço é derivada do gráfico de barras (Gantt), onde ao invés de colocarmos as atividades ou fases da obra no eixo vertical, colocamos, por exemplo, os pavimentos. Assim cada barra continua representando uma atividade, ou fase da obra, porém deixa de ser horizontal para se ter uma inclinação, que representará o ritmo com que avança pelos pavimentos. No caso da Construtora Castelo Branco adotou-se como unidade básica para a determinação de datas e prazos o pavimento.

É importante ressaltar que ao se adotar a pacotização dos serviços, a montagem da linha de balanço tornou-se bastante simplificada, já que esta irá representar as datas para a execução das células, e não mais para cada atividade isoladamente. Com isso, a própria análise e decisões de alteração passaram a ser mais fáceis e rápidas. A montagem da linha de balanço segue os aspectos já relacionados na determinação das datas de início de cada célula, como: eliminação de choques entre as células, tipo de ligação entre as células, reaproveitamento de mão de obra, ritmo desejado para a execução do serviço, quantidade de profissionais a serem utilizados, quantidade de equipes a serem utilizadas e prazo para conclusão da atividade.

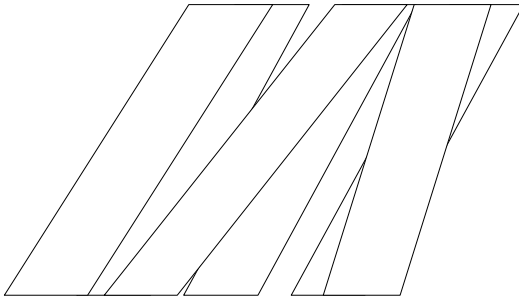
A ilustração abaixo retrata as possíveis situações ilustradas na linha de balanço:

- 1) Choque entre as atividades, interrupção do fluxo (não aprovado):

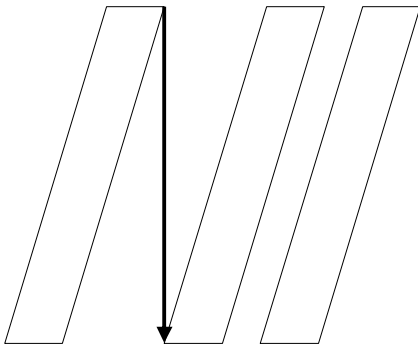


**Fig 2 - Choque com a célula precedente**

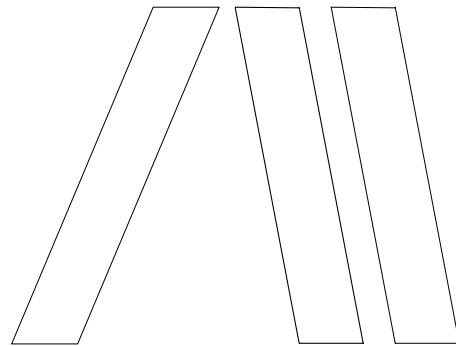
- 2) Fluxo contínuo:



**Fig 3 - Células com ritmos diferentes**



**Fig 5 - Células com reaproveitamento de mão de obra ou ligação fim-início**



**Fig 6 - Células com sentidos alternados**

O uso dessa ferramenta para ilustrar os ritmos e seqüência de produção das diversas células é fundamental no atual modelo de gestão da empresa, pois possibilita de forma rápida e eficaz a simulação de diversas alternativas estratégicas relacionadas a execução das atividades. Tais simulações são importantes devido à existência de fatores que podem determinar uma alteração no

ritmo e prazos da obra, tais como: fluxo de caixa, disponibilidade de materiais no mercado, alterações de projetos por parte dos clientes, etc.

Um outro ponto a ser observado é que a linha de balanço permite a determinação da quantidade de operários que estarão em exercício durante todo o decorrer da obra, possibilitando assim uma previsão dos gastos com mão de obra mês a mês.

## **2. PRODUÇÃO PROTEGIDA**

Como já explicado anteriormente a produção é executada em células de produção, sendo assim, vale destacar como se dá a organização dos recursos nessas células.

Os processos de produção precisam da coordenação de Homem, máquina, material e método. Com os elementos de trabalho identificados e medidos, a atenção volta-se para o sistema de gerenciamento e arranjo e de equipamentos e materiais. (Rother e Shook, 2000).

No que se refere á distribuição dos materiais nos pavimentos, a filosofia da empresa afasta-se um pouco do just in time, e parte para o que é denominada produção protegida. Nesse conceito, medidas devem ser adotadas como forma de proteger a produção das incertezas relacionadas á disponibilidade dos recursos físicos. Assim ao invés de solicitar os materiais somente no momento em que for utilizá-los, todos os materiais são distribuídos no posto de trabalho antes da equipe chegar até ele, montando um estoque preliminar de matéria prima no posto de trabalho, denominado pela construtora de inventário.

Essa medida foi adotada tendo em vista a particularidade da industria da construção civil, em especial aquela ligada a construção de residência multifamiliar, que faz com que o numero de unidades a serem produzidas não esteja sujeito ás variações do mercado, pois já está previamente definida por projeto.

Assim, a célula de produção responsável pela alvenaria, ao se deslocar para um próximo pavimento, já deve encontrar todos os blocos, vergas e contravergas a serem utilizados ali.

O grande volume de material estocado previamente em cada pavimento faz com que a organização deva ser bem estudada e planejada. A forma como os materiais serão armazenados e transportados influenciará diretamente na produção. Assim todas as células de produção possuem um mapa com a localização de todos os materiais no local de trabalho. Esse mapa é montado levando-se em consideração principalmente 03 fatores: facilidade no acesso aos materiais, proximidade dos materiais ao seu local de aplicação e liberdade nos deslocamentos dos operários.

Esse sistema de montagem prévia de inventários tem como objetivo garantir que as atividades não sejam interrompidas por falta de material. Vale ressaltar que o próprio processo construtivo da obra, bem como os equipamentos e fluxos otimizados proporcionam uma ociosidade do guincho de carga muito maior que no processo convencional, facilitando a movimentação vertical de materiais e tornando a montagem dos inventários possível.

## **3. MEDIÇÃO E REMUNERAÇÃO DA PRODUÇÃO**

.O processo de medição da produção é uma atividade que não agrega valor ao produto final e muitas vezes envolve uma serie de profissionais da administração, como engenheiro, mestre e estagia, tornando-se excessivamente dispendioso, confuso e lento.

É claro que a melhor forma de recompensar um profissional é com base no seu volume de trabalho e sua qualificação. No entanto, a maneira de se aferir a quantidade de trabalho executado não é tão simples, pois as unidade tendem a ser pequenas (m, m<sup>2</sup>, und), facilitando o aparecimento de erros como a medição e o pagamento em duplicidade.

A adoção da produção em células facilita tremendamente o processo de medição. Ao se definir cada pavimento como sendo a unidade de produção a ser executada, por consequência o pavimento passa a ser a unidade a ser medida. Com isso a aferição da produção torna-se bem mais simples, pois se passa a medir a quantidade de pavimentos prontos.

Tendo a quantidade a ser medida definida, resta agora definir como processar essa aferição. Como se trata de uma atividade que não agrega valor, esta deve ser executada da maneira mais enxuta possível, envolvendo se possível a menor quantidade de pessoas. A solução encontrada foi bastante criativa, simples e funcional: a adoção de uma moeda interna!

Como forma de estimular a equipe a adotar os termos da construção enxuta e mostrar que a filosofia da empresa esta voltada para isso, resolveu-se nomear a moeda com um sugestivo nome: Lean. As cédulas são divididas em varias cores, cada uma com um valor, e sendo de uso específico para uma categoria de profissional. Por exemplo, as cédulas vermelhas são usadas para os pedreiros de alvenaria, as brancas para os gesseiros, cinza para o contrapiso e assim por diante.

O valor de cada cédula é calculado da seguinte forma:

- Define-se um rendimento mensal projetado para cada categoria. Por exemplo, R\$ 651,00 para o pedreiro de alvenaria.
- Divide-se esse valor por 21, que representa em média, a quantidade de dias úteis de um mês, resultando assim em aproximadamente R\$ 31,00.

Como a quantidade de dias que cada célula de produção deve passar em cada pavimento já está definida previamente pelo planejamento, o pagamento deve ser efetuado com base nesses dias. Assim remunera-se cada integrante da equipe com 01 (um) “Lean” por dia trabalhado, tendo como limite a quantidade de dias estimados anteriormente. Por exemplo, se o planejamento indica uma quantidade de 06 dias úteis para a conclusão de um pavimento, cada componente da equipe receberá 06 Leans por pavimento, sendo um por dia.

Esse sistema é bastante interessante porque privilegia os que produzem além do esperado e pune os que ficam abaixo. Quando uma equipe conclui um pavimento em um período mais curto que o planejado, ela recebe todos os Leans daquele pavimento. No exemplo, caso a equipe terminasse o pavimento em 04 (quatro dias) receberia não 04 (quatro), mas 06 (seis) Leans, que é a quantidade referente ao pavimento. O inverso também é valido, ao se superar o prazo estimado, os operários passam a não mais receber Leans, até que concluam o pavimento e dêem inicio ao próximo, reiniciando o ciclo.

Ao término do mês, os operários se dirigem ao assistente administrativo responsável pela folha de pagamento e prestam conta de todos os seu Leans. Agora, basta multiplicar o valor pela quantidade de Leans para se obter quanto cada operário irá receber.

É importante observar que todo o processo envolve apenas os operários e o assistente administrativo, cabendo ao engenheiro, mestre ou estagiários apenas atestar a qualidade e verificar se realmente todas as atividades foram concluídas conforme desejado em cada pavimento.

Outro fator a ser destacado é a transparência do sistema. Durante todo o decorrer das atividades os operários sabem quanto já tem acumulado apenas contando a sua quantidade de Leans. Dessa forma, eles se mantêm a todo o momento, buscando aumentar seu rendimento, e por consequência, sua produtividade.

## **4 CONCLUSÃO**

Este trabalho procurou demonstrar e explanar o sistema de planejamento e gestão utilizado pela Construtora Castelo Branco Ltda, enfocando os aspectos ligados á construção enxuta e racional.

Todas as etapas de concepção, planejamento e aplicação foram explanadas, sempre tendo em vista os pontos onde se tornam mais claras as diferenças em relação ao sistema tradicional adotado por outras empresas.

Através de exemplos aplicados, pode-se constatar que a operacionalização de conceitos da filosofia lean, da construção racional e do 5S é possível no ramo da construção civil. Para isso ficou clara a necessidade de tornar essa mudança de mentalidade em uma prioridade para todos os envolvidos nos empreendimentos, desde aquele de maior hierarquia na empresa, até aquele de menor qualificação, passando inclusive por agentes externos.

Com isso devem-se observar as vantagens apresentadas e como estas impactam sobre os diversos campos ligados á construção de edifícios.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOLDRATT, Eliyahu M. **A Meta**, 2002.

GOLDRATT, Eliyahu M. **Corrente Crítica**, 1997.

ROTHER, Mike e HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo** – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção, 2002. The Lean Enterprise Institute.

HEINECK, Luiz Fernando M. (1996). **Estratégias de produção na construção de edifícios**. *Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil*. Florianópolis, /SC. Anais, v. 2, pp. 93-100.

MENDES JR, R. e HEINECK, L. F. (1997). *Análise de dados básicos para a programação de edifícios altos por Linha de Balanço- Estudos de Casos*. Publicação interna. EPS/UFSC. Maio/1997. Florianópolis/SC. Na internet: <http://www.cesec.ufpr.br/rmj/>

ROTHER, Mike e HARRIS, Rick. **Aprendendo a Enxergar** – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício, 1999. The Lean Enterprise Institute.

SHOOK, John e MARCHWINSKI, Chet. **Léxico Lean** – Glossário Ilustrativo para Praticantes do Pensamento Lean, 2003.

WOMACK, James P. e JONES, Daniel T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking*, 1996.