

Programação da produção de galpões em estrutura metálica concebida como projeto linear: estudo de caso

José Gustavo Baidek (UFPA) baidek@ufpa.br
Jorge de Araújo Ichihara (UFPA) ichihara@amazon.com.br
Simone Pípolos Costa Fernandes (UFPA) spipolos@ufpa.br
Verena Moura Carvalho (UFPA) verenamc@ufpa.br

Resumo

O trabalho apresenta um planejamento executivo baseado no método VPM (vertical production method). O empreendimento em questão refere-se a galpão em estrutura metálica sob modelagem fundamentada na sua natureza repetitiva. O objetivo principal é evidenciar uma aplicação do método VPM em um projeto de montagem de estrutura metálica, o que não é fato comum no Brasil, onde as aplicações deste método têm acontecido com maior frequência na área de edificações residenciais.

Palavras Chave: Planejamento, VPM, Estrutura metálica.

1. Introdução

Os projetos podem ser de natureza repetitiva ou não-repetitiva, estas características levam em consideração o caráter de repetição das atividades que constituem o projeto. A repetição é caracterizada em uma parte do produto a ser realizado, em quantidade considerável de vezes. São exemplos de projetos repetitivos: edifícios de múltiplos pavimentos-tipo, conjuntos residenciais de casas semelhantes, estradas ou dutos, dentre outros.

As ferramentas tradicionais de planejamento e programação, como o Gráfico de Gantt e as redes CPM/PDM, ainda são predominantemente as mais utilizadas nos projetos, sendo os resultados comprovadamente eficientes para projetos não-repetitivos. Porém, para construções repetitivas, as ferramentas mais apropriadas são os *Métodos de Programação Linear (MPL)*, dentre os quais podemos citar o *VPM (vertical production method)*.

Este presente artigo faz parte de um projeto de pesquisa que está sendo desenvolvido na UFPA, referente à aplicação e desenvolvimento de métodos de planejamento de projetos repetitivos. O artigo apresenta um estudo de caso realizado em um empreendimento industrial, e refere-se ao planejamento executivo de uma série de 6 (seis) galpões. A técnica utilizada foi o *VPM (vertical production method)*.

2. Vertical production method (VPM) - Método de produção vertical

O VPM é um método gráfico de programação linear utilizado para o planejamento das atividades repetitivas de um processo produtivo. A técnica do VPM foi desenvolvida por O'Brien (1975), que utilizou como base para a pesquisa o método da Linha de Balanço (LOB), que por sua vez é derivado do gráfico de barras (Gantt). No gráfico de Gantt, as atividades ou fases da obra estão localizadas no eixo vertical, diferente do VPM que na mesma posição (eixo vertical) dispõe, por exemplo, os pavimentos, ou seja, as unidades de repetição. Assim cada barra continua representando uma atividade deixa de ser horizontal (Gantt) para ter uma inclinação a qual representa o ritmo de execução com que avança pelas unidades de repetição.

3. Vantagens do método de produção vertical (VPM)

Uma série de vantagens é obtida com o emprego deste método, principalmente em termos de eficiência e expressão gráfica, em comparação a outros métodos mais usualmente empregados

em projetos de Engenharia, como as redes PERT/CPM/PDM, por exemplo. De acordo com Mendes Júnior (1999) a maior vantagem está no formato gráfico que permite fácil visualização da produção e da duração da atividade, bem como sua interferência com as atividades mais próximas. Além de outras, a facilidade de comunicação com profissionais de outras áreas ou mesmo leigos, a possibilidade de uniformidade constante da produção, o acréscimo de produtividade pela redução dos tempos de espera, permite o planejamento da alocação racional dos recursos necessários otimizando o emprego dos mesmos, possibilita a determinação de uma razão de produção, e enfim permite o controle eficiente da obra.

Segundo Mendes Júnior (1999), em função do ritmo de produção da obra ao longo das unidades, pode-se determinar os seguintes resultados:

- As atividades ou processos que estão abaixo do desejado e requerem ritmos mais acelerados para satisfazer as quantidades de produção planejadas;
- As atividades ou processos que estão adiantados e que podem resultar em recursos operacionais além do necessário;
- Uma previsão das unidades concluídas por atividade, grupo de trabalho, ou processo para apoiar a programação de entrega ou conclusão da obra;
- Desvios de entrega de materiais que possam influir na produção;
- Materiais que estão sendo entregues em excesso e que podem causar manuseio adicional ou requerer mais espaço para estocar.

Eximindo-se de problemas ergonômicos, pode-se citar ainda como uma grande vantagem da programação linear de projetos, o fator aprendizagem, que ocasiona um ganho de produtividade considerável a cada atividade do projeto, devido ao ganho de habilidade dos operários em função da repetição (ICHIHARA, 2001).

4. O empreendimento experimental da pesquisa

O empreendimento em questão faz parte do Projeto de Expansão da ALBRAS (Alumínio Brasileiro SA), localizada no distrito de Murucupi - Barcarena/PA. A ALBRAS contratou a empresa de montagem industrial Oyamota do Brasil SA para a realização do serviço.

O estudo de caso é referente à expansão longitudinal de 6 (seis) galpões idênticos existentes. O comprimento dos prédios era de 720 m (setecentos e vinte metros), largura de 40 m (quarenta metros), altura de 20 m (vinte metros) e área equivalente a 28.800 m² (vinte e oito mil e oitocentos metros quadrados), com a expansão os mesmos ficaram com 792 m (setecentos e noventa e dois metros), caracterizando um aumento (expansão) no comprimento de 72 m (setenta e dois metros) e na área de 2.880 m² (dois mil e oitocentos e oitenta) por unidade expandida.

O galpão era constituído de elementos estruturais em aço galvanizado com ligações parafusadas, tais como: pilares laterais e centrais, vigas longitudinais e transversais, vigas de rolamento, tesouras, contra-ventos e terças.

A descrição do serviço foi a montagem de 6 (seis) unidades de galpões idênticos em estrutura metálica. A cobertura era em telhas trapezoidais de alumínio e os fechamentos lateral e frontal em telhas translúcidas. O peso de aço por galpão equivale a 260 t (duzentos e sessenta toneladas).

O prazo total para a conclusão e entrega da obra foi de 11 (onze) meses.

5. Considerações para modelagem do projeto

Evidencia-se neste item a definição (1) da unidade repetitiva e (2) das atividades repetitivas.

5.1. Unidade repetitiva do projeto

A unidade repetitiva do projeto é o galpão. Portanto, o projeto apresenta um total de 06 (seis) unidades de repetição, são ao todo 06 (seis) galpões.

5.2. Atividades repetitivas do projeto

Todas as atividades para realização de um galpão serão repetitivas para os demais prédios. Ressalta-se ainda que as atividades da etapa de pré-montagem foram modeladas como uma única atividade. Optou-se por essa alternativa, devido à dependência do início da atividade posterior (montagem de planos pré-montados) com o término da atividade (pré-montagem). O quadro 1 mostra as atividades repetitivas e suas respectivas durações.

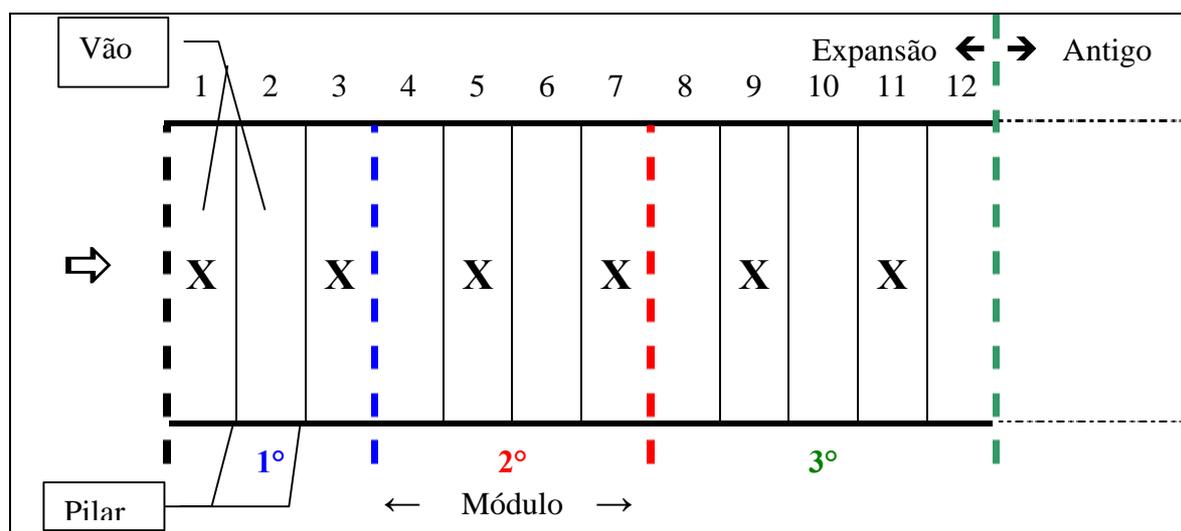
Item	Atividade repetitiva	Duração total (semana)
1	Transporte de peças	18
2	Pré-montagem	36
2.1	Pré-montagem de planos verticais (pilares, vigas, contraventos e terças)	06
2.2	Pré-montagem de planos horizontais (tesouras, vigas, contraventos e terças)	12
2.3	Pré-montagem de lanternin (pilares, vigas, contraventos e terças)	12
2.4	Pré-montagem de marquises (mão-francesa, vigas e terças)	06
3	Montagem de planos pré-montados	27
4	Montagem de elementos estruturais entre vãos	18
5	Torqueamento de parafusos	09
6	Montagem de telhas	06

Fonte: do autor

Quadro 1 – Atividades repetitivas do projeto

5.3. Divisão da unidade repetitiva

A unidade repetitiva foi segmentada em 03 (três) módulos distintos. O galpão tem 12 (doze) vãos de 6 m (seis metros), a unidade foi dividida em 3 (três) módulos, conforme figura 2. Primeiro módulo abrange os 3(três) primeiros vãos, segundo os 4 (quatro) seguintes e o terceiro os 5 (cinco) últimos.



Fonte: do autor

Figura 2 – Planta da divisão em módulos de 1 (um) galpão

O determinante para o critério de divisão foi à seqüência de execução das bases em concreto armado para o apoio dos pilares metálicos do galpão. A liberação das bases era efetuada de acordo com os módulos da figura 2, ou seja, o 1º (primeiro) módulo era liberado em todos os

06 (seis) galpões para posteriormente liberarem o 2º (segundo) e por fim o 3º (terceiro). Desta forma, a sequência de execução dos galpões ficou referenciada pelos módulos que segmentavam os mesmos, isto é, o ataque a obra foi direcionado ao 1º (primeiro) módulo dos 6 (seis) galpões, depois ao 2º (segundo) e terminando no 3º (terceiro).

Os vãos marcados com “X” eram primeiramente pré-montados para posteriormente serem montados. Os demais dependiam de dois vãos (“X”) consecutivos montados para o início de sua montagem.

As 06 (seis) atividades listadas (ver, Quadro 1) foram programadas por módulo, em cada módulo as 06 (seis) atividades foram realizadas, diferindo somente a quantidade de recurso adicionada aos grupos proporcional ao volume de produção por módulo.

5.4. Número de grupos de trabalho

A idéia inicial era de que cada atividade repetitiva correspondesse 1 (um) grupo de operários, e que cada grupo realizasse somente uma atividade no decorrer da obra, porém após a programação e revisão da VPM, foram reprogramados 02 (dois) grupos em função da ociosidade após o término de suas atividades por módulo para outras 02 (duas) atividades, descaracterizando o tempo ocioso. Dessa forma, resultou um total de 04 (quatro) grupos para um total de 06 (seis) atividades, conforme mostra o quadro 2.

Item	Grupo	Atividade repetitiva
1	A	Transporte de peças
2	B	Pré-montagem de planos
3	C	Montagem de planos
4	D	Montagem de peças entre vãos
5	C1	Torqueamento de parafusos
6	D1	Montagem de telhas

Fonte: do autor

Quadro 2 – Grupos de produção

5.5. Ritmo de produção

O volume de produção do 1º (primeiro) módulo é visivelmente menor do que o 2º (segundo) módulo e este por sua vez menor do que o 3º (terceiro) módulo. Porém, quando as atividades são isoladas têm-se algumas com a mesma quantidade de produção nos 03 (três) módulos (ver, Quadro 3).

As atividades de pré-montagem e montagem de planos têm o mesmo volume de produção para os 03 (três) módulos (ver, Quadro 3), ou seja, os 02 (dois) grupos responsáveis por estas 02 (duas) atividades mantiveram o mesmo ritmo de produção nos 03 (três) módulos, sem a necessidade de adicionar recursos. No caso, das demais atividades, houve a necessidade de injetar novos recursos em função de um aumento crescente de volume de produção nos 03 (três) módulos. Este acréscimo de recursos foi calculado para manter constante o ritmo de produção nos 3 (três) módulos, aumentam-se os recursos nos grupos para atingir o mesmo ritmo gerado no módulo anterior.

O ritmo de produção gerado por cada grupo na sua respectiva atividade nos 03 (três) módulos e nas seis unidades repetitivas será o mesmo.

Item	Atividade repetitiva	Módulo/Vão		
		1º	2º	3º
1	Transporte de peças	1, 2 e 3	4, 5, 6 e 7	8, 9, 10, 11 e 12
2	Pré-montagem de planos	1 e 3	5 e 7	9 e 11
3	Montagem de planos	1 e 3	5 e 7	9 e 11
4	Montagem de peças entre vãos	2	6 e 8	8, 10 e 12
5	Torqueamento de parafusos	1, 2 e 3	4, 5, 6 e 7	8, 9, 10, 11 e 12
6	Montagem de telhas	1, 2 e 3	4, 5, 6 e 7	8, 9, 10, 11 e 12

Fonte: do autor

Quadro 3 – Volume de produção por módulo

5.6. Jornada de trabalho

A jornada de trabalho foi de 52 (quarenta e quatro) horas semanais, iniciando-se os trabalhos na segunda-feira e encerrando-os no sábado. Logo, a jornada diária m foi de 8,67 horas de trabalho.

5.7. Unidade de tempo a ser trabalhada no projeto

A definição da unidade de tempo a ser trabalhada no planejamento executivo da obra foi importante, e dependeu da definição do nível de controle estabelecido ao empreendimento. Ficou estabelecida a unidade semanal.

5.8. Cálculo das durações das atividades

A rotina de trabalho do planejamento exige a estimativa das durações mediante cálculos matemáticos. Segundo Ichihara (2001), qualquer empreendimento é em suma a execução ordenada de uma série de atividades que se relacionam direta ou indiretamente entre si, e que podem ser definidas como um agrupamento de operações que consomem tempo e recursos.

As durações das diversas atividades do projeto foram calculadas a partir dos coeficientes de produtividade extraídos das estatísticas de obras similares, das quantidades a serem executadas em cada atividade do empreendimento, do número de operários ou máquinas envolvidos nestas atividades e da jornada de trabalho empregada na execução da obra. A equação matemática utilizada neste cálculo está representada na figura 2 a seguir.

$$D_i = \frac{Q_i \times P_i}{N_i \times J}$$

Fonte: (Adaptado de Ichihara, 2001)

Figura 2 - Equação matemática para cálculo das durações das atividades

Onde:

D_i - Duração da atividade "i" em unidades de tempo.

Q_i - Quantidade a ser executada da atividade "i".

P_i - Produtividade dos operários e/ou máquinas que determinam o ritmo de execução de uma unidade da atividade "i" (coeficiente extraído das composições de custos unitários). No caso específico do projeto estudado, considerou-se a soma das produtividades de operários e

máquinas, devido a freqüente ausência de paralelismo entre os trabalhos desempenhados por ambos.

N_i - Número de operários ou máquinas envolvidos no processo produtivo da atividade "i" (equipe necessária).

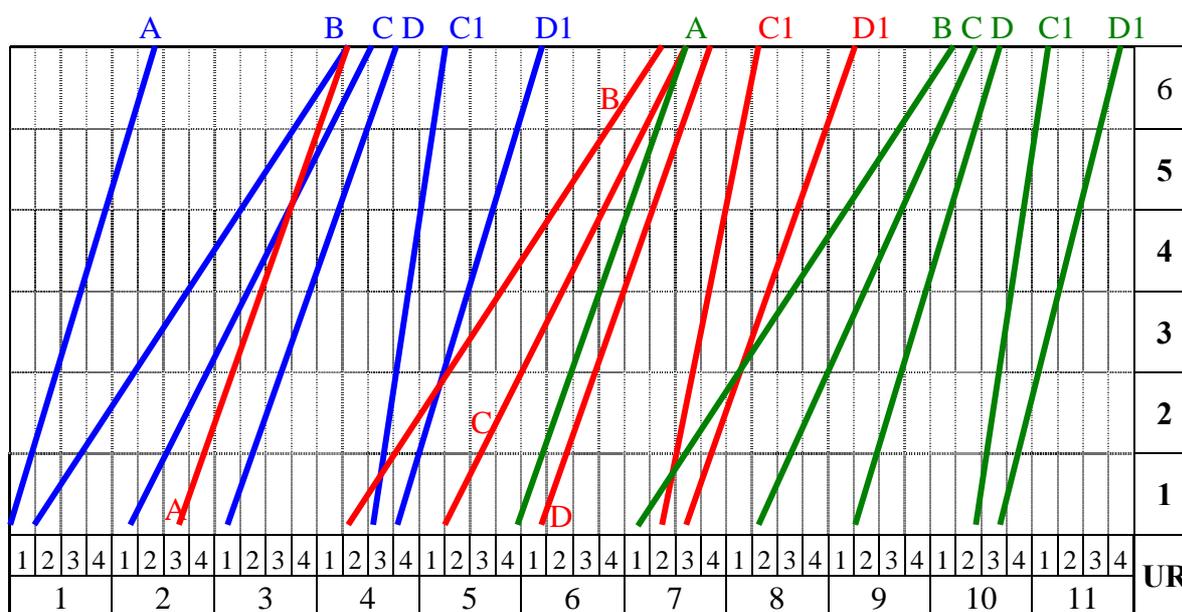
J - Jornada de trabalho semanal estipulada para a execução das diversas atividades do empreendimento.

Deve-se observar que as durações das atividades repetitivas são calculadas levando-se em consideração a quantidade total do serviço a ser executada na obra, para em seguida dividir-se o tempo total obtido pelo número de unidades repetitivas do projeto (06 UR), dessa forma o arredondamento é efetuado sobre o total da duração da atividade, o que permite uma maior aproximação da realidade.

6. Programação do projeto

A seqüência de atividades antecedente às atividades de montagem do empreendimento influenciou o planejamento executivo e a programação do mesmo. Assim, o ataque à obra foi programado por módulo, isto é, as equipes executaram suas respectivas atividades no 1º (primeiro) módulo da 1ª (primeira) unidade a 6ª (sexta) unidade, na seqüência o 2º (segundo) módulo da 1ª (primeira) unidade a 6ª (sexta) unidade, até a conclusão do 3º (terceiro) nas 06 (seis) unidades. A obra foi concluída em 11 (onze) meses no prazo previsto.

A representação gráfica da programação das atividades repetitivas está ilustrada na figura 4, apresentada a seguir.



Fonte: do autor

Figura 3 – Gráfico VPM

As cores representam a execução de cada módulo, assim a cor azul representa o 1º (primeiro) módulo, a cor vermelha, o 2º (segundo) e a cor verde, o 3º (terceiro) e último módulo.

As barras contínuas inclinadas representam as atividades como dito anteriormente. No gráfico VPM em questão (ver, Figura 3) as barras estão representando também os grupos de produção (A, B, C, D, C1 e D1), já que os mesmos executam atividades específicas (ver, Quadro 2). As barras foram simbolizadas pelos grupos para uma melhor visualização e comunicação ao nível de canteiro.

A linha horizontal mostra o tempo de duração e a linha vertical representa as unidades de repetição, no caso os galpões.

7. Considerações finais

As vantagens do VPM puderam ser confirmadas para a produção de galpões em estrutura metálica, além da observação quanto ao envolvimento e mudanças de comportamento de todas as partes envolvidas no empreendimento, visto a facilidade e transparência na compreensão da representação gráfica do método.

O planejamento executivo baseado em linhas de fluxo proporcionou sincronismo e minimizou a ociosidade geralmente presente na passagem dos grupos de produção de uma unidade repetitiva para outra. Em decorrência, foram otimizadas a contratação da mão-de-obra terceirizada e a alocação da mão-de-obra própria, entre projetos.

O ataque à obra também pôde ficar mais organizado, visto que ficou mais evidente o número de frentes de trabalho, bem como os pontos de gargalo ao longo do tempo. Outras ferramentas tradicionais não evidenciam com tanta clareza estas questões.

Frente aos resultados obtidos, pode-se concluir que o VPM pode ser um excelente veículo de melhoria do processo de produção de galpões em projetos de natureza repetitiva, principalmente no que se refere às atividades de planejamento executivo.

Referências

- CUKIERMAN, ZIGMUNDO SALOMÃO. (1982) - O modelo PERT/CPM aplicado a projetos. 3ª Ed. Rev. Rio de Janeiro: Ed. Rio.
- ICHIHARA, JORGE DE ARAÚJO. (1996) - Racionalidade e ergonomia. Piracicaba-SP: 16º ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- ICHIHARA, JORGE DE ARAÚJO. (1997) - A base filosófica da linha de balanço. Gramado-RS: 17º ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- ICHIHARA, JORGE DE ARAÚJO. (1998) - Um método de solução heurístico para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos-tipo. Florianópolis: PPGEP/DEPS/UFSC. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- ICHIHARA, JORGE DE ARAÚJO. (2001) - Planejamento e Controle na Construção Civil I – Notas de aula. Belém: DCC/CT/UFPA.
- LEONE, G. S. G. (1996) - Custos: Planejamento, implantação e controle. 2ª Ed. São Paulo: Atlas.
- LIMMER, C. V. (1997) - Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras. Rio de Janeiro: LTC.
- MENDES JÚNIOR, RICARDO. (1999) - Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. Florianópolis: PPGEP/DEPS/UFSC. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.