

Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção

OS DIFERENTES PONTOS DE ORIGEM E DESTINO PODEM INFLUENCIAR NO SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OLARIA NO SUDESTE DO PARÁ

THE DIFFERENT POINTS OF ORIGIN AND DESTINATION CAN INFLUENCE THE SEQUENCING OF PRODUCTION: A CASE STUDY IN A POTTERY IN SOUTHEASTERN PARÁ

Tiago Silva dos Santos¹

Luis Henrique de Moura Ferreira²

Nathalia de Souza Rocha³

Danielle Rodrigues Monteiro da Costa⁴

RESUMO: Este artigo analisa e ressaltar a importância da aplicação do estudo de sequenciamento de produção e de ferramentas de custos mínimos de transportes em uma olaria no estado do Pará. A empresa possui sede localizada no município de Nova Ipixuna, e uma filial no município de Novo Repartimento, ambas no sudeste do Estado. O estudo realizado tem como objetivo identificar os problemas de transportes enfrentados pelo empreendimento, bem como otimizá-los. Assim, utiliza-se a ferramenta de custo mínimo de transporte, da área de pesquisa operacional, para as rotas de entrega das cidades de Parauapebas (PA), Marabá (PA), Tucuruí (PA) e Paragominas (PA). O estudo do sequenciamento, com premissas do planejamento e controle da produção, faz-se necessário, para que as olarias utilizem, de forma ótima, de suas capacidade de produção, para atender as demanda dos centros consumidores. Através da análise do sequenciamento em lote no processo de produção dos tijolos e o cálculo do custo de transporte para as devidas cidades obteve-se uma contribuição significativa para o aperfeiçoamento da produtividade da empresa.

Palavras-chave: Custo mínimo. Planejamento e Controle da Produção. Pesquisa operacional. Olaria.

¹ Bacharel, Universidade do Estado do Pará, Engenharia de Produção, Marabá/Brasil. tiagosilvaep2015@gmail.com.

² Bacharel, Universidade do Estado do Pará, Engenharia de Produção, Marabá/Brasil. luishdmoura@hotmail.com.

³ Bacharel, Universidade do Estado do Pará, Engenharia de Produção, Marabá/Brasil. nath_nathalia2010@hotmail.com.

⁴ Doutora, Universidade do Estado do Pará, Engenharia de Produção, Marabá/Brasil. danymont@uepa.br.

ABSTRACT: This article analyzes and emphasizes the importance of the application of the study of sequencing of production and of tools of minimum costs of transport in a pottery in the state of Pará. The company headquarters is located in the municipality of Nova Ipixuna and a subsidiary in the municipality of Novo Repartimento both in the southeast of the state. The objective of this study is to identify the transport problems faced by the enterprise as well as to optimize them. Therefore, the minimum transport cost tool of the operational research area is used for the delivery routes of the cities of Parauapebas (PA), Marabá (PA), Tucuruí (PA) and Paragominas (PA). The study of the sequencing of the production with premises of the planning and control of the production is necessary so that the potteries use optimally of their production capacity to demand of consumer centers. Through the analysis of batch sequencing in the brick production process and the calculation of the cost of transport to the appropriate cities, a significant contribution was made to the improvement of the company's productivity.

Keywords: Minimum cost. Planning and production control. Operational Research. Pottery.

1 INTRODUÇÃO

O cenário competitivo mundial evidencia que as empresas necessitam de esforços cada vez maiores para evitar desperdícios, controlar estoques, cumprir prazos e atender as expectativas dos clientes. Com isso, o planejamento, programação e controle da produção são de grande valia dentro das organizações e a utilização das regras de sequenciamento é uma das formas para atingir alguns resultados desejados. Normalmente, um bom planejamento e controle da produção é aquele que consegue atender a demanda no tempo previsto.

Nas atividades exercidas nas olarias, a programação da produção envolve o processo de distribuição das operações pelos postos de trabalho. As diversas operações feitas no negócio podem aguardar o processamento em um determinado centro de trabalho. Com isso, o enfoque da programação da produção está relacionado a dois encargos básicos: a alocação de carga e o sequenciamento das tarefas ou operações. (MOREIRA, 2001).

Conforme Martins (2011), o método do Custo Mínimo é comumente usado para encontrar a solução básica inicial, atribuindo o maior valor transportável da mercadoria às células com os menores custos unitários de transporte. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é aplicar técnicas da pesquisa operacional para minimizar os custos e otimizar o resultado de uma empresa que fabrica tijolos, e que realiza o transporte de suas mercadorias.

Este trabalho teve como foco realizar uma comparação entre as regras de sequenciamento, dado a importância nas atividades produtivas da olaria, analisando assim os resultados obtidos por cada regra, uma vez que a empresa em estudo não possui um padrão de sequenciamento definido. Assim, aplica-se o gráfico de Gantt para possibilitar a programação

do sequenciamento e uma posterior análise dos resultados e, então, propõe-se o uso do melhor método de sequenciamento conforme os resultados da aplicação do método de custo mínimo.

Dado o sequenciamento da produção, pode-se perceber que o estudo de caso realizado na fábrica de tijolos necessitou de um análise de alocação de materiais para o seus consumidores. Assim, aplicaram-se ferramentas que possibilitaram melhorias nas operações, bem como no sequenciamento da produção, e ainda minimizaram os custos de transporte.

2 Referencial teórico

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

O propósito do planejamento e controle é, segundo Slack et al. (2002), “garantir que os processos da produção ocorram de forma eficaz e eficiente, e que produzam produtos e serviços conforme requeridos pelos consumidores”. Segundo Lustosa et al. (2008) e Corrêa et al. (2008), as atividades de PCP são classificadas em 3 níveis: longo, médio e curto prazo. No longo prazo, há maior agregação de dados, utilizando-se unidades de planejamento maiores (trimestre ou mês) e famílias de produtos (ao invés de dados individuais de cada produto final). Além disso, o horizonte de planejamento é mais extenso, pois nesse nível busca-se identificar e solucionar restrições de longo prazo. Para o médio e curto prazo, as unidades de planejamento costumam ser menores, os horizontes mais curtos e a agregação de dados reduzida. Além disso, a importância da automatização da coleta e processamento dos dados nos níveis inferiores é majorada, devido aos processos serem realizados com grande frequência e a base de dados analisada ser mais extensa (BAGNI; VOLPE; MARÇOLA, 2014).

A partir da análise do trabalho de vários autores (SILVA FILHO, 2000; SLACK et al., 2009; VOLLMANN et al., 2006; FERNANDES e GODINHO FILHO, 2010), observa-se que independentemente do sistema produtivo, da tecnologia empregada no processo e da forma empregada para administrar a produção, existem algumas atividades que são inerentes à realização do PCP. Para Slack (1997), o PCP deve ser conduzido de forma diária, pela disponibilidade das ferramentas e conhecimentos imprescindíveis ao atendimento aos clientes internos e externos, assegurando que a manufatura produza o suficiente para atender a demanda. A elaboração da produção começa na etapa de planejamento, a qual passa pela etapa de programação efetiva e de controle.

O PCP deve acontecer em três fases: o primeiro estágio deve ser o plano agregado, que é considerado planejamento de longo prazo, e que pode ser anual, semestral ou trimestral; a segunda é o plano mestre, que deve ser mensal; e a terceira é o plano detalhado, de menor

espaço de tempo, a qual pode ser planejada para uma semana, três dias ou até mesmo um dia (SHINGO, 1996; SALES, 2005).

2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

O sistema de planejamento de fabricação é complexa devido as suas muitas variáveis. Dentre estas, pode-se evidenciar o sequenciamento da produção, e, nas organizações, esta atividade normalmente são realizadas pelos operadores, e não unicamente pelo setor de PCP. A determinação da sequência tende a incrementar os recursos e a maximizar o prazo de entrega aos clientes (TORRES et al., 2003). O sequenciamento da produção pode ser considerado como a interface do PCP responsável pelo planejamento da ordem de produção a curto prazo. Segundo Correa et al. (2008):

Consiste em decidir quais atividades produtivas (ou ordens/ instruções de trabalho) detalhadas devem ser realizadas, quando (momento de início ou prioridade na fila) e com quais recursos (matérias-primas, máquinas, operadores, ferramenta, entre outros) para atender a demanda, informada, ou através das decisões do plano-mestre de produção (PMP).

Para organizar o processamento de pedidos podem-se usar regras de sequenciamento que estabelecem um meio lógico de saber qual lote terá prioridade na fila de processamento em um recurso. Tais condicionantes são respeitadas com a intenção de atingir objetivos, como cumprimento de prazo dos clientes, redução de custos de produção, entre outros (TUBINO, 1997). Enfim, são inúmeras as possibilidades de condutas adotadas para se estabelecer a ordenação no sequenciamento de ordens. A escolha de qual é a regra mais apropriada para o sequenciamento da produção depende dos objetivos da fábrica.

Um eficiente planejamento dos pedidos pode impedir desperdício de estoque, tempo, e mão de obra. Isso possibilita que os esforços da empresa na produção sejam estruturados a fim de atender as suas metas. Segundo Mesquita et al. (2008, p.169), uma das formas de efetuar o sequenciamento da produção é por meio da utilização das regras de prioridade. sendo as regras apresentadas no Quadro 1 as mais comuns para gerar soluções na programação da produção.

| Siglas | Especificação | Definição | Propriedades |
|--------|---------------------------------------|--|---|
| PEPS | Primeiro que entra, primeiro que sai. | Os lotes serão processados de acordo com o pedido ou chegada ao recurso. | Prioridade às ordens que chegarão antes. |
| MTP | Menor tempo de processamento. | Os lotes são processados de acordo com os menores tempos de processamento no recurso. | Prioridades às ordens de menor tempo, propiciando uma redução nas filas e aumento do fluxo. |
| MDE | Menor data de entrega. | Os lotes são processados de acordo com as menores datas de entrega. | Prioridade nas ordens mais urgentes visando reduzir atrasos. |
| IPI | Índice de prioridade. | Os lotes são processados de acordo com o valor de prioridade atribuído ao cliente ou ao produto. | Busca evitar a parada de um processo subsequente. |
| ICR | Índice crítico. | Os lotes são processados de acordo com menor valor de: data de entrega – data atual/ tempo de processamento. | Regra dinâmica que procura combinar a MDE, que considera apenas a data prometida, com a MTP, que considera apenas o tempo de processamento. |

QUADRO 01 - Regras de sequenciamento em lote
 FONTE: Adaptado de Mesquita et al. (2008, p.167).

2.3 GRÁFICO DE GANTT

Entre os diversos procedimentos que podem ser realizados na técnica de PCP, o gráfico de Gantt normalmente é um dos mais aplicados pela maioria das indústrias, sobretudo para estruturação de cronogramas de planejamento e supervisão dos métodos de fabricação.

De acordo com Pavan (2002), H. L. Gantt, ao se dedicar à organização de fábricas, compreendeu a carência de um gerência visual e instantânea na produção, e idealizou um gráfico que conseguisse mostrar a situação atual da produção para qualquer funcionário, apresentando o planejamento através dos tempos supostos para a execução e também dos tempos reais executados. O gráfico foi estabelecido através da aplicação de barras horizontais, onde o comprimento de cada barra demonstra o tempo para realização de uma atividade estipulada de um projeto.

Para Erdmann (2000), trata-se de um gráfico que faz a distribuição de trabalhos planejados, com o propósito de esclarecer os procedimentos, e possibilitando a programação e o controle da carga de trabalho e a identificação de gargalos

2.4 PROBLEMA DE TRANSPORTE - MÉTODO DO MÍNIMO CUSTO

A estruturação do problema de transportes, conforme Canavarro (2005), é uma aplicação interessante de programação linear e de grande relevância para a Engenharia de Produção. A Pesquisa Operacional estuda esses problemas com o objetivo de minimizar custos de transporte e desenvolver modelos computacionais de fácil resolução.

O método do custo mínimo é o mais empregado e demonstra, quase sempre, uma resposta preliminar que é agradável. Segundo Passos (2005), a finalidade dessa ferramenta é buscar uma solução executável inicial de menor custo total. Para solucionar um problema de transporte, ou seja, para encontrarmos os itinerários otimizados (de menor custo) das origens para os destinos, devemos, inicialmente, modelar o problema matematicamente. Após esta modelagem, devemos proceder a aplicação do algoritmo de transporte. A maneira para aplicação do mínimo custo é dessa forma:

- ✓ Atribuir a maior grandeza viável a variável que obtenha o menor custo de transporte e excluir a linha ou coluna satisfeita;
- ✓ Adaptar os itens da linha ou coluna não ajustada, a partir da variável que tenha o menor custo;
- ✓ Refazer o método para as variáveis que tenham outros custos, em ordem crescente.

2.5 PASSOS PARA O CÁLCULO DO CUSTO MÍNIMO

Os passos para aplicação deste método são idênticos aos passos do Método do Canto Noroeste, porém, iniciando a escolha da célula pela àquela como mínimo custo e caminhando sempre para o “próximo” mínimo custo.

Segundo Passos (2008, p.186) o método do canto noroeste consiste em alocar a carga a partir da primeira célula (célula noroeste), descarregando-se nela o máximo possível de carga de acordo com as necessidades da primeira coluna e as disponibilidades da primeira linha e continuando da esquerda para a direita até que toda a carga disponível no primeiro depósito tenha sido distribuída. Em seguida passamos para as linhas seguintes (...) e procedemos da mesma maneira até que toda a carga tenha sido distribuída.

Uma linha (ou coluna) é considerada satisfeita quando a quantidade de produto disponível na origem associada já tiver se esgotado (ou o total da demanda pelo produto no destino associado tiver sido atendido) (MARINS, 2011 p.147).

O algoritmo de transporte consiste em um método iterativo que compreende basicamente os seguintes passos:

1. Encontrar uma solução básica inicial: Para Magalhães (2005), a solução básica inicial é a primeira solução encontrada que atende a todas as restrições apresentadas pelo problema, levando em consideração as variáveis X_{ij} valores positivos ou nulos.
2. Verificar se a solução encontrada é ótima. Se for, pare. Caso contrário siga para o passo 3. Para Marins (2011), a vantagem de se utilizar este método é que se consegue encontrar uma solução inicial ótima com um número menor de iterações;

3. Determinar uma nova solução básica compatível e voltar ao passo 2.

A seguir tem-se um fluxograma que indica os passos a serem seguidos, conforme o canto Noroeste, para o devido encontro do custo mínimo de transporte.

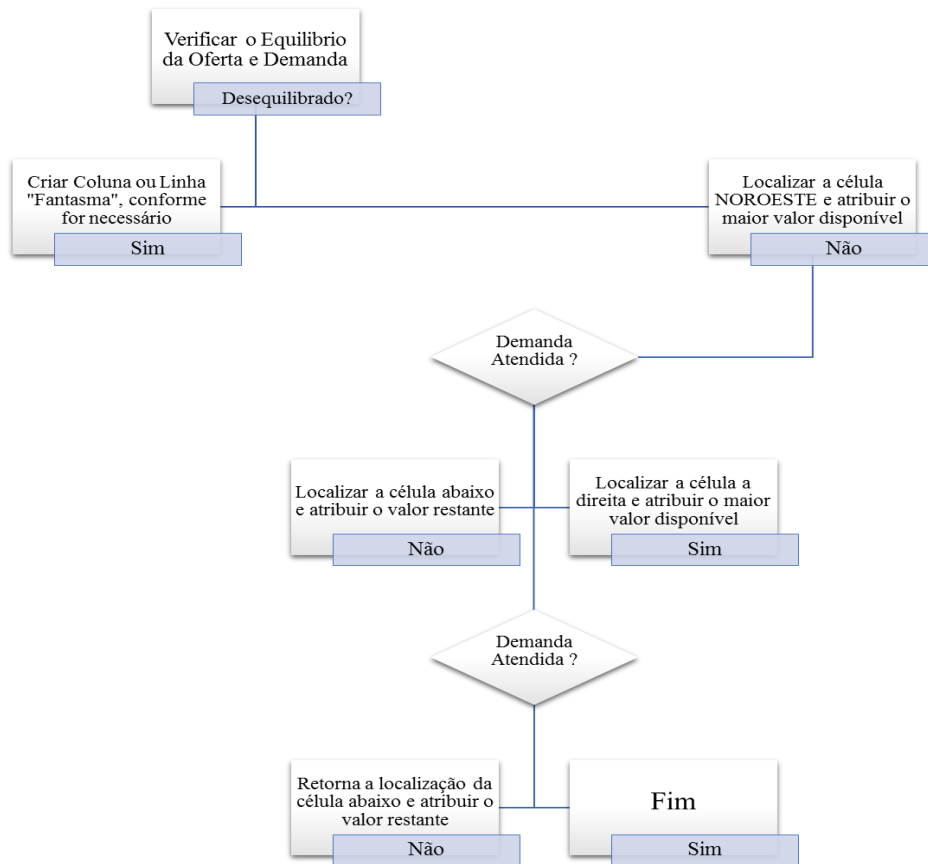


FIGURA 01: Fluxograma do método Canto Noroeste.
FONTE: Autores, 2017.

3 METODOLOGIA

De acordo com Marconi e Lakatos (1991, p.15), “A pesquisa é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um trabalho científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”. A pesquisa feita, utiliza de abordagem qualitativa e com método do tipo estudo de caso por envolver o estudo do sequenciamento da produção e os problemas de transportes em uma empresa específica, de modo geral e detalhado.

O referido trabalho trata-se de um estudo realizado no sudeste do Pará na cidade de Nova Ipixuna e Novo Repartimento, nos processos de fabricação de tijolos. Foi necessário fazer entrevistas informais, uma pesquisa exploratória, com os colaboradores da empresa com o intuito de entender melhor o seu funcionamento. Ainda, foram feitas as buscas de informações

sobre os assuntos abordando o sequenciamento da produção e a pesquisa operacional, através de uma revisão literária, do método de transporte adequado e os gargalos da empresa em relação ao sequenciamento. Com isso, foi possível a elaboração da pesquisa e a sugestão de proposta de melhoria que além de ajudar na gestão da logística de transporte da empresa analisada, pode também beneficiar quando aos métodos de sequenciar a fabricação dos tijolos.

Aplicou-se o gráfico de Gantt de forma agregada, de forma como era feito o processo de fabricação dos tijolos pela empresa, e com o auxílio dos cálculos de custo de transporte para os centros consumidores. Utilizando o método de mínimo do custo, obteve-se uma outra análise do gráfico de Gantt, sendo possível determinar o sequenciamento mais adequando para cada Olaria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 A EMPRESA

A moldagem e queima da argila para fabricação de tijolos e outros tipos de cerâmicas é histórico, ou seja, sendo que, atualmente, utiliza-se em várias áreas da construção civil e outros segmentos industriais. A Olaria X estudada atua no mercado há 8 anos no Sudeste do estado do Pará, no município de Nova Ipixuna. A empresa é especializada na fabricação de tijolos de vários tipos: de demolição, rústicos, revestimentos de parede, tijolos para piso e peças especiais para acabamento em geral, em um processo semi-artesanal, e com um excelente controle de qualidade. As matérias-primas são selecionadas, moldadas e queimadas a altas temperaturas, entre 800 °C a 1000 °C, obtendo um produto final de alta qualidade com aspecto natural rústico nas cores branca e vermelha mesclada e requeimada. Os produtos são utilizados para diversas aplicações: residências, pousadas, centro comerciais, bares, restaurantes, pizzarias, fornos em geral, lareiras, churrasqueiras, pisos internos e externos, áreas de lazer, piscinas, fachadas, shoppings, garagens entre outros.

4.2 O ESTUDO DE CASO

A Olaria X defrontava problemas de alocação dos produtos, pois possui uma filial no município de Novo Repartimento além de sua sede. Para este estudo de caso, serão utilizadas as quatro principais rotas de distribuição da empresa, e dessa forma, serão analisadas o modo de sequenciamento em lotes da empresa assim como as rotas da empresa para as cidades de

Parauapebas (PA), Marabá (PA), Tucuruí (PA) e Paragominas (PA), como mostra o diagrama apresentado na Figura 02.

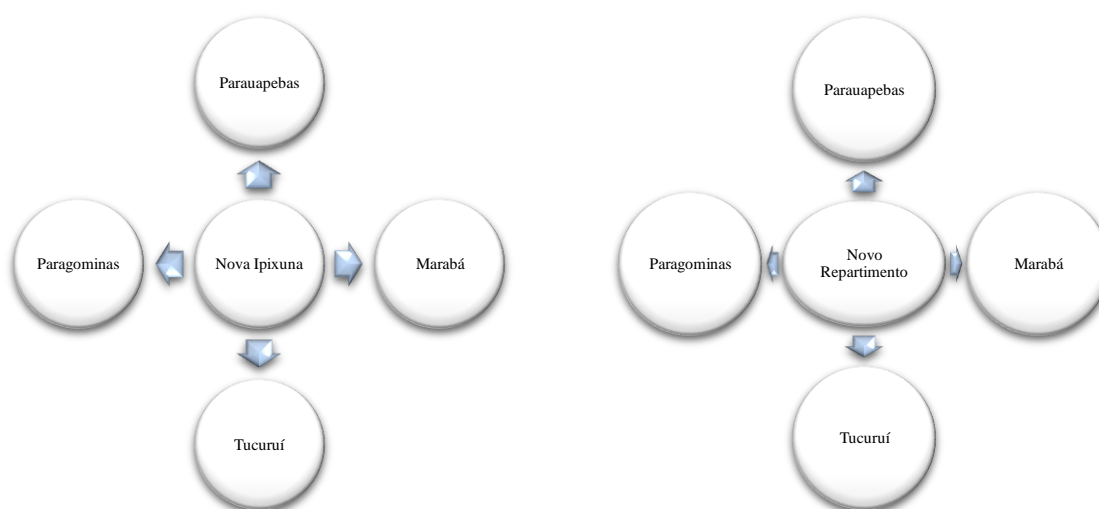


FIGURA 02 - Diagrama de redes da Olaria

FONTE: Autores, 2017.

Para cada rota de distribuição foi estabelecida uma sigla X_{ij} onde i são as origens dos tijolos e j são os destinos demandados. A configuração ficou na forma X_{11} , X_{12} , X_{13} e X_{14} , representando as rotas de Nova Ipixuna para Parauapebas, Marabá, Tucuruí e Paragominas respectivamente; e X_{21} , X_{22} , X_{23} e X_{24} , representando as rotas de Novo Repartimento para Parauapebas, Marabá, Tucuruí e Paragominas. A seguir, na Tabela 01, tem-se as distâncias em quilômetros entre as Olarias e as cidades que demandam dos produtos. A ferramenta utilizada para extrair essas informações foi o *Google Maps* (Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>).

TABELA 01 - Distâncias entre as Olarias e os centros consumidores

| Da Região Produtora | Unidade | Para o Mercado Consumidor | | | |
|---------------------|---------|---------------------------|--------|---------|-------------|
| | | Parauapebas | Marabá | Tucuruí | Paragominas |
| Nova Ipixuna | Km | 216 | 61 | 214 | 404 |
| Novo Repartimento | Km | 535 | 380,8 | 272,5 | 467,1 |

FONTE: Autores, 2017.

4.3 SEQUENCIAMENTO EM LOTE DE PRODUÇÃO

O processo de fabricação dos tijolos na cerâmica estudada divide-se em duas etapas. A primeira consiste na extração da argila no barreiro, processo de apodrecimento, transporte contínuo da matéria prima através de uma esteira para a trituração e a homogeneização no amassador. Esses processos foram considerados como a “Máquina A” da análise do sequenciamento da produção. Já na segunda etapa a matéria prima passa pela prensa e depois

pelo processo de secagem artificial, onde haverá a queima nos fornos. Na análise do sequenciamento da produção, esses processos consistem na “Máquina B”. Adiante tem-se os tempos de ordens de fabricação (OF) para cada máquina:

TABELA 02 - Sequenciamento das tarefas, considerando os dados da empresa do estudo no período de 01/10/2017 à 25/10/2017

| Pedido | Início | Previsão | Prazo | Duração | Custo (R\$) | Qtd. | Ord. | Recurso | Cidade do Cliente |
|--------|--------|----------|-------|---------|-------------|--------------|------|------------------|-------------------|
| XX010 | 01/10 | 09/10 | 10/10 | 8 dias | 3.300,00 | 6000 Tijolos | OF1 | Máq. A Máq. B | Parauapebas |
| XX011 | 06/10 | 12/10 | 13/10 | 6 dias | 2.200,00 | 4000 Tijolos | OF2 | Máq. A Máq. B | Tucuruí |
| XX012 | 14/10 | 18/10 | 19/10 | 4 dias | 1.650,00 | 3000 Tijolos | OF3 | Máq. A Máq. B | Paragominas |
| XX013 | 18/10 | 28/10 | 29/10 | 10 dias | 3.850,00 | 7000 Tijolos | OF4 | Máq. A Máq. B | Marabá |

FONTE: Autores, 2017.

O gráfico de Gantt gerado permite avaliar a sequência de produção, visualizar os tempos de espera e os lead times médios e assim realizar possíveis reprogramações. Os índices de prioridade traçados foram feito através de informações do gestor, que afirmou que o cliente de Marabá tem maior prioridade por uma questão familiar e de proximidade, enquanto que os outros são escolhidos por quantidade de pedidos. A tabela 03 contribui para a programação do gráfico de Gantt:

TABELA 03 - Ordens de pedidos e tempos de processos das máquinas A e B

| Ordens de pedidos e tempo de processamento em dias dos tijolos | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------|------------|------------------------------|
| Ordens de Fabricação | Máq. A (Dias) | Máq. B (Dias) | Tempo de Processamento (Dias) | Entrega em Dias | Prioridades | Data Atual | ICR –Temp. de Proces. (Dias) |
| OF1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 2 | 5 | 1,6 |
| OF2 | 1 | 2 | 3 | 6 | 3 | 3 | 2,0 |
| OF3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1,0 |
| OF4 | 2 | 5 | 7 | 10 | 1 | 7 | 1,4 |

FONTE: Autores, 2017.

Cada trabalho tem que ser processado em cada uma destas máquinas. Todos os trabalhos têm que seguir o mesmo caminho (ex: todos têm que ser processados primeiro na máquina 1, depois na máquina 2). Depois de ser concluído em uma máquina, um trabalho é inserido na fila da próxima máquina. A seguir tem-se o gráfico de Gantt que evidência o sequenciamento da produção.

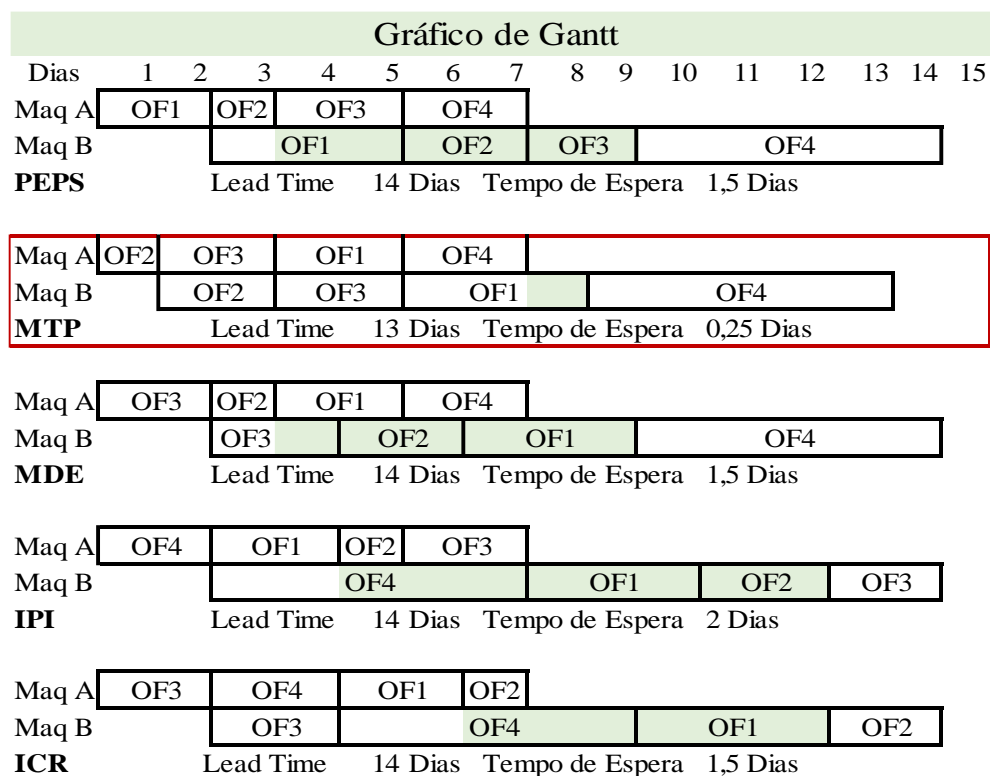


GRÁFICO 01 - Sequenciamento da produção com o auxílio do gráfico de Gantt

FONTE: Autores, 2017

A forma de sequenciamento da produção em lotes, na empresa, como pode ser visto no gráfico de Gantt acima, deve seguir a regra de Menor Tempo de Processamento. Sua aplicação é simples e, na prática, será mais eficaz com a redução de pedidos atrasados e também um Lead Time reduzido de 13 dias em relação as outras técnicas. Considerando os custos de transporte unitários, a capacidade de produção das fábricas e a demanda dos centros consumidores, o objetivo agora é determinar o quanto deve ser entregue por fábrica em cada centro consumidor, de forma a minimizar os tempos de espera, lead time e os custos de transporte, conforme a regra escolhida de sequenciamento.

4.4 CÁLCULO DOS CUSTO DE TRANSPORTE

De acordo com dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no período de 01/10/2017 a 31/10/2017, a média de preço do litro de diesel ficou em R\$ 3,98. A empresa utiliza o veículo da marca Volkswagen, e seu consumo médio é de 3,3 km/l, os devidos cálculos estão na tabela a seguir. O referido veículo possui a capacidade de carregar um bloco de rocha de aproximadamente 13 m³ por viagem. As fábricas possuem diferentes capacidades, de acordo com a tabela 4, assim como pode ser obtido através dos dados dos custos de transporte entre as regiões de produção para as de demanda da tabela 2.

TABELA 04: Cálculo do custo de transporte dos tijolos para as devidas cidades

| Da Região Produtora | Capacidade (Tijolos) | Unidade | Para o Mercado Consumidor | | | |
|---------------------|----------------------|---------|---------------------------|--------|---------|-------------|
| | | | Parauapebas | Marabá | Tucuruí | Paragominas |
| Nova Ipixuna | 10000 | R\$ | 522 | 148 | 516 | 974 |
| Novo Repartimento | 10000 | R\$ | 1290 | 918 | 658 | 1126 |

FONTE: Autores, 2017.

O veículo que transporta os tijolos as cidades consumidoras possui a capacidade de carregar um milheiro de tijolos por viagem.

4.5 MÉTODO DO MÍNIMO CUSTO

De acordo com Passos (2008), as etapas para aplicação deste método são idênticos aos passos do Método do Canto Noroeste, porém, iniciando a escolha da célula pela aquela como mínimo custo e caminhando sempre para o “próximo” mínimo custo.

- ✓ Função Objetivo - é a função

matemática que expressa o objetivo de minimizar os custos de transporte dos tijolos, ou seja

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij}$$

- ✓ Restrições em relação a oferta:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad \text{Para } i=1, 2, \dots, m$$

- ✓ Restrições em relação a demanda:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad \text{Para } j=1, 2, \dots, n$$

- ✓ Restrições implícitas:

$$x_{ij} \geq 0$$

Para que o problema tenha solução, a seguinte equação de balanço deve ser verificada:

$$\sum_{j=1}^n a_i = \sum_{i=1}^m b_j$$

Considerando que é possível embarcar de qualquer uma das origens – Nova Ipixuna ou Novo Repartimento, para qualquer um dos destinos dos tijolos, que o número total de unidades a ser transportadas, a partir da origem i deve ser igual à oferta a_i da origem; e que o número de unidades transportadas para o destino j deve ser igual à sua demanda b_j em capacidade, temos:

| | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| O r i g e n s | $\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$ | Parauapebas | Marabá | Tucuruí | Paragominas | Oferta a_i |
| | Nova Ipixuna | 3000 522 | 7000 148 | 0 516 | 0 974 | 10000 |
| | Novo Repartimento | 3000 1290 | 0 918 | 4000 658 | 3000 1130 | 10000 |
| | Demanda b_j | 6000 | 7000 | 4000 | 3000 | |

QUADRO 02: Tabela do cálculo utilizando o método do custo mínimo

FONTE: Autores, 2017.

O custo total de distribuição obtido para essa solução é dado por: $(3000 \times 0,55) + 522 + (3000 \times 0,55) + 1290 + (7000 \times 0,55) + 148 + (4000 \times 0,55) + 658 + (3000 \times 0,55) + 1130 = 14.748,00$ R\$. Com a utilização do Método do Custo Mínimo a distribuição dos tijolos ficou estabelecida da seguinte maneira: a matriz em Nova Ipixuna deverá enviar 3000 tijolos para Parauapebas e 7000 tijolos para Marabá utilizando toda a sua oferta disponibilizada.

A filial de Novo Repartimento deverá enviar 3000 tijolos para Parauapebas, 4000 tijolos para Tucuruí e 3000 tijolos para Paragominas, esgotando toda a sua oferta disponível. Com a utilização da técnica de custo mínimo, evidenciou que as produções de tijolos devem ser distribuída entre as duas olarias, isso mostrado através do quadro 02, e para uma redução no tempo de espera e lead time é necessário uma nova análise do gráfico de Gantt de será feita a seguir, mostrando uma contribuição na aplicação das variadas regras de sequenciamento reduzindo os riscos de erros da produção em lote. A seguir tem-se a tabela 05 que mostra as ordens de pedidos para a cerâmica de Nova Ipixuna, onde a oferta deve atender a cidade de Marabá completamente e metade da demanda de Parauapebas.

TABELA 05: Ordens de pedidos e tempos de processos das máquinas A e B para a cerâmica de Nova Ipixuna

| Ordens de pedidos e tempo de processamento em dias dos Tijolos - Nova Ipixuna | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------|------------|------------------------------|
| Ordens de Fabricação | Máq. A (Dias) | Máq. B (Dias) | Tempo de Processamento (Dias) | Entrega em Dias | Prioridades | Data Atual | ICR –Temp. de Proces. (Dias) |
| OF1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 1,3 |
| OF4 | 2 | 5 | 7 | 10 | 1 | 7 | 1,4 |

FONTE: Autores, 2017.

A seguir tem-se a tabela 06 que mostra as ordens de pedidos para a cerâmica de Novo Repartimento, onde a oferta deve atender a cidade de Paragominas e Tucuruí completamente e metade da demanda de Parauapebas, uma divisão do lead time trazendo uma efetividade de entregas para as demandas.

TABELA 06: Ordens de pedidos e tempos de processos das máquinas A e B para a cerâmica de Novo Repartimento

| Ordens de pedidos e tempo de processamento em dias dos Tijolos - Novo Repartimento | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------|------------|------------------------------|
| Ordens de Fabricação | Máq. A (Dias) | Máq. B (Dias) | Tempo de Processamento (Dias) | Entrega em Dias | Prioridades | Data Atual | ICR –Temp. de Proces. (Dias) |
| OF1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2,0 |
| OF2 | 1 | 2 | 3 | 6 | 1 | 3 | 2,0 |
| OF3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1,0 |

FONTE: Autores, 2017.

O gráfico 02 de Gantt traz uma relação entre as duas cerâmicas analisada de forma separadamente para o sequenciamento da produção, mostrando uma redução do lead time para 8 dias e 6 dias e um tempo de espera de zero para as cerâmicas de Nova Ipixuna e Novo Repartimento respectivamente, e ainda mostrando uma adequação de variadas técnicas para o empreendimento.

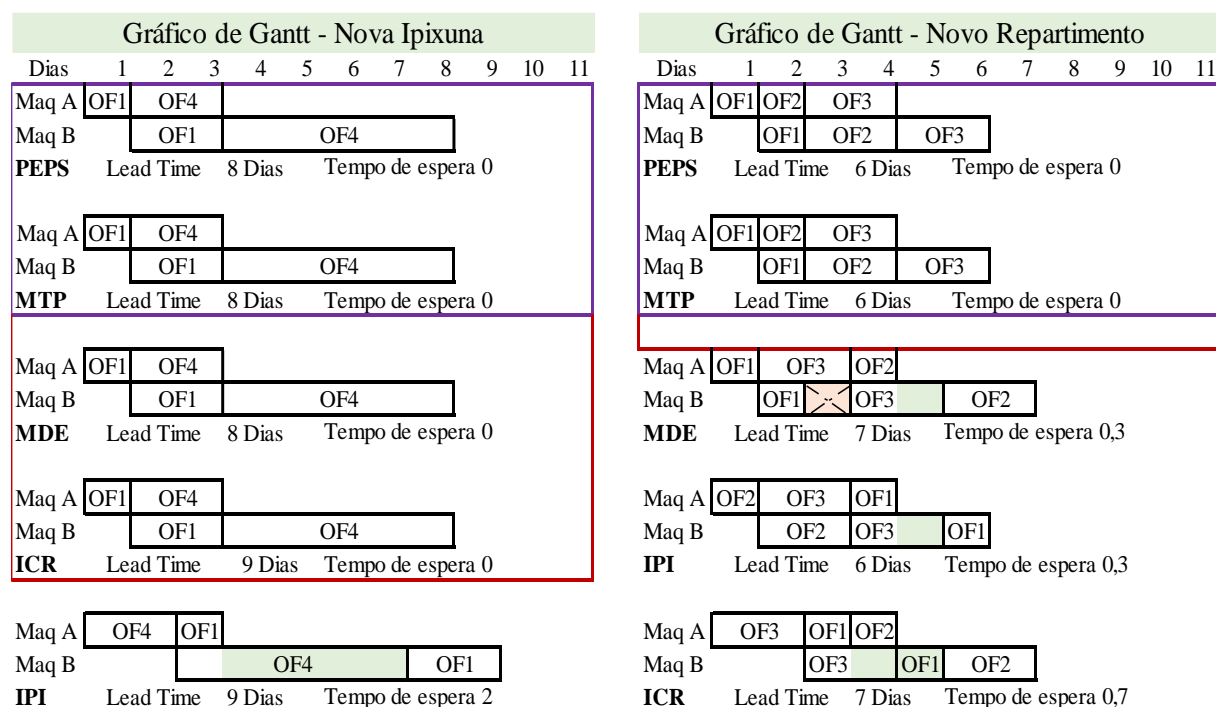


GRÁFICO 02: Sequenciamento da produção com o auxílio do gráfico de Gantt para as diferentes cerâmicas
FONTE: Autores, 2017.

Então, de forma geral o estudo do sequenciamento na forma agregada mostrou um lead time de 13 dias e um tempo de espera para as máquinas de 0,25 dias, e através da aplicação do método de custo mínimo percebeu-se que o sequenciamento da produção deve ser feita de forma separada para que o custo de transporte seja de 14.748,00 R\$, evidenciando uma redução do

lead time para 6 e 8 dias para a cerâmica de Novo Repartimento e Nova Ipixuna respectivamente e um tempo zero de espera para as máquinas para mais de uma regras de sequenciamento

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, consideramos que por se tratar de uma empresa com uso característico de produção em milheiros, e da existência da sede e sua filial serem em cidades distintas, a aplicação do estudo de sequenciamento em lotes de produção para determinação da capacidade produtiva bem como o cálculo dos custos de transporte entre os locais de produção e os centros consumidores, possuiu uma eficiência nos resultados. Constatando a necessidade da distribuição da produção de tijolos entre a sede e sua filial, de modo a reduzir os custos com transporte, aumentando sua capacidade produtiva e reduzindo o tempo de entrega do produto.

Deste modo, as informações obtidas durante a pesquisa foram de suma importância para que os gestores possam interferir nesse processo de forma a aperfeiçoá-lo a alcançar resultados mais satisfatórios, tanto no que se refere a quantidade produtiva como na qualidade e efetividade da entrega, as regras apresentadas mostrou um aumento no tempo médio de espera e no lead time em relação ao valor obtido com a regra PEPS de forma geral para o sequenciamento utilizado pela empresa. Com a aplicação das outras regras de sequenciamentos feitos de forma agregado, mostrou que a MTP foi a de mais valia com um menor tempo de espera e *Lead Time*.

Então a empresa possuía problemas de transportes e com o parâmetro de minimização de custo de transporte, aplicado com as ofertas e demandas disponibilizada do empreendimento, o cálculo do sequenciamento foi refeito de forma separadamente para a quantidade exata a ser produzidos nas devidas olarias – de Nova Ipixuna e Novo Repartimento - para que o problema de transporte fosse resolvido. Dessa forma o sequenciamento refeito com o horizonte de minimização mostrou um impasses em três regras para a Olaria de Nova Ipixuna e duas regras de Novo Repartimento, evidenciando que a regra utilizada pela empresa que é o PEPS é adequando, porém com a devido cálculo dos custos mínimos de transporte. É notório também que podem ser aplicados duas regras em comum de sequenciamento para as Olarias, que é o PEPS e o MTP, sem prejuízos de tempo de espera e *Lead Time*.

REFERÊNCIAS

- BAGNI, G.; VOLPE, L.A.A.; MARÇOLA, J.A. **Importância da estruturação e racionalização dos motivos de parada de equipamentos para cálculo e análise do OEE.** IN: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 34, 2014, Curitiba. Anais. Curitiba: ENEGEP, 2014.
- CANAVARRO, C. **Apostila de programação linear: problema de transporte**, Instituto politécnico de castelo branco – 2005.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- ERDMANN, R. H. **Administração da produção: planejamento, programação e controle.** Florianópolis: Papa Livro, 2000.
- FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- LOPES, R.,A.; LIMA, J., F., G.; **Planejamento e Controle da Produção: um estudo de caso no setor de artigos esportivos de uma indústria manufatureira.** In: XXVIII Encontro Nacional de Produção (ENEGEP), 2008, Rio de Janeiro.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional.** Editora Cultura Acadêmica, 2011.
- MESQUITA, M.; HELDER, G.C.; LUSTOSA, L.; SILVA, A.S.M. **Programação detalhada da produção.** In: LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. (org.) Planejamento e Controle da Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

PASSOS, Eduardo José Pedreira Franco dos. **Programação Linear: Como Instrumento da Pesquisa Operacional**. São Paulo: Atlas, 2008. 452 p. (1).

PAVAN, P. A. R. **Gerenciamento de projeto de expansão de instituições hospitalares: estudo de caso**. Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Gerência Empresarial e Negócios – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.

PINEDO, M. **Scheduling: theory, algorithms and systems**. New Jersey, Prentice-Hall. 4^a Ed, 2010.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SILVA FILHO, O. **Estratégias Sequenciais para o Planejamento Agregado da Produção sob Incertezas**. *Gestão & Produção*, v. 7 (3), p. 247-268, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas 3^o. Edição 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

TORRES, Marcio S.; LEITAO, Fabio; RODRIGUES, Luis Henrique; ANTUNES JR., José Antônio V. **Os benefícios da manufatura sincronizada: uma aplicação prática em uma empresa metal-mecânica do setor de autopeças**. Porto Alegre: 2003.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção- Teoria e Prática**. SãoPaulo: 2^a. ed. Atlas,2009.

VOLLMANN, T.E.; VERRY, W.L.; WHYBARK, D.C.; JACOBS, F.R. **Sistemas de planejamento e controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5^a ed. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 2006.