

Simulador de Planejamento de Alta Performance - Parte 1 de 3

Max-Prod

Resumo: O software possui três simuladores distintos, sendo que o presente descritivo enfoca o primeiro deles, no qual foram gerados metodologias e procedimentos totalmente inovadores para elaboração do planejamento da fábrica, utilizando técnicas do caminho crítico, conceitos do *Kanban*, da produção puxada e do JIT (just in time), associado a um simulador de concepção totalmente diferenciada para elaboração e otimização da carga de máquinas e sequenciamento das ordens de produção.

1. INTRODUÇÃO

Há um bom tempo a indústria enfrenta diariamente a elaboração da carga de máquinas, a definição e o provisionamento das necessidades de materiais e o acompanhamento dos custos de produção em segmentos fabris bastante diversificados, quer em regimes de fabricação seriada como não seriada. Ao longo desse período, tem-se notado pouca evolução, principalmente nas técnicas envolvendo o planejamento e a programação da produção.

Por falta de soluções efetivamente funcionais, o quadro de administração da produção tem sofrido mudanças substanciais de conduta. Na medida em que a competitividade entre as empresas e o mercado vai se tornando mais acirrada, tudo aquilo que pode ser eliminado ou reduzido para minimização dos custos, se não for concretizado no estágio em que é detectado, é invariavelmente repassado a outros participantes da cadeia produtiva. A estes muitas vezes não resta outra alternativa a não ser absorver os problemas, visto que inexistem meios de solucionar ou até mesmo minimizar tudo o que se apresenta. Nota-se que a intensidade das dificuldades em administrar a produção se acentua na medida em que se desce do topo da cadeia produtiva.

Os volumes a serem produzidos cresceram de forma significativa em relação ao passado e, muitas vezes, a disponibilidade de recursos da indústria não evoluiu no mesmo nível que a demanda, o que resulta em dificuldades no atendimento das novas figuras então geradas. Outro grande complicador que hoje se apresenta é a reduzida folga oferecida pelos clientes aos fornecedores no que tange à necessidade de entrega dos lotes solicitados; estes têm prazos de entrega cada vez mais rígidos e, em alguns casos, sua fluabilidade é mínima ou até mesmo inexistente.

Dadas as variações de demanda do mercado consumidor ou até mesmo alterações estratégicas nas programações de produção dos clientes, frequentemente ocorrem mudanças dos volumes solicitados, bem como em seus prazos de entrega. Isso requer do fornecedor agilidade de adaptação em sua carga de máquinas e alterações no suprimento de matéria-prima, o que invariavelmente só é conseguido após muito esforço e não necessariamente com o melhor desempenho. Tais dificuldades são motivadas pela baixa oferta de técnicas

que permitam uma pronta resposta, fornecendo soluções efetivamente funcionais, retratando um cenário verdadeiro, em que as figuras do que foi programado são realmente viáveis e factíveis de serem atingidas. Esse fato faz com que a parte intelectual da melhoria do planejamento dependa quase exclusivamente do elemento humano, e esse muitas vezes não dispõe de recursos suficientes, das mais diferentes naturezas, que permitam visualizar qual é a melhor solução para o quadro que se apresenta.

2. PROBLEMÁTICA

Definir para uma determinada carteira de pedidos o quanto será necessário de cada um dos recursos a serem utilizados nos respectivos processos fabris, cruzando posteriormente com o que é disponibilizado de cada um deles, é uma condição importante, porém não suficiente.

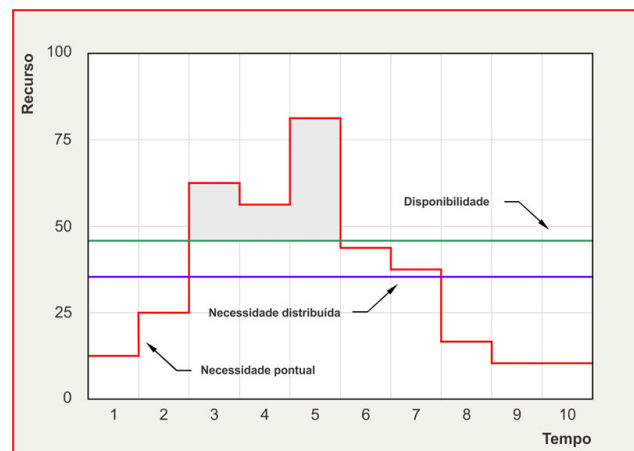


Fig. 1 – Comportamento da necessidade do recurso comparativamente à sua disponibilidade

A alternância dos itens envolvidos, suas variações nos volumes solicitados, as flutuações e concentrações de suas datas e compromissos de entrega não garantem que essa carteira possa ser atendida em sua totalidade quanto aos prazos solicitados, mesmo que a disponibilidade de recursos seja suficiente em sua totalidade.

Tal fato é causado principalmente pelo desbalanceamento das necessidades de um ou mais recursos, ao longo do período

em que são solicitados; uma visão macro dá a falsa impressão de que a carga será atendida, mas a realidade que se apresenta é outra, conforme ilustrado na figura 1.

É necessário saber o quanto uma dada operação fabril necessita do recurso; porém, essa informação não pode ser tratada de forma isolada no tempo, visto que existem outros dados indispensáveis para que um planejamento condizente venha a ser gerado. Saber quais são as operações fabris antecessoras e a partir de que ponto da fabricação pode ser disparado o início de produção da operação em estudo são informações que começam a se cruzar e criar um quadro de dependência entre as atividades envolvidas. Não existe planejamento se não se sabe o que fazer, de que se depende e a quem serão dadas condições de trabalho.

Redes de precedência ou redes IJ/PERT são denominações dadas a esse quadro de dependência entre as atividades envolvidas e que é o fundamento básico para alicerçar qualquer metodologia de planejamento; existem diferenças de conotação, porém a filosofia envolvida é a mesma. Veja exemplo de configuração do fluxo de processo de um conjunto na figura 2.

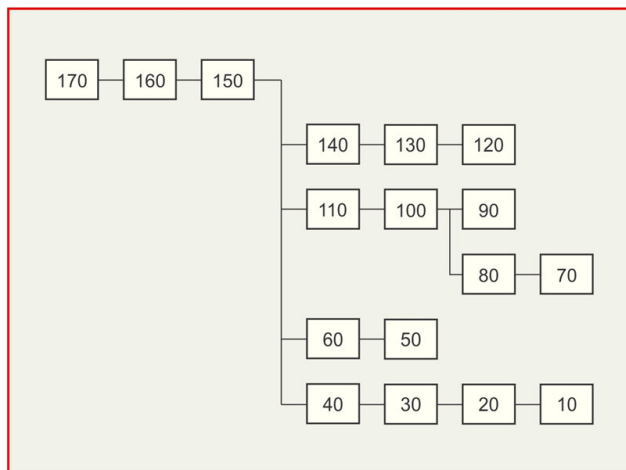


Fig. 2 – Configuração do fluxo do processo de um conjunto

Pré-fixar uma máquina para executar uma dada operação fabril, mesmo que existam outras em igualdade de condições de realizá-las, não parece ser a melhor solução, visto que nada garante ser esta máquina, dentre as demais, a mais econômica e/ou a mais rápida.

Um produto a ser fabricado envolve geralmente várias operações fabris e, a exemplo do que acaba de ser exposto, diversos roteiros de fabricação podem se fazer presentes, visto que a cada operação fabril normalmente existem várias máquinas habilitadas para sua execução; mais uma vez, pré-fixar um roteiro de fabricação sem analisar os demais não parece ser o caminho mais recomendado.

3. CASO

Objetivando tornar mais amplo o assunto a ser abordado, optou-se por analisar a problemática apresentada pelo abastecimento de uma linha de montagem de refrigeradores,

dado o grande número de setores fabris envolvidos, pela dinâmica e diversidade no abastecimento e pela própria complexidade do que se apresenta.

Na figura 3 encontra-se sintetizada a estrutura de uma linha de montagem de refrigeradores, na qual são processados vários modelos simultaneamente, podendo o mix de produção mudar diariamente, não só em sua composição (variam os modelos), mas também nas quantidades a serem produzidas.

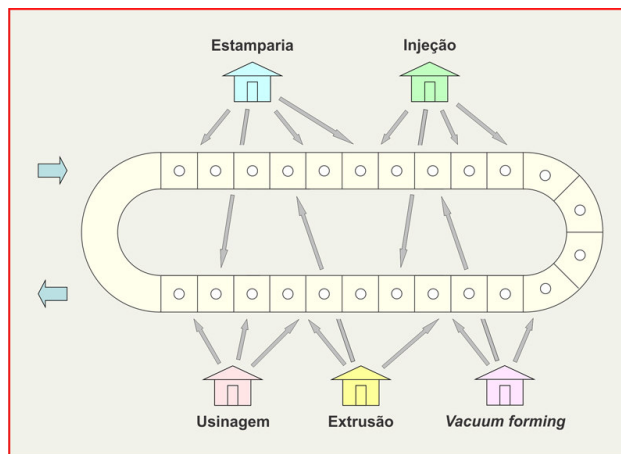


Fig. 3 – Estrutura sintetizada de uma linha de montagem de refrigeradores

O desafio que se apresenta é o de manter o abastecimento da linha, de forma que não ocorra quebra de modelo por falta de qualquer item, ou seja, em cada estação da linha devem se encontrar presentes todos os componentes requeridos pelo modelo que acaba de entrar.

Embora o caso adotado seja o que acaba de ser exposto, ressalta-se que a metodologia a ser apresentada atende a qualquer indústria cuja carteira de pedidos seja voltada a produções seriadas.

4. METODOLOGIA

Trata-se de um conjunto de conceitos e procedimentos inovadores, que objetivam dinamizar e tornar efetivamente funcionais as tarefas de planejamento e programação da produção de uma indústria. A idéia é produzir o estritamente requerido e, por meio da pesquisa diária, injetar recursos adicionais, tão somente onde se fizer necessário.

São apresentados a seguir alguns dos conceitos inseridos no simulador em estudo e que norteiam as metodologias e procedimentos presentes:

4.1 Concepção

Proposição que se utiliza das técnicas do caminho crítico, dos conceitos da metodologia *Kanban*, da produção puxada e do JIT (just in time), associado a um simulador de alto nível para otimização da carga de máquinas e sequenciamento das ordens de produção.

4.2 Segmentação do planejamento por setor fabril

Em vez de gerar um planejamento envolvendo todos os setores fabris, pratica-se o planejamento de cada um dos setores, ou seja, têm-se vários estudos menores, ao contrário de um único de grande porte; isso é possível, visto que todos os planejamentos tem um horizonte ou objetivo comum, que é o atendimento das necessidades da linha de montagem, conseguindo com isso identificar os gargalos de cada um dos setores e não apenas de um, na ocasião de um planejamento macro.

Os problemas de maior potencialidade ficam circunscritos a um universo menor de informações, permitindo ao usuário dedicar sua análise aos setores potencialmente críticos e não se dispersar em todo o conjunto de dados.

Será focado o setor de injeção e o que será descrito é aplicado aos demais, uma vez respeitadas suas características, aplicações, restrições e individualidades.

4.3 Estruturação do processo fabril

Cada modelo de refrigerador deve ser estruturado, de forma a conter os processos fabris de todos os setores e em cada um deles, devem ser identificados os componentes necessários à linha de montagem.

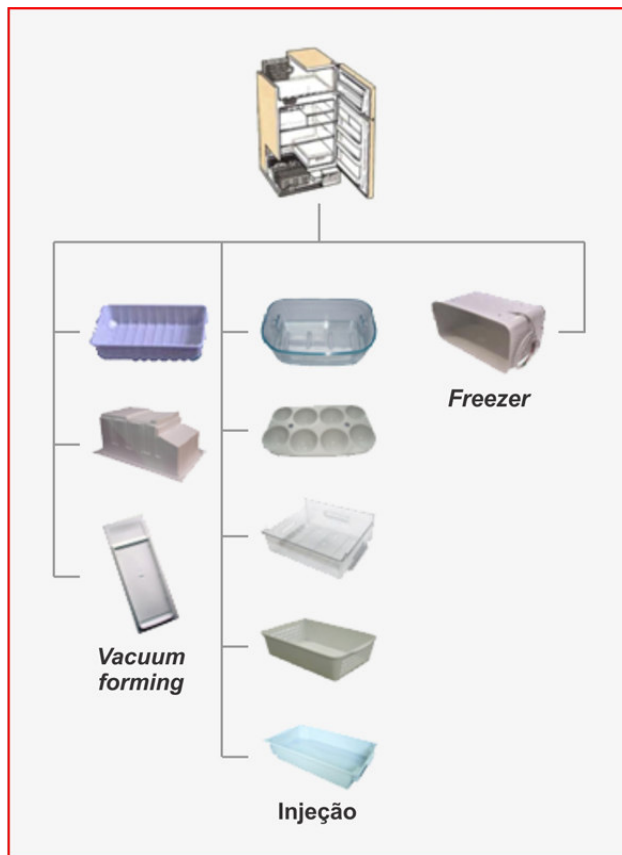


Fig. 4 – Estruturação do processo fabril

A figura 4 ilustra de forma sintetizada a estruturação do processo fabril de um modelo de refrigerador (embora não

esteja explícita na ilustração, esta já se encontra estruturada na forma de uma rede de precedência).

4.4 Definição do que produzir

A idéia é primeiramente a de se definir o que efetivamente produzir dos produtos acabados; para isso, parte-se da previsão de vendas e em consulta aos estoques, às ordens de produção já abertas e em execução e aos eventuais atrasos registrados, montar o mix de produção.

Em uma segunda etapa e já com este último definido, consultar o processo produtivo do setor fabril em estudo e realizar os mesmos cálculos abordados anteriormente, definindo assim o que deve ser produzido de cada um dos componentes, dia a dia.

4.5 Alternativas de injeção

Um dado componente pode ter várias opções de injeção, ou seja, existem várias injetoras tecnicamente viáveis que podem vir a produzi-lo.

Elas podem ter parâmetros diferentes entre si e, sendo assim, a idéia é simular o comportamento de cada uma delas, face à carga compromissada correspondente e definir qual é a mais rápida e/ou a mais econômica, conforme ilustrado na figura 5.

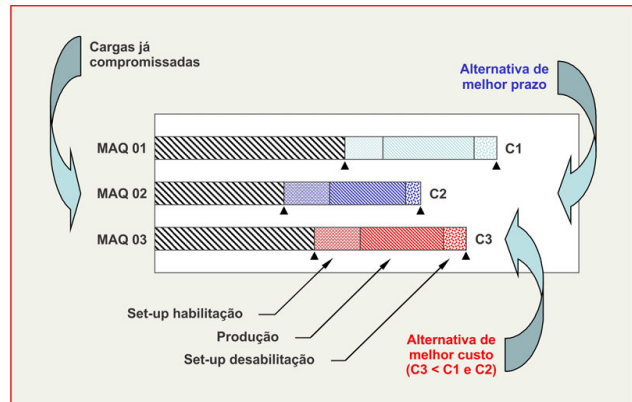


Fig. 5 – Alternativas de injeção

4.6 Minimização do número de set-ups

Procurar sequenciar em uma mesma máquina, na medida do possível, ordens de produção de um mesmo molde, de forma a minimizar o número de set-ups. Com essas medidas, não só os custos são reduzidos, como também os prazos de fabricação, conforme ilustração da figura 6.

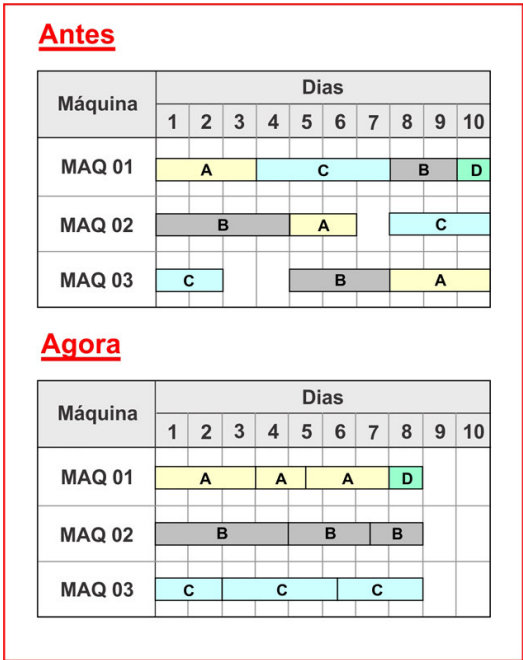


Fig. 6 – Minimização do número de set-ups

4.7 Grade de sequenciamento de ordens de produção

Minimizar o número de set-ups nas injetoras é condição necessária, porém não suficiente, para uma ampla otimização da produção.

O setor requer que além de sequenciar as ordens de produção por molde, estas venham a ser ordenadas por uma grade de cores, a qual deve iniciar pelas cores de tons mais suaves (claras) e terminar pelos tons mais intensos (escuros), conforme ilustrado na figura 7; isso permite a redução dos tempos de limpeza do canhão da máquina e da quantidade de material expurgado.

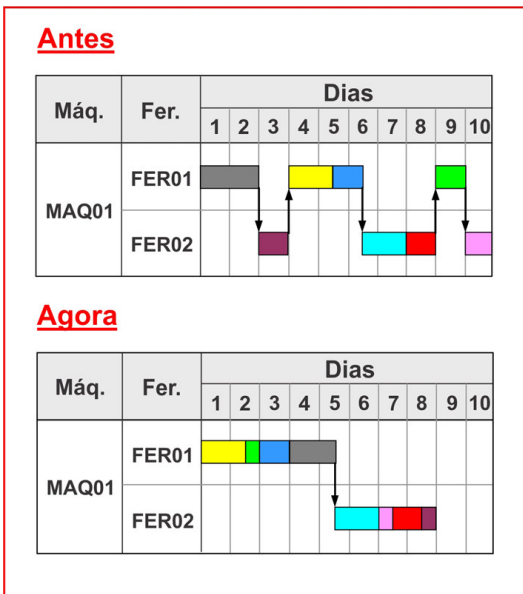


Fig. 7 – Grade de sequenciamento de OP's

Cada um dos setores pode ter a sua grade de sequenciamento específica, sendo permitidos até seis argumentos de ordenação diferentes.

5. SIMULADOR

Na verdade, o que se pretende abordar no presente descritivo, uma vez definidas todas as necessidades dos componentes de um dado setor fabril, são as funcionalidades de um simulador específico para a elaboração da carga das máquinas e do sequenciamento da produção, o qual permite interagir de forma totalmente automática com uma série de parâmetros preestabelecidos pelo usuário e programar os recursos de modo a suprir o que vem sendo solicitado, reduzindo custos e mantendo os estoques em seus níveis mais baixos possíveis.

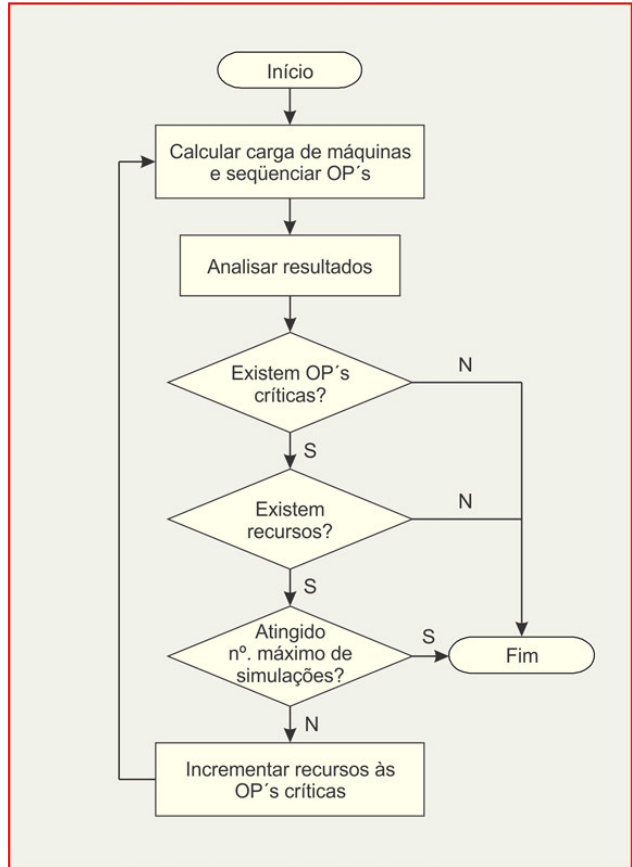


Fig. 8 – Síntese das funcionalidades do simulador

Trata-se de um software em que foram inseridas técnicas inovadoras, pertinentes à área em estudo e também ao *modus operandi* do processamento. Ele possui agregado um conjunto de funcionalidades, que permite analisar de forma automática os resultados, identificar os pontos críticos do planejamento, incrementar recursos onde isso se faz necessário, recalculando a programação da carga de máquinas e sequenciar as ordens de produção, iniciando assim um novo ciclo a partir da análise dos resultados até que todas as necessidades de componentes sejam atendidas, que os resultados disponibilizados tenham se esgotado ou que o número máximo de simulações tenha sido atingido, conforme

ilustrado na figura 8. São expostas a seguir as principais características e funcionalidades do software:

5.1 Roteiros de processamento

Em vez de o usuário operar o software e ditar instruções à medida que o processamento avança, o sistema é orientado e executado por uma série de procedimentos previamente definidos, de forma automática; ou seja, uma vez defrontada uma situação em que podem existir vários caminhos a serem tomados e face às instruções armazenadas, o simulador pondera o que se apresenta e a partir daí toma uma decisão, reorientando o processamento. É algo semelhante ao ambiente de um “piloto automático”.

Ao conjunto de instruções orientativas que possibilitam executar a aplicação, o que se denomina roteiro de processamento, tem-se um roteiro específico para cada setor fabril, o que não impede que um dado setor venha a ter tantos roteiros quantos se queiram definir. Seguem alguns dos parâmetros e instruções presentes em um roteiro de processamento:

- = definição do setor fabril a ser otimizado,
- = amplitude das simulações, permitindo selecionar todas as ordens de produção com a otimização ou não ou somente com as ordens de produção do setor fabril a ser otimizado,
- = número de puxadas,
- = intervalo (em dias) de cada puxada,
- = adoção ou não da política de lote econômico,
- = jornada diária (mínima e máxima),
- = incremento a ser dado à jornada,
- = número mínimo e máximo de dias na semana,
- = nível de simulação ou número máximo de simulações, etc.

5.2 Número e intervalo entre puxadas

Ao iniciar uma simulação, deve-se definir o menor número de puxadas e associar a cada uma delas o maior intervalo em dias. Isso resulta em lotes maiores associados às ordens de produção, menor número de set-ups e menores custos de produção; no entanto, a possibilidade de não atender às necessidades do setor fabril é maior.

Caso as necessidades não sejam satisfeitas, uma vez esgotados todos os demais recursos, procede-se com a redução progressiva do intervalo em dias de cada puxada e o conseqüente aumento do número de puxadas, o que resulta em lotes menores associados às ordens de produção, maior número de set-ups e maiores custos de produção. Porém as chances de não atender às necessidades do setor fabril que vem sendo otimizado são menores.

Na figura 9 encontra-se ilustrado o comportamento do sistema aqui exposto. Ressalta-se, no entanto que as inflexões das respectivas funções têm caráter didático e não estão totalmente atreladas à realidade. No caso do custo está sendo

considerado, unicamente a participação da mão de obra na troca de ferramentas.

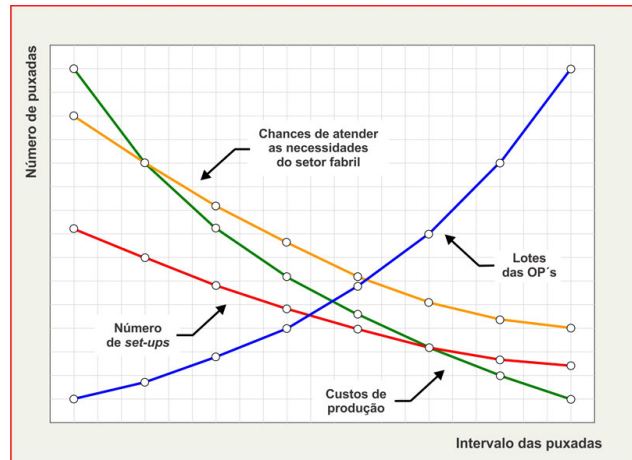


Fig. 9 – Comportamento da variação do número e intervalo das puxadas

5.3 Alternativas de produção

Independente da ordem de produção pertencer ou não ao setor fabril a ser otimizado, o software simula todas as suas alternativas de produção, tanto em termos de tempo quanto de custos, levando em consideração, para cada uma das injetoras em estudo, as correspondentes cargas já compromissadas em ordens de produção anteriores.

Dependendo da diretiva adotada pelo usuário, a aplicação seleciona a injetora mais rápida ou mais econômica para executar a ordem de produção.

5.4 Redução do número de set-ups

A aplicação procura, dentro de cada puxada, ordenar a carga de injetoras de forma a sequenciar a execução das ordens de produção que se utilizam de um mesmo molde. Essa ação permite minimizar o número de set-ups envolvidos, resultando na redução de prazos e custos.

5.5 Grade de sequenciamento

Minimizar o número de set-ups é condição necessária, mas não suficiente para otimizar a carga de injetoras; o setor fabril em estudo requer que as ordens de produção também venham a ser sequenciadas por uma grade de cores, a qual deve ser iniciada pelos tons mais suaves (claras) e terminar com os tons mais intensos (escuros).

Isso permite a redução dos tempos de limpeza dos canhões das injetoras e da quantidade de materiais expurgados.

5.6 Carga de máquinas

Uma vez definido o processo fabril de cada modelo de refrigerador, calcula-se a quantidade de componentes a ser produzida. Em seguida, o simulador procede com a carga de máquinas, onde cada componente pode ter tantas alternativas de fabricação quantas injetoras tecnicamente viáveis existam para produzi-lo. A aplicação, nesse momento, tem em seu

roteiro de processamento a diretiva a ser tomada, ou seja, optar pela alternativa que se apresentar mais rápida ou econômica.

Uma vez elaborada a carga de máquinas, seus dados são cruzados com o que a linha necessita, sendo identificados os itens críticos, conforme ilustrado na figura 10.

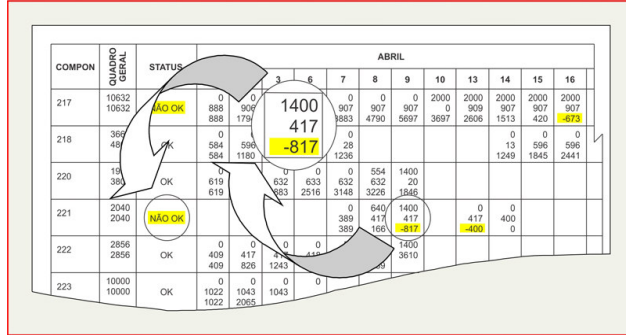


Fig. 10 – Carga das necessidades e da programação da área de injeção

Observa-se que a cada componente são associadas três linhas de informação, sendo a primeira delas pertinente às necessidades do componente, para atender ao que é requerido pela montagem. A segunda linha retrata os resultados da programação da carga de máquinas, e a terceira, os saldos entre o que é necessário e o que foi programado.

Saldos negativos identificam as ordens de produção que não atendem ao que é solicitado pela linha. É nesses casos que ações devem ser tomadas a fim de viabilizar a programação da carga de máquinas.

Ressalta-se que a grande vantagem da metodologia proposta é que a criticidade do item é localizada de forma pontual e não dispersa. A análise é criteriosa e realizada dia a dia, de forma que as ações são aplicadas nos itens estritamente necessários e não a um universo maior, o que oneraria os custos de produção.

5.7 Níveis de ação

Detectados esses itens, são disponibilizados cinco níveis de ações que visam eliminar a criticidade em cada um deles (figura 11), havendo incrementos de mais horas ao dia e/ou mais dias na semana para viabilizar a carga de máquinas. É preciso atentar para o fato de que ao roteiro de processamento já se encontra associado um dos possíveis níveis de ações:

= nível 1 – as ações ocorrem exclusivamente na ordem de produção do item crítico,

= nível 2 – as ações ocorrem em todas as ordens de produção do item crítico,

= nível 3 – as ações ocorrem em todas as ordens de produção associadas à máquina indicada para produção do item crítico,

= nível 4 – caso o item crítico persista após simulações nos três níveis anteriores e, desde que o usuário tenha antecipadamente autorizado, o simulador investiga a

existência de outra ferramenta que possa vir a produzir o item em estudo; ao encontrá-la ele gera automaticamente uma nova ordem de produção com o excedente não atendido e

= nível 5 – persistindo a criticidade do item após simulações nos quatro níveis anteriores, o simulador investiga a existência de outras máquinas ou parte em busca da alocação de serviços de terceiros, de forma a atender ao que vem sendo solicitado pela linha.

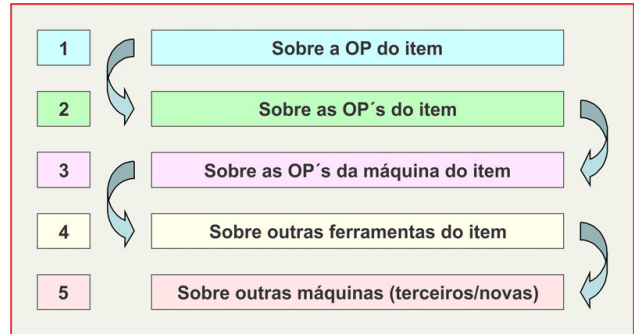


Fig. 11 – Níveis de ação sobre os itens críticos

5.8 Amplitude das simulações dentro de uma ação

O simulador permite adicionar mais dias na semana em um primeiro passo e posteriormente incrementar horas ao dia, uma vez fixado o número de dias da semana, ilustrada na figura 12, ou então o inverso: aumentar o número de horas ao dia e depois incrementar dias na semana, uma vez fixado o número de horas no dia.

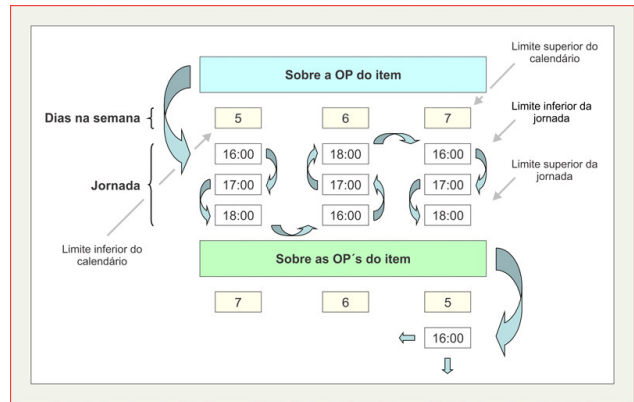


Fig. 12 – Amplitude das simulações dentro de uma ação

6. SIMULAÇÕES

6.1 Recursos existentes – caso 1

A figura 13 ilustra o comportamento da programação em função da variação do número de dias na semana, utilizando os recursos existentes, sendo que na nona simulação obtém-se o total atendimento das necessidades da linha de montagem em que foi concentrada a carga de componentes injetados.

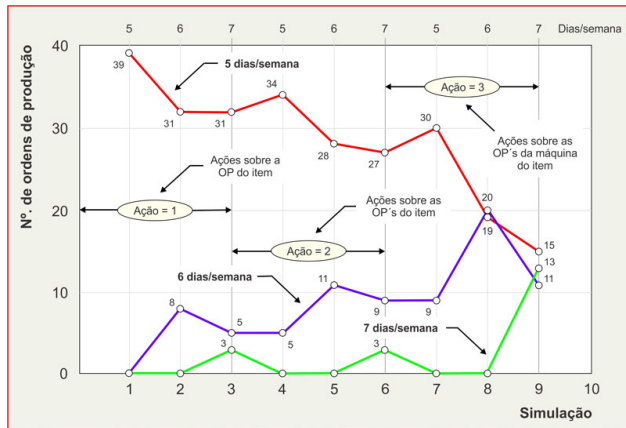


Fig. 13 – Impacto na programação em função da variação do número de dias na semana, utilizando-se dos recursos existentes – caso 1

6.2 Recursos existentes, a mais da incorporação de uma nova máquina – caso 2

O mesmo estudo é realizado incorporando-se uma nova máquina às existentes (esta pode ser eventualmente um recurso alocado de terceiros), conforme ilustrado na figura 14. Note-se que, em comparação com o estudo anterior, neste caso, são menores os volumes de recursos adicionais.

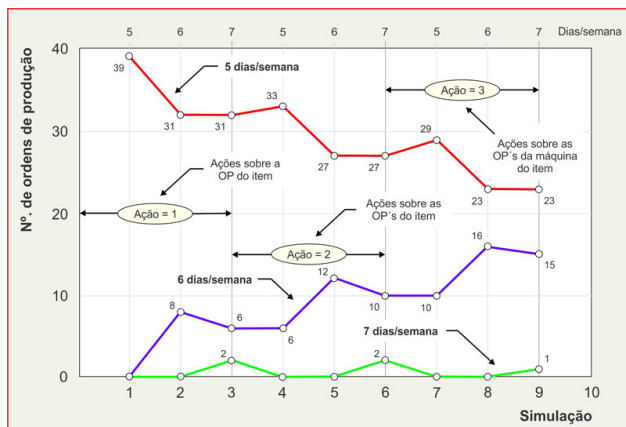


Fig. 14 – Impacto na programação em função da variação do número de dias na semana, utilizando-se dos recursos existentes e uma nova máquina – caso 2

6.3 Variações dos custos entre os casos 1 e 2

A figura 15 mostra o gráfico comparativo das variações percentuais de custos entre os dois casos estudados.

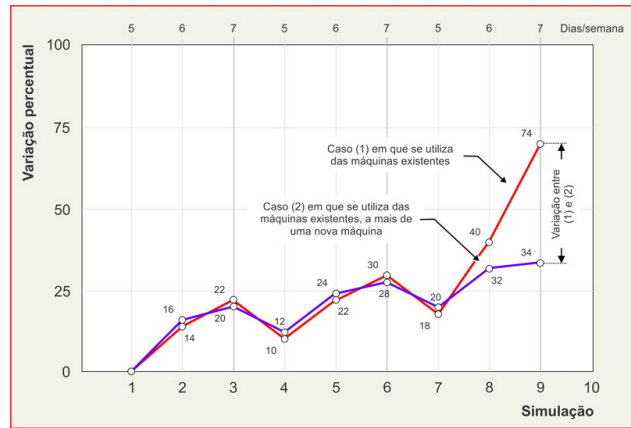


Fig. 15 – Gráfico comparativo entre as variações percentuais de custos

7. VERSATILIDADE

Dada uma carteira de pedidos, onde são definidas as necessidades diárias dos componentes de um dado setor fabril, são possíveis simular vários cenários de planejamento, variando o número de puxadas e seus intervalos, podendo ocorrer que vários deles apresentem soluções viáveis e venham a atender o que é requerido, ou seja, podem existir diferentes soluções compatíveis com os prazos requeridos, porém a custos provavelmente diferentes.

Uma vez definido pelo usuário os limites máximo e mínimo de puxadas e os correspondentes intervalos, a aplicação inicia pelo menor número de puxadas, varrendo todas as alternativas de cada uma delas e em encontrando uma solução viável, procede com os cálculos dos custos envolvidos e vai assim ciclando, até que venha a ser atingido o maior número de puxadas, atendo-se à viabilidade das soluções em cada uma delas e em as encontrando, calcular os correspondentes custos.

Por fim, realiza um retrospecto de todas as simulações realizadas e identifica aquela que se apresenta não só viável em termos de prazos, como também a mais econômica.

7.1 Síntese das simulações realizadas

A figura 16 ilustra a síntese da evolução das simulações realizadas, onde se evidencia que a carga de máquinas atingiu seus objetivos em quatro oportunidades, a saber:

= na 21ª. tentativa da 3ª. simulação, num regime de 2 puxadas com intervalo de 6 dias, utilizando a amplitude das simulações 3, tendo sido consumidas 12 horas extras e o custo envolvido foi de R\$ 1.852,00,

= na 3ª. tentativa da 6ª. simulação, num regime de 3 puxadas com intervalo de 4 dias, utilizando a amplitude das simulações 3, tendo sido consumidas 4 horas extras e o custo envolvido foi de R\$ 1.978,00,

= na 2ª. tentativa da 8ª. simulação, num regime de 4 puxadas com intervalo de 3 dias, utilizando a amplitude das

simulações 2, tendo sido consumidas 6 horas extras e o custo envolvido foi de R\$ 1.745,00 e

= na 1ª. tentativa da 9ª. simulação, num regime de 6 puxadas com intervalo de 2 dias, utilizando a amplitude das simulações 1, não tendo sido consumidas quaisquer horas extras e o custo envolvido foi de R\$ 1.790,00.

Portanto, a solução que atende ao solicitado e se apresenta mais econômica é a terceira aqui relacionada, com um custo de R\$ 1.745,00.

Simulação	Puxadas		Op's	Nível	Processamentos		Horas extras	Atende o requerido	Custo total (R\$)
	Número	Dias			Possíveis	Realizados			
1	2	6	39	1	9	9	-	NÃO	-
2	2	6	39	2	18	18	-	NÃO	-
3	2	6	39	3	27	21	12	SIM	1.852,00
4	3	4	47	1	9	9	-	NÃO	-
5	3	4	47	2	18	18	-	NÃO	-
6	3	4	47	3	27	3	4	SIM	1.978,00
7	4	3	56	1	9	9	-	NÃO	-
8	4	3	56	2	18	2	6	SIM	1.745,00
9	6	2	79	1	9	1	-	SIM	1.790,00

Fig. 16 – Síntese das simulações realizadas

8. CONCLUSÕES

Embora tenham sido utilizadas algumas técnicas de domínio público, quer tanto na área em que é objeto do software, como também na área da tecnologia da informação, ressalta-se que o trabalho desenvolvido é inovador sob os mais diferentes ângulos, quer em termos de metodologias, quer em termos de concepção de desenvolvimento, quer em termos de operacionalidade, etc., não se encontrando sob muitos aspectos, quaisquer referências na literatura competente.

Sucintamente, sabe-se qual é o destino, existem recursos para lá chegar, muitos caminhos se oferecem, porém cabe ao software analisar cada um deles e optar pelo melhor que se apresentar.

Tudo leva a crer que seja o top de uma nova geração de aplicativos, porém na verdade é o começo de algo mais grandioso que ainda está por vir (vide partes 2 e 3 submetidos à presente apreciação, que na verdade são extensões do que aqui está sendo tratado).

REFERÊNCIAS

Conceitos, metodologias, algoritmos e simuladores são desenvolvimentos próprios da empresa responsável pelo trabalho, embora tenham sido utilizadas algumas técnicas que se apresentam de domínio público.