

Planejamento e seqüenciamento de produção de aços longos em uma usina siderúrgica integrada

André Felipe de Souza Pereira¹

Carlos Reinesch²

Luciano Barros Fialho³

Matias Geraldo Dias⁴

Vicente José do Rego Neto⁵

Resumo

Com o aumento do nível de exigência dos mercados compradores de produtos siderúrgicos, tanto em prazos mais curtos quanto em lotes menores, houve um grande processo de redução de tempos de preparação e especialização de produtos. Quando analisamos os processos internos das corporações, é crescente a necessidade de maior integridade entre as decisões corporativas e os processos de planejamento de produção nas fábricas, para um maior controle de estoques em processos e produtividade. Em contraposição a todos os fatos explicitados anteriormente, encontra-se a pressão pela redução dos custos e elevação dos índices de produtividade.

Para atender as necessidades, é indispensável a utilização de ferramentas computacionais capazes de apresentar respostas rápidas e integradas com os interesses tanto da fábrica quanto da corporação. Essas ferramentas devem atender as necessidades de modo que os departamentos de planejamento e controle da produção possam ter todas as informações centralizadas e com inteligência computacional que permita verificar o máximo de possibilidades na busca de uma boa seqüência de produção.

Palavras-Chave: Seqüenciamento, Planejamento, Produção.

XXIII Seminário de Logística Internacional, 12 de junho de 2004, Belo Horizonte.

1 Analista Funcional – BMS

2 Consultor Funcional – BMS

3 Analista Funcional - BMS

4 Coordenador do Módulo – BMS

5 Analista Funcional - BMS

Introdução

Os produtos siderúrgicos apresentam uma grande complexidade, com variações tanto na composição química quanto na geometria e no acabamento dos produtos. Essa variabilidade gera um grande número de materiais específicos, podendo chegar a cadastros superiores a 50.000 produtos. Esse grande número de produtos ocasiona um grande número de documentos necessários à administração da produção. O planejamento desses documentos deve ser executado de modo que os quesitos de custo e atendimento aos clientes sejam atendidos, gerindo os conflitos por ventura ocasionados.

Mais especificamente, os aços longos têm uma grande diversidade de faixas de composições químicas e atendem mercados muito distintos, passando por produtos para construção civil, indústria automobilística, relaminadores, trefiladores, implementos agrícolas, entre outros. Essa grande variedade de produtos, aliada a melhoria dos processos produtivos cada vez mais avançados como os processos de soldagem de tarugos e de bobinamento em carretel de fio-máquina, possibilita um aumento da produtividade e do rendimento (M&M, 2003), obrigando a lotes de produção cada vez maiores. Em contrapartida a essa tendência de aumento de capacidade produtiva, temos o interesse crescente dos mercados por produtos novos, visto que 50% dos aços utilizados em automóveis hoje não existiam há cinco anos (M&M, 2003). Atualmente, os lotes de compra estão cada vez menores e, os intervalos, mais curtos, visando as políticas de redução de estoques. Os fatores externos demonstrados anteriormente refletem no interior das fábricas em ordens de produção pequenas de produtos, muitas vezes inteiramente customizados às necessidades dos clientes, com prazos de entrega menores e faixas de variabilidade cada vez mais estreitas.

Considerando que a capacidade produtiva desse tipo de indústria é fortemente influenciada pelo número de trocas de bitola/seções que são realizadas (cada troca de bitola pode representar de 40 a 150 toneladas de produção perdida) e pela variedade de aços que são produzidos em sua aciaria (devido à necessidade de troca de distribuidores). A grande pulverização de demandas obriga que pequenas ordens sejam atendidas juntamente com ordens que podem ocupar um dia inteiro de laminação ou mais de uma seqüência de produção na aciaria. Se considerarmos que “planejamento e controle de capacidade é a tarefa de determinar a capacidade efetiva, de forma que ela possa responder à demanda” (Slack, 1996), temos que o adequado planejamento e controle da produção é um fator muito importante na eficiência das usinas. Essa tarefa extrapola as capacidades humanas, por apresentar uma grande quantidade de informações com muita variabilidade. Para executar bem essa tarefa, é necessária a utilização de uma ferramenta de considerável flexibilidade e poderosa capacidade matemática, a fim de explorar o maior número de possibilidades possível.

Metodologia

Para que um projeto de planejamento da produção tenha êxito, é necessário que esteja completamente integrado com as decisões corporativas da empresa, o mercado e os processos transacionais da empresa. Nesse projeto, foi necessário que a ferramenta estivesse ligada às tendências do mercado através da contribuição da área de vendas e das divisões da corporação responsáveis pelo desenvolvimento de mercados. Isso possibilitou a antecipação das mudanças de mercado a que a empresa estava sendo sujeita, minimizando a geração de semi-acabados obsoletos. Em complementação, é possível utilizar estratégias de otimização e controle estratégico desses estoques. Outro fator que deveria ser respeitado é a necessidade de que o resultado do planejamento seja transmitido para o sistema transacional da empresa e as modificações sejam refletidas imediatamente durante o andamento dos processos.

Na visão dos usuários, era necessário que a ferramenta apresentasse boa flexibilidade e agilidade para reduzir o tempo gasto na geração das informações e simulação de cenários. Outro fator que se mostrou extremamente importante durante o andamento do projeto foi o grande número de ordens que deveriam ser manipuladas e corrigidas durante o processo de planejamento que tem periodicidade semanal e dura um dia.

A rota tecnológica da usina onde o projeto foi implantado é composta por pelletização, sinterização, alto forno a coque, convertedor LD, forno panela, máquina de lingotamento contínuo e dois trens de laminação de fio-máquina. O escopo do projeto engloba a aciaria, laminação, esmerilhamento e embalagem. Todas as ordens dos produtos que passavam por esses recursos são consideradas, e deve ser mantida a consistência entre as ordens, ou seja, é importante que só se ocorra laminação quando já existir tarugo para a ordem, como mostrado na figura 1. Outro fator importante é que exista capacidade de recursos para executar as ordens e que os períodos onde são executadas as manutenções preventivas, ou os períodos de troca de bitola, não sejam considerados como períodos disponíveis para a produção. Na aciaria, é importante controlar os aços que podem ser executados conjuntamente e as seqüências de aços que podem ser executados, como mostrado na figura 2. Deve-se também controlar o número de corridas que podem ser executadas e a capacidade em cada distribuidor durante a produção de uma seqüência.

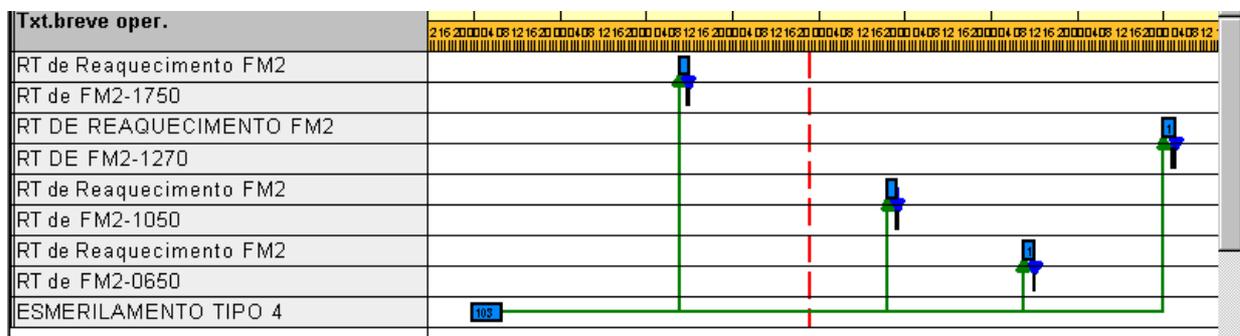


Figura 1: Relacionamento entre várias ordens de laminação com a disponibilidade de tarugo.

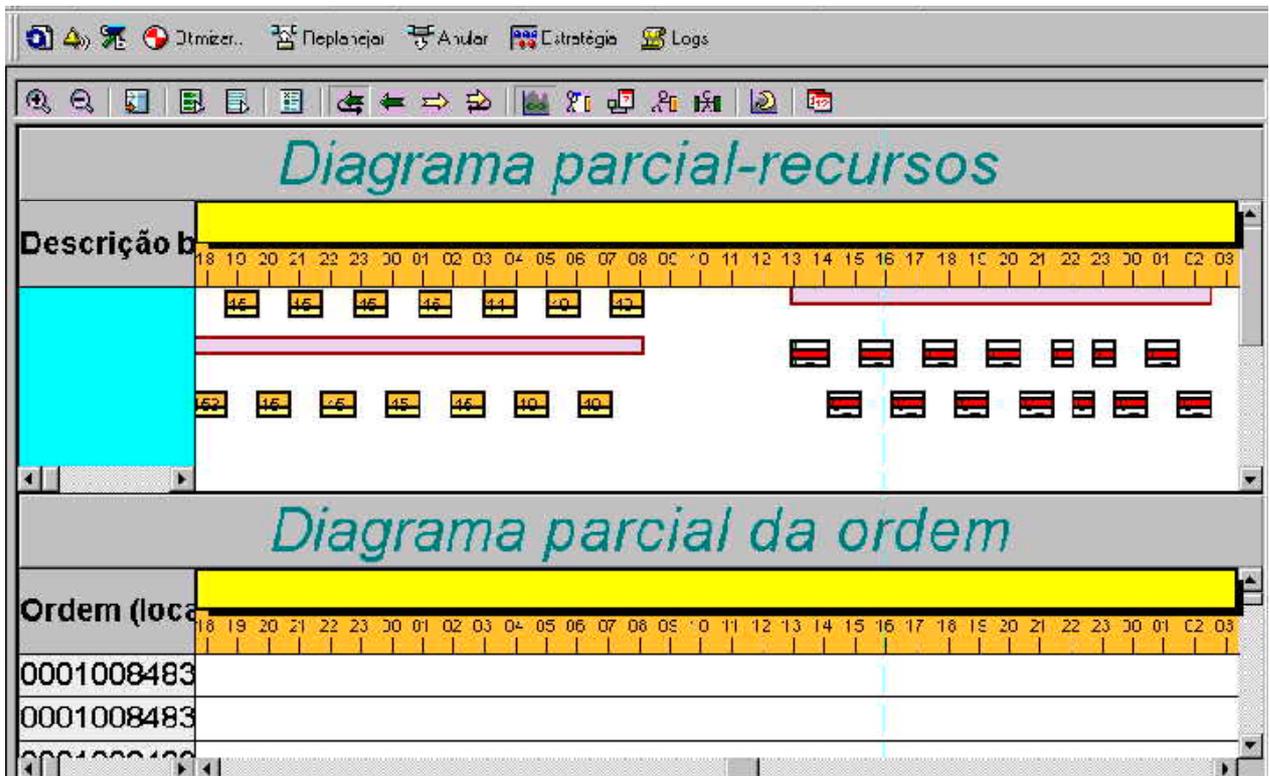


Figura 2: Seqüência de ações na aciaria, com a limitação da capacidade do distribuidor.

Para que todas as restrições fossem cumpridas, foi necessário modelar e simplificar alguns recursos. Primeiramente, na aciaria, somente foi modelada a máquina de lingotamento contínuo, por se tratar do recurso gargalo, último recurso do fluxo de produção repetitivo, contínuo e obrigatório. Os distribuidores foram tratados como blocos de ordens que devem ser manipulados conjuntamente e limitados pela durabilidade de cada um, variando com os aços que estão sendo fabricados, como mostrado na figura 2. Com o intuito de garantir o tempo necessário para a troca dos distribuidores e definir quais aços serão produzidos em seqüência ou conjuntamente, foi cadastrada uma matriz de preparação em que as transições possíveis foram cadastradas, bem como a seqüência em que as ordens devem estar dispostas nos casos de produção conjunta de aços. Após a produção dos tarugos, alguns necessitam ser esmerilhados antes da laminação. Nesses casos, o controle do estoque de produtos esmerilhados não é separado. Caso não exista disponibilidade de produto esmerilhado, o sistema programa a produção no esmeril. As diversas máquinas de esmerilhamento foram modeladas como um recurso único com capacidade de esmerilhar diversos tarugos ao mesmo tempo.

O fluxo de laminação foi dividido em processos com e sem embalagem. Nos produtos que não necessitam de embalagem, o fluxo produtivo é composto por forno de reaquecimento e laminador. Nesse caso, foi necessário modelar o tempo necessário para o reaquecimento e a disponibilidade de tarugo já reaquecido para a laminação antes do final da ordem, visto que o tempo de reaquecimento é sempre maior que o tempo de laminação e que boa parte desse período ocorre em paralelo. Para os materiais que necessitam de embalagem, o fluxo contém as atividades de forno de reaquecimento, laminação e embalagem. Nesse caso, é considerado o período necessário para a inspeção pelo setor de qualidade antes da embalagem, como mostrado na figura 3.

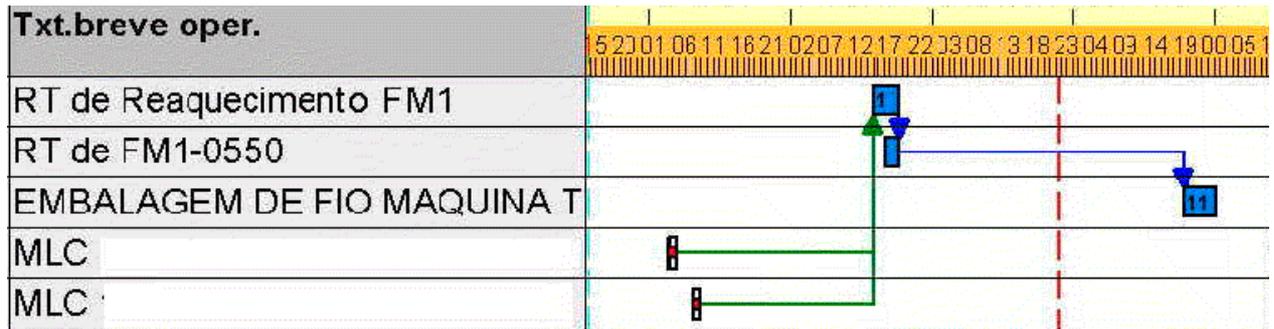


Figura 3: Exemplo de processo de produto que necessita de embalagem e a relação entre as operações de lingotamento, reaquecimento, laminação e embalagem.

A geração das ordens de produção é feita com uma heurística de MRP (Material Requirement Planning) de modo a atender as necessidades de transferência, as necessidades dependentes e as ordens, de venda diretamente ao mercado interno ou exportação. Depois de gerar as ordens foi desenvolvida uma função de centralização de informações, que permite a manipulação das ordens e acertos de quantidades e datas das ordens de laminação, visando ao melhor atendimento aos clientes e a complementação de campanhas como mostrada na figura 4. No processo de complementação de campanhas, cabe ao planejador, devido à complexidade e volatilidade das necessidades, decidir para quais produtos devem ser destinadas as produções oriundas dos excessos de capacidade dos distribuidores quando a necessidade não é suficiente para executar uma campanha de produção de aciaria.

LAMINAÇÃO TL1			LAMINAÇÃO TL2		
Δ Total Período	Total Futuro	Total Bitola	Δ Total Período	Total Futuro	Total Bitola
0	828.000	828.000	6.000	146.000	152.000
186.000	1.774.000	1.960.000	14.000	440.000	454.000
562.000	1.196.000	1.758.000	26.000	170.000	196.000
8.818.000	10.942.000	19.760.000	30.000	214.000	244.000
9.566.000			76.000	588.000	664.000
			100.000	302.000	402.000
			146.000	648.000	794.000
			210.000	48.000	258.000
			222.000	460.000	682.000
			308.000	94.000	402.000
			400.000	662.000	1.062.000
			448.000	156.000	604.000
			498.000	732.000	1.230.000
			606.000	6.000	612.000

Figura 4: Função de seleção e manutenção de ordens da aciaria e laminação.

Para problemas de seqüenciamento de produção, podem ser utilizadas técnicas de otimização tais como *Hill Climbing*, *Constraint Propagation* e algoritmos genéticos. Dentre as opções disponíveis no sistema, a técnica “algoritmos genéticos” foi a selecionada para este trabalho. O otimizador, neste trabalho, foi implementado em duas fases do seqüenciamento. Na primeira fase, são geradas soluções para as campanhas de produção da aciaria. Nessa fase, são agrupados os aços que podem ser produzidos juntos procurando ainda atender às demandas destes aços no momento em que eles são requisitados. Os indivíduos da população gerada pelo otimizador são as campanhas seqüenciais da aciaria. A função-objetivo nessa fase possui as seguintes parcelas ponderadas por diferentes pesos: custo de atraso da ordem, custo de estocagem do material, tempo de câmbio e custo e câmbio. A segunda fase é quando ocorre a integração entre aciaria e laminação de forma plena. Os indivíduos dessa população são as seqüências completas, incluindo aciaria e laminação. A função-objetivo nessa fase se constitui das seguintes parcelas, também ponderadas por diferentes pesos: *lead time* de fabricação, custo de atraso da ordem, custo de estocagem do material, tempo de câmbio e custo e câmbio. Não foram tratados neste trabalho parâmetros internos do algoritmo genético tais como taxa de mutação, reprodução/recombinação, população inicial, etc.

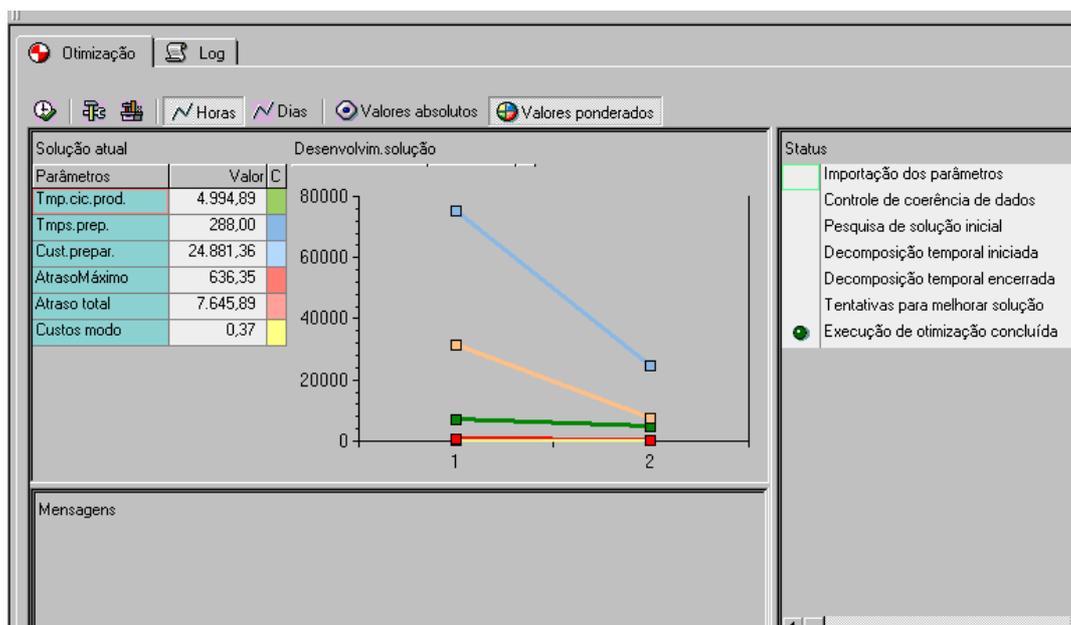


Figura 5: Processo de otimização, busca de soluções.

As ordens de produção depois de seqüenciadas e com todas as modificações feitas a contento estão disponíveis para serem transferidas para o sistema ERP (Enterprise Resource Planning) de modo que a produção possa ser executada. Essa transferência é feita por interfaces construídas com o intuito de manter a integridade dos sistemas entre o sistema ERP e o sistema APS (Advanced Planning and Scheduling), assim evitando a necessidade de *Batch Input* para criar os documentos de produção. Essas ordens são atualizadas em tempo real no sistema APS para que o acompanhamento possa ser feito. Dessa maneira, o planejador pode ter meios de monitorar a tomada de ações sobre o não cumprimento do planejamento e a sua acuracidade.

Conclusões

Ao final deste trabalho, pode-se concluir que o processo de planejamento como um todo se tornou mais consistente e visível para os planejadores e o restante da usina. Outro fator muito importante foi a centralização das informações de forma clara e de fácil acesso, pois com o sistema integrado, é possível acessar essas informações de qualquer parte da corporação. O tempo de planejamento se reduziu consideravelmente, passando dos antigos patamares de 8 horas para 3 horas, incluindo a criação dos relatórios.

Além desses fatores, as informações ficaram mais confiáveis, pois foram diminuídos a interferência humana e os níveis de digitação, o que ocasionava erros de datilografia e mal entendimento dos resultados.

Bibliografia

Slack, 1996; “Administração da Produção / Nigel Slack, et. al., 4º edição. Págs.347 a 379.

Revista “Metalurgia & Materiais”, 2003, volume Nº 59, págs 602 a 604.

Abstract

Buyers of steel products have become more and more demanding, with tighter deadlines for orders as well as orders of smaller lots, and with this greater demand there has also been an enormous reduction in the setup time and a need for specialized products. When we analyze the internal processes of companies, we see a growing need for better intergration between corporate decisions and the production planning processes at the plants in order to have greater control of stocks in process (WIP) and productivity. In opposition to all these abovementioned facts, there is the constant pressure to reduce costs and increase productivity rates.

To meet these demands it is essential to use information technology tools capable of finding fast solutions compatible with both the interests of the plant as well as the corporation. These tools should meet the demands in such a way that the planning and production control departments have all information centralized and with information technology intelligence which allows them to check for the greatest number of possibilities in search of a good production sequence.