

PLANEJAMENTO E SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO NA USINA DE MONLEVADE (APO)¹

*Renata Bicalho Romão²
André Felipe de Souza Pereira³
José Pantuza Torres⁴
Geraldo Ponciano Ferreira⁵
Luciano Barros Fialho⁶
Matias Geraldo Dias⁷
Paulo Eduardo Melo da Cunha⁸
Paulo Jardim dos Santos⁹
Vicente José do Rego Neto¹⁰*

Resumo

Este projeto teve por finalidade a elaboração e implantação de um procedimento capaz de gerar um plano de produção bimestral seqüenciado e factível, que respeite as principais restrições produtivas da Usina e as demandas previstas para atender o mercado. Este plano de produção tem como objetivo equilibrar, de forma ótima, estas duas forças gerando um sistema de aceite que organiza a entrada de ordens de venda visando garantir o atendimento aos clientes.

O projeto foi iniciado em 2003 demandando um grande período de estudos e análises devido à complexidade da cadeia produtiva aliada a uma estratégia de produção *make-to-order* e produtos de alto valor agregado. Este estudo preparatório foi finalizado em 2004 dando início às atividades de implantação.

As fases do projeto abrangem a construção de um procedimento de planejamento, a modelagem do problema no APO (*Advanced Planning Optimizer*), o ajuste dos parâmetros da otimização por meio de simulações e a implantação da solução. As áreas envolvidas foram a Aciaria, a Laminação com todos os seus recursos e produtos acabados e a Logística.

Palavras chave

Indústria siderúrgica, Planejamento da produção, Seqüenciamento, Otimização

- (1) Trabalho a ser apresentado no XXV Seminário de Logística ABM, 21 a 23 de junho 2006 – Santos - SP
- (2) Administradora de Empresas, Auxiliar Técnico de Programação
- (3) Engenheiro Mecânico, Analista de Sistemas da Belgo Mineira Sistemas
- (4) Administrador de Empresas, Auxiliar Técnico de Programação
- (5) Técnico Eletrônica, Auxiliar Técnico de Programação
- (6) Engenheiro Eletricista, Analista de Sistemas da Belgo Mineira Sistemas
- (7) Administrador de Empresas, Analista de Sistemas da Belgo Mineira Sistemas
- (8) Engenheiro Metalurgista, Chefe do Departamento de Logística e Programação da Produção
- (9) Administrador de Empresas, Analista de Sistemas da Belgo Mineira Sistemas
- (10) Engenheiro Mecânico, Analista de Sistemas da Belgo Mineira Sistemas

1 - Introdução

O presente trabalho compreende uma análise da solução adotada para resolver o problema do planejamento e seqüenciamento fino das ordens de produção da aciaria e laminação da usina de Monlevade visando melhorar o gerenciamento do aceite de ordens de vendas e o atendimento aos clientes.

A usina não produz para estoque, ou seja, a produção de qualquer laminado inicia-se somente após a entrada de uma ordem de venda (estratégia *make-to-order*). Por ser a única usina do grupo Belgo com esta estratégia de produção, um mix de produtos de alto valor agregado e uma cadeia produtiva integrada (figura 1), a implantação da ferramenta de planejamento foi exaustivamente estudada pelos integrantes do projeto.

Para um período de planejamento de 2 meses, a produção de tarugos e laminados foi seqüenciada com base nas principais restrições tecnológicas do processo produtivo e conforme as demandas previstas pela área de vendas. O Método adotado para a solução do seqüenciamento foi o algoritmo genético fornecido pelo APO (*Advanced Planning Optimizer*).



Figura 1 – Usina Monlevade – Cadeia Produtiva Integrada

2–Materiais e Métodos

2.1- Condições específicas

A Usina de Monlevade possui características próprias de produção que são únicas dentro do grupo Belgo Arcelor Brasil: estratégia de produção *make-to-order* produtos de alto valor agregado, restrição física de estocagem, cadeia produtiva integrada, etc. Foi necessário mais de um ano de estudo para que o modelo a ser implantado fosse moldado conforme a realidade de funcionamento da planta e premissas de atendimento, custo e regras de produção.

Na Aciaria, o processo de Lingotamento Contínuo necessita de uma programação onde as corridas de aço sejam agrupadas, no mínimo, de oito em oito e, no máximo, de 15 em 15. Isso significa que alguns aços têm que ser produzidos em quantidades de, no mínimo, 880 toneladas. Além disso, de acordo com as normas técnicas da usina, não se pode agrupar qualquer tipo de aço. Os grupos devem ser montados obedecendo-se regras de ajuntamento que levam em conta as características metalúrgicas de cada um. Outro complicador é quanto à seqüência da produção, certos tipos de aço, fabricados após outros, podem se contaminar e invalidar sua composição.

A Laminação, por outro lado, lida com regras totalmente diferentes da Aciaria. As bitolas a serem produzidas devem ser agrupadas ao máximo. O motivo é que,

para trocar o perfil da produção, parte do trem laminador deve ser desmontado. Cada operação consome um tempo médio de uma hora, considerado um grande período para parada de produção.

A demanda de grande parte dos produtos da usina tem frequência semanal, tornando o ciclo de produção bastante curto. Isto acontece, principalmente, devido à exigência dos clientes em manter baixos os seus estoques.

O planejamento da Usina lida, então, com uma questão bastante complexa. Como atender às demandas dos clientes sem atraso e ao mesmo tempo manter baixos os custos de produção tanto na Aciaria quanto na Laminação? A utilização de pulmões de estocagem tanto de tarugos quanto de laminados poderia ser uma alternativa. Contudo, as áreas da usina são limitadas, forçando-a a trabalhar com baixos estoques. Praticamente não há estoque de fio-máquina e o de tarugos é relativamente pequeno.

2.2 – Objetivo

A elaboração e a implantação de um procedimento capaz de gerar um plano de produção automático que propusesse datas de atendimento às vendas realizadas foram os principais objetivos do projeto. O plano de produção é criado com base em um equilíbrio otimizado entre custos de produção e penalidade por atraso de atendimento, respeitando-se as capacidades produtivas e as restrições tecnológicas de produção da usina. Atualmente, o plano abrange o período de um mês, podendo chegar a bimestral – o que o torna um plano mestre de produção em médio prazo.

2.3 – Equipe

Para que este projeto tivesse êxito, foi necessária a integração com os clientes, com o mercado e os processos produtivos específicos da Usina. Por isso, o trabalho demandou uma equipe multidisciplinar, com representantes da área de Logística (planejamento e programação), Aciaria, Laminação e custos, cinco profissionais da BMS-Arcelor Brasil de Tecnologia da Informação, além de representantes da Logística Corporativa da Belgo-Arcelor Brasil e área comercial.

2.4 – O trabalho

Atender às demandas sem atrasos, mantendo baixos os custos de produção, foi o desafio do projeto de implantação do PP/DS na Usina – já se utilizando dos benefícios dos módulos DP (Planejamento de Demanda) e SNP (Planejamento de Suprimento de Depósitos), implantados na empresa anteriormente, e que receberam melhorias.

O trabalho começou com estudos em 2003 e somente após a modelagem do projeto iniciou-se em novembro de 2004 a prática de implantação que foi concluída em julho de 2005. A partir de então, iniciou-se a fase de acompanhamento e melhorias contínuas que se estendeu até fevereiro de 2006. Seu objetivo pode ser resumindo em um conceito: “O mercado diz para a Usina quanto e com que frequência irá comprar os produtos. A Usina responde quando, pontualmente, ela irá atender”. O PP/DS é capaz de integrar o planejamento de vendas à programação de chão de fábrica. Foi criado um sistema de aceite para regular as vendas, de acordo com a capacidade de produção da Usina, propondo datas de atendimento às vendas realizadas, evitando “over booking” que constantemente ocorriam.

O aceite de vendas segue as datas propostas em um plano de produção, criado antes mesmo das vendas se concretizarem. O plano de produção é construído com base na previsão de demanda fornecida pelo mercado e de acordo com as restrições de fabricação da Usina. Dessa forma, as datas de atendimento são previstas com mais assertividade, diminuindo-se os atrasos aos clientes. Ao mesmo tempo, o custo de fabricação é reduzido, já que o plano de produção equilibra custos de produção e penalidade por atraso de atendimento ao cliente.

2.5 – Escopo e idéias

Os processos mais importantes e influentes no aceite de vendas são aqueles que definem as regras e restrições da cadeia de produção da usina. Dentre todos os processos, foram escolhidos para serem modelados a fabricação dos tarugos no MLC (Máquina de Lingotamento Contínuo), o esmerilhamento dos tarugos e as duas laminações (TL1 e TL2) (figura 2).

Ficou decidido que a previsão de força de vendas da Belgo-Arcelor Brasil, em conjunto com a previsão de compra da Belgo Bekaert Arames (coligada do grupo Belgo e principal cliente) formariam a base do planejamento. A essas previsões seriam somadas a demanda de transferência para unidades da Belgo-Arcelor Brasil. Este conjunto forma o planejamento de produção e distribuição que pode ser mensal, bimestral ou trimestral.

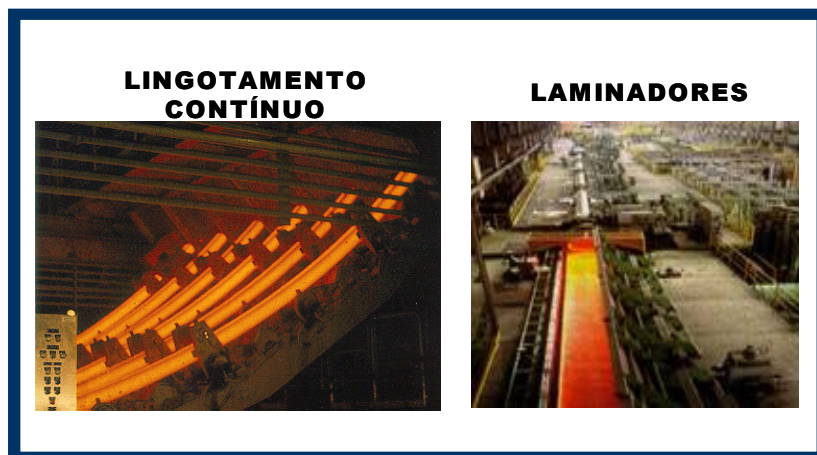


Figura 2 – MLC e Laminadores

2.6 – Desenho da solução

Em dezembro de 2004, foram levantados todos os 4.200 materiais da usina – tanto os produtos intermediários (tarugos) quanto os produtos finais (laminados). Os materiais laminados foram agrupados de acordo com os critérios de planejamento (jogo de bitolas). Os tarugos, por sua vez, foram classificados por aços “ajuntáveis”, ou seja, que podem ser agrupados no Lingotamento.

Paralelamente, foram realizadas diversas visitas às áreas de Aciaria e Laminação, para maior detalhamento do processo. O mesmo aconteceu para o processo de planejamento. O levantamento de informações foi a base para um estudo sobre quais ferramentas seriam mais adequadas para se criar um plano de produção no sistema. Neste período a área de custos foi envolvida detalhando as penalizações por setup’s e montagens de bitolas. Os relatórios, painéis gráficos e o Monitor de Alerta utilizados no planejamento foram definidos também nesta fase.

No APO, cada máquina produtiva é modelada como um recurso. Foram criados, então, um recurso para o MLC, um para o Esmeril e dois laminadores: o TL1 e o TL2. Cada produto fabricado na usina possui um roteiro de fabricação que o associa a um ou mais recursos. Os roteiros contêm os dados de produtividade dos produtos, bem como informações relativas às suas características. Para os tarugos, por exemplo, os roteiros dizem o tipo de aço, já para o fio-máquina os roteiros informam também a bitola. Além disso, no módulo DP (Planejamento da demanda) foram acrescentadas as características Aço e Bitola, para que pudessem ser utilizadas no tratamento e análise das previsões.

Na segunda etapa, em fevereiro de 2005, foi implementada a Matriz de *Setup* no PP/DS, utilizada pelos planejadores da usina para criar o plano de produção. Essa matriz contém o tempo e custo de preparação de máquina para as transições entre bitolas e jogos de bitola dos laminadores. Outra funcionalidade implementada nessa fase foram os *Planning Books* (Figura 3) de previsão do DP. Por meio deles, é possível inserir quantidades de previsão e fazer análises.

A partir de março de 2005, foi possível realizar os primeiros testes de planejamento com o sistema. Foi definido que o período de planejamento seria de um mês. Sendo assim, o DP é alimentado com previsões em quantidades suficientes para um mês de produção.

As previsões fazem o MRP (*Material Resource Planning*) gerar ordens planejadas que suprem as demandas, deixando os recursos produtivos ocupados. O otimizador PP/DS é utilizado, então, para colocar em seqüência as ordens planejadas, procurando balancear os custos de produção e a penalidade por atraso ao cliente. As ordens colocadas em seqüência em cada laminador, assim como no MLC e na máquina de esmeril, formam o plano de produção, que serve como base para o aceite de vendas.

Como uma primeira idéia, todas as previsões ficariam concentradas no fim do mês. Isso poderia fazer com que a produção de alguns materiais fosse concentrada pelo otimizador, o que mais tarde realmente se concretizou. Junto aos clientes, foi realizado, então, um trabalho para escolher uma forma de criar um plano de produção que se distribuisse ao longo do mês, de forma mais equilibrada, na frequência ideal para eles sem, contudo, aumentar os custos de produção.

Por último, houve o refinamento da função objetivo do otimizador PP/DS, para o melhor balanceamento entre custos de preparação de máquina, com base em custos reais e penalidades por atraso. Simulações com cenários reais confirmaram a eficiência do sistema. O processo de aceite e confirmação das datas das ordens vendas também foi testado nesta última etapa. Desde agosto 2005, o planejamento e o seqüenciamento da produção já passaram a ser construídos integralmente pelo APO.

PLANEJADOR MONLEVADE	Unids...	M 04.2006	M 05.2006	M 06.2006	M 07.2006
Histórico de Vendas	KG				
Consensual	KG	67.176.848	79.132.982	89.647.604	
Aço ajustado Monlevade	KG	68.176.848	93.072.982		

Figura 3 – Planning Book de Planejamento

2.7 – Metodologia

Para a implantação do sistema foi adotada a metodologia ASAP da SAP, conforme a seguir:

. Fase 1

- Definição das metas do projeto, do tempo estimado e das equipes envolvidas tanto da Belgo-Arcelor Brasil quanto da empresa responsável pela implementação (BMS-Arcelor Brasil).

. Fase 2

- Estabelecimento dos processos que seriam modelados no sistema por meio de um questionário elaborado especificamente para o projeto.
- Definição dos recursos de produção que seriam modelados no sistema, das estratégias de planejamento dos produtos do mercado externo e interno, bem como dos relatórios de planejamento e gerenciais.
- Elaboração do cronograma detalhado do projeto.

. Fase 3

- Implementação dos processos selecionados na fase anterior.
- Criação dos dados de produção, configuração do sistema, realização dos testes e simulações de otimização e aprovação de um procedimento padrão para o planejamento.

. Fase 4

- Execução do Plano de implantação, que serviu de orientação para que as mudanças necessárias no processo planejamento da usina gerassem o menor impacto possível.
- Conclusão do treinamento dos usuários.

. Fase 5

- Entrada efetiva em operação do sistema. Acompanhamento da equipe responsável, para solução possíveis problemas, levantamento e implementação de melhorias.

2.8 – Desenvolvimento

Diversas ferramentas foram desenvolvidas ao longo do projeto para serem utilizadas na construção e acompanhamento do plano de produção, dentre elas merecem destaque:

- Painéis gráficos de planejamento e Heurística de seqüenciamento tabular – utilizados para o ajuste fino da seqüência gerada pelo otimizador do PP/DS.
- Ferramentas de análise de cenários “e se” – são poderosos instrumentos utilizados para simular, para o mesmo cenário de produção, diferentes otimizações, com diferentes pesos para custo de produção e penalidade por atraso. Pode-se escolher a simulação com a melhor configuração para cada situação de mercado.
- Relatórios específicos para atender as demandas diferenciadas da usina make to order

2.9 – Plataforma Tecnológica

A plataforma tecnológica adotada é o AIX e a arquitetura segue o padrão Belgo-Arcelor Brasil e oferece alta escalabilidade. A configuração dos equipamentos evoluiu e, atualmente, é a seguinte:

- **Servidor de Otimização**
HP-DL 380 Intel, 3Gb Memória RAM com 2 Processadores x 3 GHz.
- **Servidor de aplicação APO**
(Servidor APO + liveCache)
IBM (RS/6000) pSeries 7026-6M1 Server, 32 Gb Memória RAM com 6 processadores x 750 MHz.

2.10 – Desafios e dificuldades

Mudar o processo de aceite de vendas trouxe conseqüências para os clientes e para a Usina. Medi-las, quando a mudança é tão grande, como neste caso, é uma tarefa extremamente complexa. Os primeiros testes trouxeram sinais de que novas necessidades dos clientes deveriam ser consideradas na montagem do plano de produção que daria suporte ao aceite de vendas. A partir desses sinais, foram desenvolvidas diversas melhorias com a participação ativa dos principais clientes. Houve alteração do sistema para que o otimizador fosse penalizado, caso não produzisse os materiais mais importantes para os clientes, na freqüência desejada por eles. Isso trouxe grande melhoria à qualidade do plano de produção por aliar as necessidades dos clientes às restrições e regras de produção.

Informar previsões de venda assertivas é por si só outro grande desafio, pois o comportamento do mercado depende de um grande número de variáveis. Contudo, quando há a integração entre previsão e produção (a previsão de vendas no processo torna-se, em linhas gerais, uma seqüência de produção que gera o plano de aceite de vendas), é estabelecido um compromisso entre as áreas de Vendas e Produção. A primeira deve fornecer uma boa previsão e, a segunda, garantir o efetivo cumprimento do que foi previsto. Nesse sentido, há uma mudança cultural envolvida. A área de Vendas ganha mais consciência de que se não fizer uma previsão de qualidade poderá não ter o produto disponível.

3 – Resultados

Com o APO, a Usina de Monlevade passou a fazer uma oferta de vendas baseada em um plano de produção planejado que contempla o ponto de vista da produção (regras e restrições) e dos clientes. O resultado é a maior assertividade nas datas de atendimento previstas e a melhoria na qualidade de atendimento ao cliente. Ao mesmo tempo, ao controlar as datas das demandas, levando-se em conta a capacidade real de produção da usina, o sistema reduz os conflitos entre produção e vendas permitindo um planejamento de produção mais estável e de menor custo. O sistema foi implementado a pouco meses e como os últimos ajustes foram recentes os ganhos quantitativos ainda não foram apurados. Contudo, os resultados iniciais já demonstram diversos benefícios:

- Aceite de vendas mais assertivo e confiável (Figura 4);
- Planejamento de médio prazo para a usina (Figura 5);
- Participação dos clientes no planejamento da usina;

- Redução dos custos de produção (menor parada de equipamentos e melhor utilização da capacidade de produção)
- Redução dos conflitos entre área de vendas e produção;
- Otimização dos estoques de tarugos

Mais importante ainda, o sistema ganhou a aprovação dos usuários e dos gestores da Belgo-Arcelor Brasil:

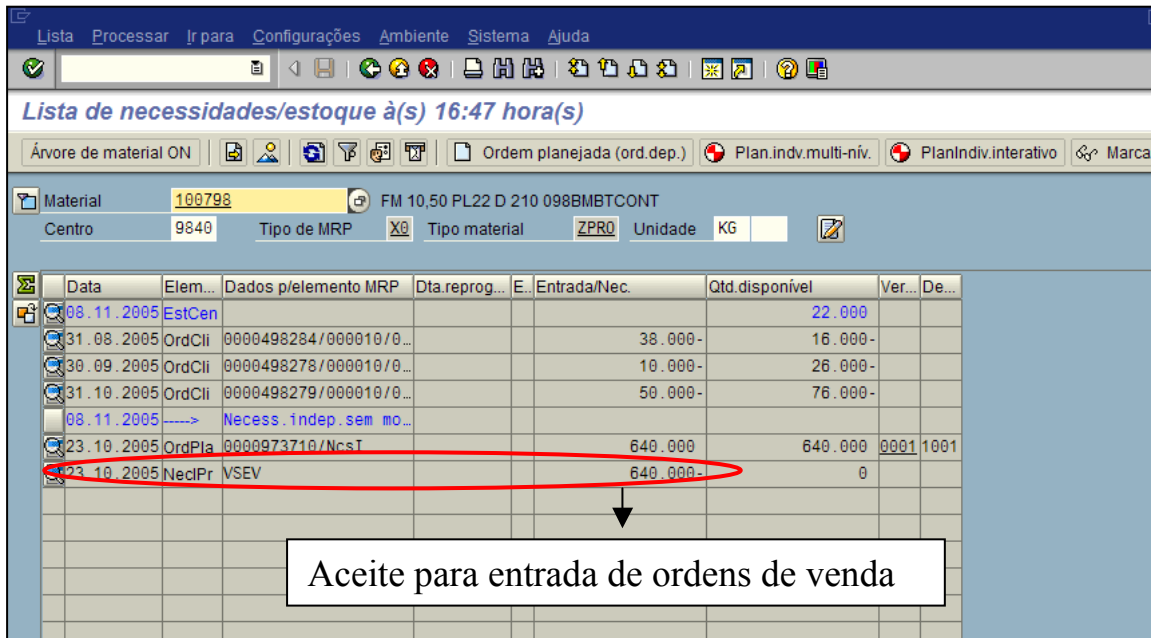


Figura 4 – Painel gráfico do Planejamento dos recursos

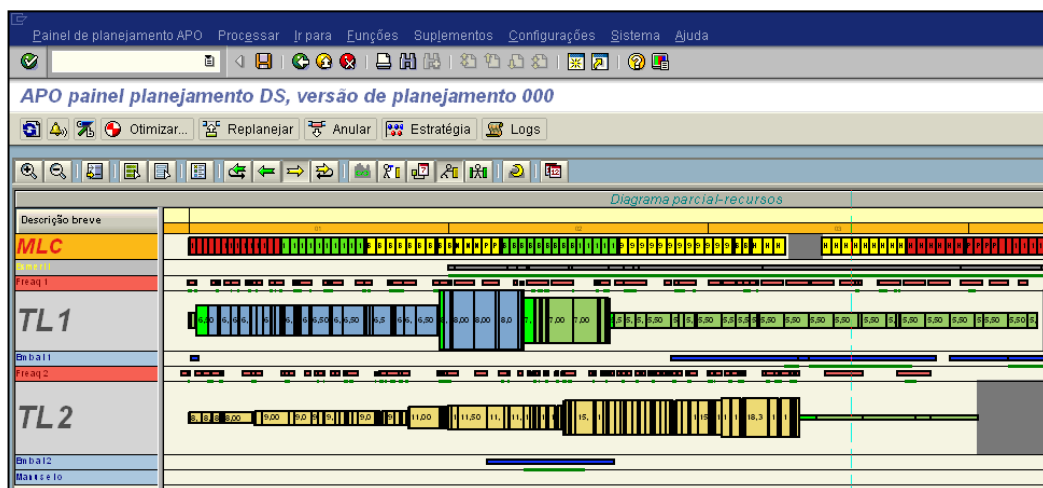


Figura 5 – Painel gráfico do Planejamento dos recursos

4 – Discussão

A implantação do APO na usina de Monlevade é uma inovação no mercado de Tecnologia da Informação, pois ela é a primeira siderúrgica brasileira, com estratégia *make-to-order*, a implantar um sistema de tamanha complexidade.

Os primeiros planos de produção gerados foram construídos com a concentração de alguns produtos em períodos determinados do mês. Isso

acarretava em alguns problemas para os clientes, já que eles não esperavam ter que comprar de forma tão concentrada e aumentar, assim, seus estoques intermediários. Foi desenvolvido, então, um trabalho junto aos clientes entre novembro de 2005 e janeiro de 2006 para distribuir a produção mais uniformemente ao longo do mês. Após a distribuição, os planos de produção se tornaram menos concentrados e mais condizentes com as demandas dos clientes.

O projeto inicialmente se restringia apenas à Usina de João Monlevade. Mas ficou claro que a Belgo Bekaert Arames também teria grandes benefícios se adequasse seu processo de aceite à oferta planejada pela Usina. A solução foi, então, estendida para esta. O resultado foi um maior sincronismo entre suas vendas e o suprimento de fio-máquina por parte da Usina de Monlevade.

5 – Conclusão

A frase que resume a filosofia adotada é a seguinte: “O mercado informa quanto precisa e a usina define quando atender”. Esta é uma solução cooperativa, pois, o plano de produção é ofertado ao mercado com antecedência para a colocação das ordens de venda. Com isto minimizam-se atrasos, já que a ordem de venda entra lastreada por um plano de produção factível e, previamente, aprovado. É um cenário onde as responsabilidades são compartilhadas entre a área de vendas que deverá buscar assertividade na previsão de vendas e a produção que deverá cumprir o plano de produção proposto.

O APO adotado atendeu a todas as necessidades apontadas pelos procedimentos de planejamento de vendas e produção. Poucos desenvolvimentos se fizeram necessários.

6- Referência Bibliográfica

1. HARJUNKOSKI I. and GROSSMANN I. E. A decomposition approach for the scheduling of a steel plant production *Computers & Chemical Engineering*, 25:1647-1660, 2001.
2. MANNE A. S. On the job-shop scheduling problem. *Operation Resource*, 8:219-223, 1960.
3. STAFFORD E. F., TSENG F. T. and GUPTA J. N. D. Comparative evolution of MILP flowshop models *Operation Research Society*, 56:88-101, 2004.
4. WAGNER H. M. An integer linear-programming model for machine scheduling. *Nav Res Log.* Q6:131-140, 1959.

SEQUENCED AND PRODUCTION SCHEDULING (APO)AT MONLEVADE PLANT¹

Renata Bicalho Romão Martins²
André Felipe de Souza Pereira³
José Pantuza Torres⁴
Geraldo Ponciano Ferreira⁵
Luciano Barros Fialho⁶
Matias Geraldo Dias⁷
Paulo Eduardo Melo da Cunha⁸
Paulo Jardim dos Santos⁹
Vicente José do Rego Neto¹⁰

Abstract

The purpose of this project was the elaboration and implementation of a procedure able to generate a sequenced semi-monthly production schedule, that respects the production restrictions of the plant and sales demand. The main goal of this production schedule is to balance, in a optimized view, these two forces, generating a organized order processing, guaranteeing customer service level.

The project started in 200 and because of the complexity of the plant among with the strategy of make-to-order strategy of high added value products, demanded years of study and analysis. The preparatory study was done in 2004, and was followed by the activities of its implementation.

The steps of the project enclose the construction of a planning procedure, the APO (*Advanced Planning Optimizer*) modeling, the optimization parameters through simulations and finally it's implamantation. The envolved departments were the Steel Shop, the Rolling and Logistics.

Keywords

Siderugical Plant, Production Scheduling, Optimized Sequence

- (1) To be presented at XXV ABM- Logistics Seminar
- (2) Business Administrator, production scheduling technical assistant
- (3) Mechanical Engineer, System Analyst of Belgo Mineira Sistemas
- (4) Business Administrator, production scheduling technical assistant
- (5) Eletronics Technician, Production scheduling technician assistant
- (6) Eletrical Engineer, System Analyst of Belgo Mineira Sistemas
- (7) Business Administrator, System Analyst of Belgo Mineira Sistemas
- (8) Metalurgical Engineer, Head of Department Logistics and Production Planning
- (9) Administrador de Empresas, System Analyst of Belgo Mineira Sistemas
- (10) Mechanical Engineer, System Analyst of Belgo Mineira Sistemas