

IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO E SISTEMA ESPECIALISTA (LSCHEDULER) PARA SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO DA ARCELORMITTAL VEGA¹

Jovanir Francisqueto²
José Fabiano Martins Assunção³
Edicarlos da Cunha⁴
Emerson Florian⁵
Henrique Cunha Carneiro Pinto⁶

Resumo

O objetivo deste projeto foi desenvolver técnicas e regras de seqüenciamento da produção, visando configurar o novo sistema de programação das linhas de produção (Decapagem / Laminação de tiras a frio, Galvanização I, II e Recozimento em Caixa) da ArcelorMittal Vega (AM Vega), considerando as expansões em andamento e uso do sistema especialista LScheduler/PSI. O uso deste sistema inseriu a AM Vega na filosofia de programação da ArcelorMittal Flat Carbon South America (FCSA), contribuindo assim para a integração da ArcelorMittal Tubarão e AM Vega. O projeto foi desenvolvido conforme práticas definidas no PMI adaptadas para a realidade da empresa. Os principais resultados a serem alcançados após a implantação do projeto são: Elevação da produtividade da equipe de seqüenciamento; Melhorias na padronização; Integração do planejamento AM Vega x AM Tubarão; Redução do risco de sucateamento/desclassificação de material;

Palavras-chave: Sequenciamento; LScheduler; GPAO; Sistema especialista.

IMPLEMENTATION OF PROCESS AND EXPERT SYSTEM (LSCHEDULER) FOR SCHEDULING LINES OF ARCELORMITTAL VEGA

Abstract

This project aimed to develop techniques and scheduling rules in order to configure the new system for planning production lines (Pickling and Cold Rolled Lamination, Galvanized, Box annealing) for ArcelorMittal Vega (AM Vega), considering the ongoing expansion and use of expert system LScheduler / PSI. Use of this system entered the AM Vega in philosophy programming ArcelorMittal Flat Carbon South America(FCSA), thus contributing to the integration of AM Vega and ArcelorMittal Tubarão. The project was developed as defined in the PMI practices adapted to the reality of the company. The main results to be achieved after the implementation of the project are: Increased productivity of the team sequencing of production lines; Improvements in standardization; Integration of planning AM Vega x ArcelorMittal Tubarao; Reduced risk of scraping / downgrade of material;

Key words: Scheduling; LScheduler; GPAO; Expert system.

¹ Contribuição técnica ao 32º Seminário de Logística – Suprimentos, PCP, Transportes, 18 a 21 de junho de 2013, Volta Redonda, RJ, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgista. Especialista Desenho de Processo, ArcelorMittal Tubarão. Serra, ES, Brasil.

³ Engenheiro Metalurgista. Especialista Desenho de Processo, ArcelorMittal Tubarão Serra, ES, Brasil.

⁴ Administração em Qualidade. Especialista de PCP, Arcelormittal Vega. São Francisco do Sul, SC, Brasil.

⁵ Administração em Logística. Especialista de PCP, Arcelormittal Vega. São Francisco do Sul, SC, Brasil.

⁶ Engenheiro Mecânico. Consultor de Aplicações, PSI Metals. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Trabalho

A ArcelorMittal Vega é especializada na transformação do aço, através dos processos de decapagem, laminação a frio, recozimento e galvanização.

A empresa fornece aço carbono plano para as indústrias automotivas, de eletrodomésticos, construção civil e tubos, entre outras.

A unidade em São Francisco do Sul foi implantada de acordo com normas internacionais de qualidade, tecnologia e preservação de meio ambiente.

O projeto de implantação do LScheduler para seqüenciamento das linhas de produção de AM Vega foi coordenado pela área de Desenho Integrado de Processos, envolvendo as áreas planejamento e programação da AM Vega e área de informática de ambas empresas.

1.2 Objetivos

O objetivo principal do projeto é automatizar a formação da instrução de decapagem/laminação, galvanização e recozimento em caixa da ArcelorMittal Vega, atendendo aos seguintes requisitos:

- respeitar as regras, restrições técnicas e práticas;
- reduzir o tempo necessário para formação das instruções;
- respeitar as restrições de fluxo de produção;
- respeitar restrições de prioridades, metas de produção, tipos de materiais permitidos;
- auxiliar na tomada de decisão do programador na identificação de itens críticos;
- elevação da produtividade da equipe de sequenciamento das linhas de produção;
- redução de lead time do processo;
- redução do WIP (estoque em processo);
- redução do FIP (estoque de produto acabado);
- melhorias na gestão da programação;
- melhorias na padronização;
- integração do planejamento AM Vega x AM Tubarão; e
- Redução do risco de sucateamento/desclassificação de material.

1.3 Revisão da Literatura

1.3.1 Conceitos gerais de planejamento e controle da produção

Cabe ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) o gerenciamento de conflitos entre vendas e produção, determinando os volumes a serem vendidos e produzidos, os prazos de entrega, as prioridades de produção, os níveis de estoques etc., de forma a garantir baixos custos, elevadas produtividades e índice de funcionamento das áreas produtivas com a garantia de atendimento aos compromissos assumidos com os clientes referentes a volumes e prazos de entrega, isso tudo com baixos níveis de estoques.

Slack⁽¹⁾ descreve: “O propósito do planejamento e controle é garantir que os processos de produção ocorram eficaz e eficientemente e que produzam produtos e serviços conforme requeridos pelos consumidores”.

O planejamento e controle da produção é dividido basicamente em três segmentos, podendo ser planejamento de longo prazo, de médio prazo e de curto prazo.

Conforme Davis,⁽²⁾ o planejamento de longo prazo deve conter os objetivos gerais da organização e suas metas para os próximos 2 a 10 anos e leva em conta a capacidade da empresa, assim como o cenário econômico e político.

Já o planejamento de médio prazo pode ser subdividido de acordo com os itens abaixo:

- planejamento agregado da produção: planejamento de produção mensal I para os principais produtos ou áreas produtivas, de forma a procurar minimizar custos de produção, níveis de estoque e atender à demanda.
- planejamento mestre da produção (PMP): O PMP depende do plano de produto, de mercado e de recursos e gera para a operação a quantidade e os dados dos produtos finais individuais. É realizado para um período de 6 a 8 semanas.
- planejamento de curto prazo: Realizado através da programação detalhada de quando cada operação deve ser executada em cada centro de trabalho e quanto tempo levará para ser processada, e, por fim, o controle das atividades de produção, que é o refinamento diário da programação, pois envolve a programação e o controle das atividades do dia-a-dia no chão de fábrica.

1.3.2 Sequenciamento da produção

“O sequenciamento é uma técnica de planejamento a curto prazo de trabalhos reais a serem operados em cada centro de trabalho com base na capacidade e nas prioridades. Prioridades, neste caso é a seqüência em que os trabalhos devem ser operados num centro de trabalho.”⁽³⁾

O sequenciamento da produção se refere as atividades de planejamento mais próximas da operação, onde são efetuadas alterações em função de problemas operacionais, prioridades surgidas de última hora ou quaisquer outras ocorrências que não foram anteriormente planejadas e deve seguir algumas regras de modo a maximizar os resultados, sendo que, na maioria dos casos, é impossível satisfazer todos os objetivos ao mesmo tempo.

1.3.3 Processo produtivo ArcelorMittal Vega

O processo produtivo da ArcelorMittal Vega é caracterizada pelos seguintes processos:

- **Decapagem:** processo de remoção da camada de óxidos da superfície das bobinas laminadas a quente, que foram formados durante a etapa de laminação à quente, realizada na ArcelorMittal Tubarão. A linha de decapagem da ArcelorMittal Vega é caracterizada por um processo contínuo, onde a tira é desenrolada (ou desbobinada) tendo suas extremidades (ponta e cauda) unidas por solda.

O processo é desenvolvido em tanques herméticos que impedem as perdas por evaporação e assim evitando danos ao meio ambiente. Ao final do processo, todo ácido utilizado no processo é enviado a URA – Unidade de Regeneração de Ácido, que através do processo de piro-hidrólise, onde a reação de decapagem é revertida, é obtido novamente o ácido clorídrico e como co-produto o óxido de ferro,

em forma de pó. Este co-produto é comercializado para indústrias de equipamentos magnéticos, para produção de ímãs ou como corante na produção de tintas.

Na seção de saída da decapagem, a tira tem suas bordas aparadas (ou cortadas) para as dimensões especificadas.

- **Laminação a frio:** processo de redução da espessura das chapas de aço laminadas a quente decapadas através da laminação a frio. O processo de redução da espessura da tira é realizado por deformação plástica, que através dos esforços de compressão e tração controlados, são obtidas as dimensões especificadas.

Para garantia das dimensões finais, o Laminador é equipado com medidores de espessura, raios gama e raios X, estes medidores trabalham em malha fechada com os diversos sistemas de controle, de modo a garantir uma operação homogênea. Após a laminação, a tira novamente é enrolada gerando assim um produto intermediário denominado bobina *Full-Hard (FH)*.

Após a laminação a bobina *Full-Hard* pode seguir por duas rotas distintas, de acordo com a especificação do cliente. Para produtos revestidos, esta segue para a galvanização. Para produtos não revestidos a mesma segue para o recozimento em caixa e em seguida para o laminador de encruamento.

- **Recozimento em caixa:** processo de tratamento térmico utilizado para restituir as propriedades mecânicas do aço após a laminação a frio onde o material foi submetido a fortes trabalhos de conformação, tornando-o “encruado” e efetuar limpeza superficial do mesmo.

O processo de recozimento é realizado em 2 etapas, na primeira é colocado sobre a campânula um forno que aquece a carga, com velocidades controladas até aproximadamente 780 graus Celsius, onde o combustível utilizado é o gás natural. Após o término da fase de aquecimento o forno, que é intercambiável segue para uma outra base, para continuidade do processo, é então colocado sobre a campânula um equipamento denominado *resfriador*, o arrefecimento da carga é realizado com ar e água.

- **Laminador de encruamento:** tem a função de eliminação do patamar de escoamento, correção da planicidade e impressão da rugosidade final do produto.

Este equipamento é um laminador de uma cadeira ou gaiola, que através de um passe confere aos materiais suas características finais.

- **Galvanização por imersão a quente:** consiste no revestimento da superfície da bobinas laminada a frio com uma fina camada de zinco ou zinco-ferro para aumento da resistência à corrosão do aço.

As etapas seguintes são o encruamento on-line, com as mesmas funções do laminador de encruamento off-line, acima descrito.

- **Linha de inspeção:** procedimento de inspeção final da qualidade antes do envio do produto acabado para os clientes. É enviada para esta linha uma pequena porção dos materiais, podendo ser revestidos e não revestidos. Esta linha é utilizada para apoio a decisões de qualidade ou ainda retrabalhos como: oleamento, aparamento de bordas ou ainda seccionamento de bobina.

1.3.4 LScheduler (Otimizador/software especialista)

LScheduler é um sistema especialista de apoio à decisão, que otimiza a programação de linhas de produção, elaborando uma lista otimizada de materiais a

serem processados, respeitando regras de sequenciamento e práticas de programação.

Conforme citado por Abrahão et al.,⁽⁴⁾ o software trabalha com modelos internos que refletem as regras e padrões de produção, conferindo-lhes bônus e penalidades que agem como pesos para balanceamento de suas importâncias no conjunto de decisão. Deste modo, torna-se possível sugerir uma solução “ótima” para a listagem de bobinas a serem produzidas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Software LScheduler para Programação de Linha de Produção.

Para cada linha do escopo deste projeto (Laminação a Frio e Decapagem, Galvanização¹ e Galvanização², Recozimento em Caixa) foi criada uma configuração específica do sistema, respeitando particularidades dos processos.

2.2 Configuração do LScheduler

O software utiliza arquivos tipo texto simples para todas suas funções, inclusive recebimento e envio de dados.

As seguintes premissas têm que ser configuradas, dentre outras, para permitir ao LScheduler programar cada tipo de linha:

- Dimensões do material processado. (bobinas, no caso de AM Vega)
- dados do pedido
- tipos de material que a linha consegue processar; esses tipos são agrupados sob a denominação de “cones”.
- restrições físicas do equipamento, tais como:
- restrições de procedimentos operacionais, tais como:
 - priorizar pedidos atrasados há mais de X dias (ou adiantados de Y dias)
 - tentar agrupar bobinas que sofrerão algum processo posterior (ex.: bobinas que passa pelas tesouras para aparar bordas)
 - respeitar o encadeamento de tipos de material (Ex.: produzir materiais com restrições de qualidade superficial antes ou após outro tipo de material)

2.3 Interface Gráfica do LScheduler

O usuário dispõe de várias interfaces gráficas para analisar e modificar a lista de bobinas sugerida. É possível:

- visualizar o volume de material programado;
- visualizar o volume de material disponível para programação;
- incluir, remover ou substituir bobinas nas simulações;
- definir a produção de uma ou mais bobinas; e
- realizar novas simulações.

Tendo feito as alterações que julgar procedentes, o usuário poderá então enviar os materiais a serem produzidos.

2.4 Linhas de Decapagem e Galvanização

Nestas configurações, o usuário informa qual tipo de programa de produção ou campanha deseja simular e o sistema fornece uma resposta otimizada, tentando respeitar o maior número possível das regras impostas.

2.5 Linha de Recozimento em Caixa

Nesta configuração, o usuário informa a quantidade de material e o número aproximado de “cargas” a serem produzidas. O sistema encontrará as melhores combinações de bobinas.

2.6 Processo de Programação Atual de Vega

A ArcelorMittal Vega possui equipamentos com suas particularidades, complexidades e limitações que por sua vez geram restrições de processo.

Estas restrições se dão, por exemplo, em função da limitação da máquina de solda, dimensional do equipamento (largura, espessura e comprimento), capacidade dos fornos dentre tantas outras.

Além destas restrições de processo, temos também as especificações dos produtos, que são a tradução das necessidades dos clientes que variam, por exemplo, do tipo de material, qualidade superficial, propriedades mecânicas entre outras.

Mediante a necessidade de conciliar as limitações dos equipamentos e a necessidade de atendimento das diversas especificações dos clientes, estabelecemos o que chamamos de regras de sequenciamento (programação) para cada linha (equipamento) específico, visando atender as necessidades dos clientes obedecendo às limitações dos equipamentos.

Para podermos gerenciar a produção da AM Vega, foi desenvolvido um sistema de Gestão da produção focado nas necessidades da empresa, o GPAO.

A programação atual das linhas de produção é feita através de um módulo do sistema GPAO, apoiado por planilhas em Excel.

A programação pelo sistema GPAO é totalmente manual e não ocorre nenhuma restrição do sistema com relação à quebra de regras.

Para a linha de Galvanização e Recozimento em caixa, a programação é feita com apoio de planilhas Excel por onde são extraídas, do Banco de Dados do GPAO, as informações de bobinas disponíveis para seqüenciamento. Com estes dados, os programadores efetuam o seqüenciamento do material respeitando as regras de seqüenciamento de cada linha de forma manual e com conhecimento acumulado ao longo do tempo.

Após a montagem da instrução, os dados são conferidos visualmente pelo programador e em seqüência inseridos no GPAO manualmente, bobina a bobina conforme ordenadas no Excel.

Resumindo, a funcionalidade de seqüenciamento de produção do GPAO é utilizada apenas para envio de dados para o Nível 2, estando toda a inteligência do negócio na cabeça dos programadores e nas planilhas Excel.

2.7 GPAO: Sistema de Planejamento e Controle de Produção da AM Vega

O GPAO é o Sistema de Planejamento e Controle de Produção (Nível 3) da ArcelorMittal Vega, com forte interação com sistemas de automação (Nível 2), sendo

desenvolvido em plataforma JAVA. É utilizado para executar as funções de acompanhamento da produção, acompanhamento das localizações em pátios e pontes rolantes, acompanhamento da qualidade do material, programação e produção de material, gerencia das características do material, ordem de venda e fluxo de produção, recebimento e despacho de material.

O sistema GPAO foi adaptado para gerar e receber arquivos de interface com o LScheduler e também disponibilizar uma consulta que permitisse acompanhar as bobinas seqüenciadas.

As principais atividades no GPAO relativas ao tratamento de arquivos são:

- gerar/enviar informações das bobinas disponíveis para programação para o LSchedule; e
- receber seqüências otimizadas de bobinas do LScheduler.

A Figura 1 exibe a arquitetura adotada para tratamento de arquivos entre o LScheduler e o GPAO.

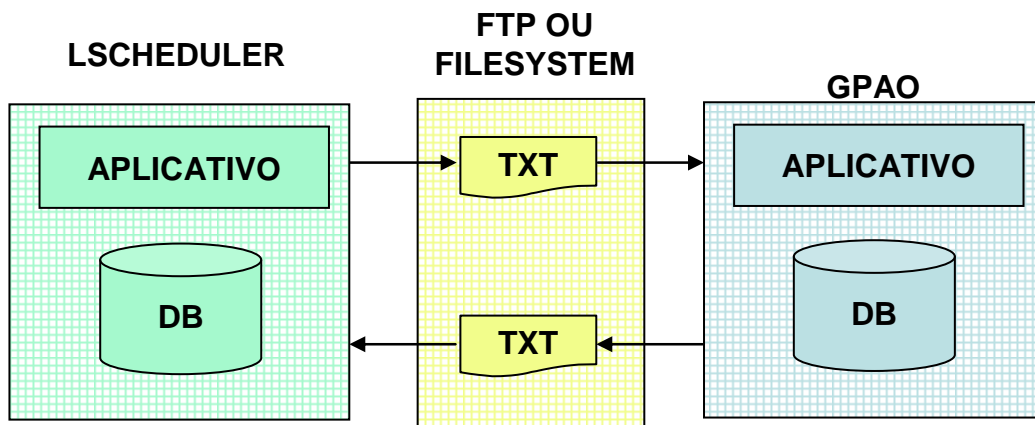


Figura 1 - Modelo de Interface entre LScheduler e GPAO.

Os sistemas LScheduler e GPAO foram instalados em servidores distintos, de forma que o acesso a gravação e leitura será controlado. Como plano de contingência, no caso de indisponibilidade do servidor de produção do LScheduler, outro servidor será remotamente ativado.

Com o objetivo de permitir a visualização e acompanhamento das bobinas seqüenciadas, foi criada no GPAO uma tela de consulta.

Além de consultar os dados, o usuário também pode alterar a seqüência de produção dos materiais simulados (MS's), enviar arquivos para o LScheduler e receber arquivos do LScheduler. Outra função disponível é permitir o cancelamento das MS's planejadas, retirando as bobinas das MS's e deixando as mesmas novamente disponíveis para programação. Nesta tela, é possível também detalhar os dados das MS's para exibir informações sobre bobinas que fazem parte das mesmas.

Para atender o LScheduler, no caso da Linha de Recozimento, foram realizadas revisões dos dados de interface entre Nível 2 e Nível 3 para inclusão de novos dados.

2.8 Desenvolvimento do Projeto

Para o planejamento/diagnóstico do projeto foi utilizada a metodologia DMADV, utilizada para desenvolvimento de projetos de novos produtos ou processos.

Conforme Werkema,⁽⁵⁾ a metodologia DMADV é derivada do “design for Six Sigma”, e possui os seguintes princípios básicos:

- identificação das necessidades do cliente;
- desdobramento das especificações;
- construção da capacidade; e
- modelagem.

Os tópicos deste capítulo serão apresentados conforme as etapas de desenvolvimento da metodologia DMADV.

2.8.1 Define

Nesta etapa o novo processo foi definido, o projeto foi justificado e realizados a análise da viabilidade do projeto e são estimados os prazos e recursos.

Sendo assim, o principal objetivo do projeto foi desenvolver técnicas, regras e configurar o sistema de programação de produção para as linhas da ArcelorMittal Vega (Laminação de tiras a frio, Galvanização I, II e Recozimento em Caixa), considerando as expansões e uso do sistema especialista LScheduler/PSI, de forma a manter a mesma filosofia adotada na FCSA - Divisão de aços planos da ArcelorMittal na América do Sul.

Foram levantados também nesta etapa do trabalho as premissas para entrega do produto, foram mapeados os riscos, definida a equipe e os recursos necessários ao desenvolvimento do projeto e definido o problema a ser resolvido com a implantação do novo software.

2.8.2 Measure

Na fase Measure foram identificadas com detalhes as necessidades dos clientes, identificando e priorizando estas necessidades, assim como foram analisadas as características críticas do produto para atendimento a estas necessidades.

Foi utilizada então a ferramenta de entrevista individual com os principais envolvidos no projeto (*stakeholders*), levantando-se as principais expectativas de cada área envolvida, assim como foram realizadas entrevistas individuais com os sequenciadores e supervisores para o entendimento das principais necessidades dos usuários, sendo assim identificadas:

- sequenciar a produção da Declam (decapagem e laminador de tiras a frio), das Galvanizações e do Recozimento em caixa;
- cumprir as regras técnicas (saltos de largura, saltos de espessura, agrupamento de materiais de acordo com a qualidade e grau do aço, intercalação de materiais, cargas máxima e mínima de cada tipo de instrução/cada equipamento, entre outros);
- cumprir as regras de negócio (priorizar sequenciamento: de materiais com data de entrega mais antiga, de materiais com mais tempo em estoque, priorizar de acordo com indicação da área comercial, entre outros);
- aumentar a produtividade do pessoal do sequenciamento; e
- reduzir intervenção manual dos sequenciadores.

2.8.3 Analyse

Nesta etapa do projeto, foram definidas as principais funções a serem projetadas de forma a atender as necessidades dos usuários. Em resumo, o fluxo da situação atual e da situação proposta foi desenhado, identificando-se a melhor alternativa de

solução. A Figura 2 abaixo esquematiza estes fluxos de forma resumida, apresentando o problema e a proposta de solução.

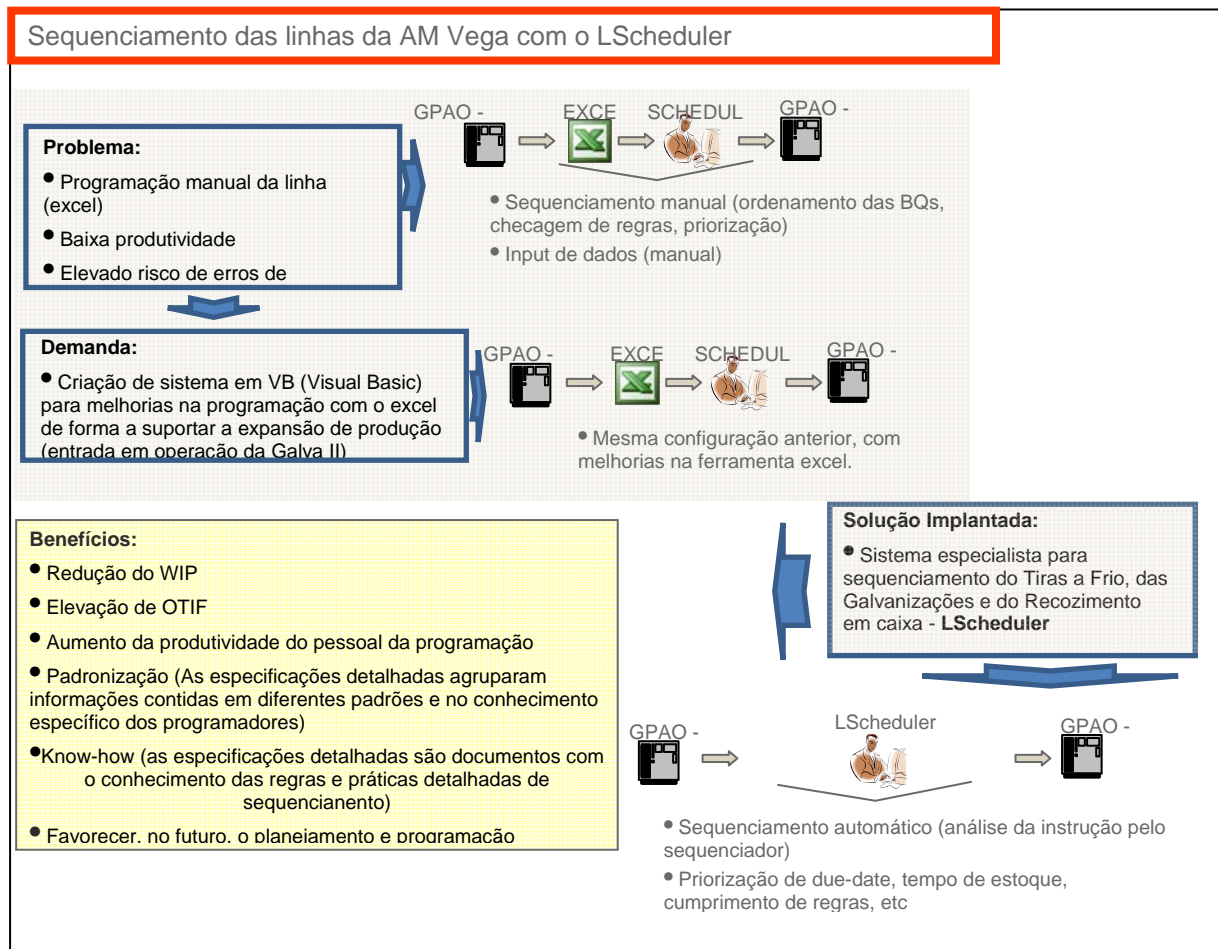


Figura 2 – Alternativas de solução para o sequenciamento das linhas.

2.8.4 Design

Nesta etapa do trabalho foi desenvolvido o projeto detalhado, especificado detalhadamente as regras a serem configuradas no software, foi realizado o desenvolvimento (configuração e parametrização das regras no software), realizados os testes no ambiente de homologação e posteriormente em ambiente de produção, com a realização de testes integrados com o sistema de controle da produção (GPAO), definidas as contingências em caso de falha e preparado todo o ambiente para implantação em produção.

A etapa denominada *Verify* (última etapa da metodologia DMADV), onde foram levantados os resultados alcançados com a implantação do projeto, assim como definida as estratégias para manutenção dos resultados, através da padronização é apresentada no capítulo de Resultados.

3 RESULTADOS

O novo processo de programação foi baseado na utilização da ferramenta de programação LScheduler, onde é possível realizar simulações e programações otimizadas nas linhas de produção Decapagem / Laminação a frio, Galvanização 1 e 2 e Recozimento em caixa. O sistema respeita as regras técnicas e de negócio na elaboração das MS's, auxiliando o seqüenciador na tomada de decisão, alertando quando regras ou procedimentos são descumpridos, além consistir em tela específica/relatórios/gráficos as regras críticas que não foram descumpridas pelo seqüenciador no momento de elaboração da MS's.

A Tabela 1 apresenta os ganhos de produtividade obtidos com a utilização do sistema na elaboração de MS's.

Tabela 1- Ganhos produtividade programador por linha de produção

Linha Produção	Ganho
Decapagem / Laminação Frio	60 %
Galvanização 1	50%
Galvanização 2	50%
Recozimento Caixa	66%*

* Resultados da linha em avaliação com novas regras de produção.

Outros ganhos com a utilização do sistema:

- sistematização da Programação Integrada entre as linhas de produção;
- visualização gráfica das instruções de laminação instruídas para a produção;
- utilização relatórios das instruções de laminação com dados detalhados da chance, principalmente os alertas indicando a origem das regras violadas (Ex: Saltos largura/Espessura, Posicionamentos etc);
- melhoria na gestão da programação (aumento do tempo disponível para criação e análise de indicadores, para análise da qualidade das instruções geradas pelo turno e para a padronização dos processos da programação);
- sistematização e padronização das atuais atividades manuais de programação da AM Vega utilizando planilhas (elaboração de URD para padronização de regras e correlação entre os sistemas);
- ganhos de produtividade dos programadores de turno refletindo na melhoria no controle dos KPIs da área;
- viabilização implantação do turno; e
- mudança de conceito Programação Empurrada para Programação Puxada para linha de Recozimento em Caixa (Programação Integrada Decapagem/Laminação a frio).

4 CONCLUSÃO

Através dos resultados alcançados, conclui-se que a utilização da metodologia de gerenciamento de projetos PMI, adaptadas para a realidade da empresa se apresentou eficaz, sendo que estes resultados somente foram possíveis em função da determinação de ações integradas(sinergia) entre as áreas de desenvolvimento de técnicas de gestão da produção(FTXD), de programação da produção (CPV), Informática (FTPV) e fornecedor do software (PSImetals).

A utilização do sistema LScheduler como ferramenta de programação da AM Vega, aplicando a filosofia de programação da ArcelorMittal Flat Carbon South America, contribuiu para a integração entre as empresas, contemplando ainda uma nova linha de galvanização que entrou em funcionamento em Abril/2010. Com a implantação da ferramenta de programação, observou-se ganhos na ordem de 57% na elaboração de instruções, além de conferir confiabilidade na observância das regras técnicas e de negócio, aumento na produtividade dos seqüenciadores, redução do risco de sucateamento/desclassificação, redução de estoques WIP e melhorias na padronização.

Mostrou-se também a importância da existência de uma área especializada e focada no desenho integrado/otimização dos processos e sistemas de programação da produção (FTXD), assim como na necessidade de proximidade desta área com as áreas usuárias do sistema, evidenciando a necessidade de constante discussão das regras e práticas de programação da produção, da necessidade da manutenção dos padrões técnicos atualizados e em consonância com os sistemas informatizados de apoio a produção.

Agradecimentos

À gerência geral de Tecnologia da Informação e Automação de Processos e gerência geral de Mercado, Planejamento Integrado e Logística.

REFERÊNCIAS

- 1 SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.
- 2 DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B, **Fundamentals of Operations Management**, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 2003.
- 3 ARNOLD, J.R. Tony. **Administração de materiais**: uma introdução. São Paulo: Atlas, 1999.
- 4 ABRAHÃO, IVO NOVAES; BEGHIN, PIERRE; COELHO, EDUARDO AUGUSTO. **Planejamento semanal do laminador de tiras a quente da CST**. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO, PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 41., 2004, Joinville. São Paulo: ABM, 2004.
- 5 WERKEMA, MARIA CRISTINA CATARINO. **Criando a cultura seis sigma** – Nova Lima, MG: Werkema Ed., 2004.