

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA  
NUCLETRANS – NÚCLEO DE TRANSPORTES**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E SISTEMAS DE TRANSPORTE**

**A OTIMIZAÇÃO DE GESTÃO DOS RECURSOS USIMINAS SEGUNDO MODELO  
COMPUTACIONAL**

**Monografia**

**Rodrigo Daibert Ravaiane**

**Belo Horizonte, 2010**

**Rodrigo Daibert Ravaiane**

**A OTIMIZAÇÃO DE GESTÃO DOS USIMINAS SEGUNDO MODELO  
COMPUTACIONAL**

**Trabalho apresentado ao Curso de  
Especialização em Logística Estratégica e  
Sistemas de Transporte, da Escola de  
Engenharia da Universidade Federal de Minas  
Gerais, como requisito parcial à obtenção do  
Título de Especialista em Logística Estratégica  
e Sistemas de Transporte.**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto da Costa  
Quinino**

**Belo Horizonte, 2010**

**A OTIMIZAÇÃO DE GESTÃO DOS RECURSOS USIMINAS SEGUNDO MODELO  
COMPUTACIONAL**

**Rodrigo Daibert Ravaiane**

**Este trabalho foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.**

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Roberto da Costa Quinino, Dr.**  
Orientador

**Prof. Leando Cardoso**  
Avaliador

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, meu irmão e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, estiveram presentes em mais esta etapa de minha vida.

A todos os professores do Curso de Especialização em Logística e Sistemas de Transportes, que foram tão importantes neste período acadêmico e no desenvolvimento desta monografia.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

## RESUMO

Este trabalho irá investigar o efeito da geração de estoques intermediários na cadeia logística de longo curso do Sistema Usiminas. Tal estudo será realizado segundo os indicadores principais da Teoria das Restrições – TOC (Lucro, Despesa Operacional e Inventário).

A Usiminas é uma empresa do setor siderúrgico e possui como atividade principal a produção e comercialização de aços planos laminados a quente e a frio, destinados a empresas do setor de bens de capital, bens de consumo e linha automotiva. A principal estratégia de comercialização está diretamente ligada à minimização da geração de estoques intermediários, em virtude da capacidade operacional das estruturas dos centros de distribuição e da malha rodoviária e ferroviária disponível nos eixos principais (Cubatão e Ipatinga) das unidades produtivas e de acabamento do aço e na minimização dos custos crescentes, relacionados principalmente ao custo de manutenção destes estoques.

Devido às variações de rotas e de demanda com mix de produtos variado, mensalmente, os recursos gargalos do Sistema Usiminas não são fixos, ou seja, dependem da configuração da produção em consequência do mix de produtos provenientes da demanda.

Dessa forma, modulou-se um sistema computacional em que os recursos podem se tornar gargalos em função do plano de produção. Os recursos ocupados 100% são frequentemente considerados gargalos potenciais.

O presente trabalho descreve de forma geral o processo de implantação do SAP-APO® na Usiminas, a estratégia de transferência de conhecimento adotada, as atividades mais relevantes para manutenção e evolução do sistema e destaca as atividades de reestruturação e mudança na forma de planejamento. Uma visão sobre a importância de sistemas analistas no ambiente de planejamento estratégico corporativo é ressaltada na revisão bibliográfica. O processo do planejamento integrado é descrito pelo planejamento de demanda, planejamento da produção e planejamento logístico, finalizando com os resultados alcançados e as atividades futuras de desenvolvimento, ajustes e melhorias.

**Palavras-chave: Usiminas, Modelo computacional, Estratégia, Planejamento, Logística, Demanda**

# SUMÁRIO

RESUMO-----	p 05
SUMÁRIO-----	p 06
1 INTRODUÇÃO-----	p 07
2 TEMA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA-----	p 08
2.1 Tema-----	p 08
2.2. Objetivo Geral-----	p 08
2.3 Objetivos Específicos-----	p 08
2.4 Justificativa do Tema-----	p 09
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-----	p 10
4 APLICANDO MODELO DE OTIMIZAÇÃO-----	p 15
4.1. A Estratégia-----	p 15
4.2. Planejamento de Demanda-----	p 16
4.3. Planejamento da Produção e Transportes-----	p 18
4.4. Resultados Alcançados e Esperados-----	p 23
5 CONCLUSÃO-----	p 26
REFERÊNCIAS-----	p 27

# 1. INTRODUÇÃO

A Usiminas é formada por um conjunto de 15 empresas que atuam de forma integrada na produção e em negócios onde o aço está presente. As duas usinas do Grupo (Ipatinga e Cubatão) produzem, em conjunto, cerca de 9,5 milhões de toneladas de aço por ano, ocupando a liderança no mercado interno de aços planos, com uma participação de 56%. E destina 70% de sua produção para o mercado nacional.

A Usiminas finaliza o processo de implantação do SAP-APO® (Advanced Planning Optimization) na organização para evoluir no conceito de planejamento estratégico, planejamento anual e mensal. Para viabilizar o projeto, foram implantados os seguintes módulos de planejamento: APO-DP® (Demand Planning), APO-SNP® (Supply Network Planning), APO-TPVS® (Transportation Planning and Vehicle Scheduling), APO-PP/DS® (Production Planning / Dispatch Scheduling), APO-GATP® (Global Available To Promise). Esses módulos se comunicam através de dados mestres comuns e buscam informações de módulos operacionais como o Bronner® (Sistema de Programação da produção em nível operacional) para atualização constante do sistema.

O objetivo do trabalho é descrever de forma geral o processo de implantação do SAP-APO® na Usiminas, a estratégia de transferência de conhecimento adotada, as atividades mais relevantes para manutenção e evolução do sistema e destacar a necessidade de reestruturação e mudança na forma de planejamento.

Para isso, é feita uma revisão bibliográfica do tema visando ressaltar a importância de sistemas analistas no ambiente de planejamento estratégico corporativo. Em seguida apresenta-se a metodologia adotada no processo de implantação e as estratégias de adaptação do sistema aos requisitos da siderurgia e a busca pelo aprendizado pela equipe de usuários, além de elaboração de pesquisas de benchmarking mercado.

O processo do planejamento integrado é descrito na seção seguinte. Apresenta-se inicialmente o planejamento de demanda, seguido do planejamento da produção, finalizando no planejamento logístico em função da seqüência de planejamento e dependência natural dos dados e informações.

Na seção de resultados alcançados apresentamos os projetos realizados e seus resultados, assim como as atividades futuras de desenvolvimento, ajustes e melhorias.

## **2. TEMA, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

### **2.1 Tema**

Aplicativos analíticos SCM como o SAP-APO® se baseiam em sofisticados algoritmos. Dentre estes podemos destacar algoritmos de programação linear, programação inteira mista, algoritmos genéticos e vários tipos de heurísticas. Esses algoritmos são, na maioria das vezes, propriedade do fornecedor do software. Grandes investimentos em P&D são necessários para se chegar até eles. Em função do nível de sofisticação, essa tecnologia é relativamente difícil de ser desenvolvida se a empresa não possui experiência na área (AROZO, 2003). Sua utilização possibilita não apenas tomada de decisões com maior qualidade, mas também permite que os ciclos de planejamento deixem de ser mensais ou semanais e passem a ser diários. Essa agilidade no planejamento permite que a empresa se adeque com maior rapidez às rápidas e constantes variações do mercado.

### **2.2 Objetivo Geral**

A Usiminas passa por um processo de transição e avalia a possibilidade de reestruturação organizacional para viabilizar a gestão de dados mestres por uma equipe responsável. A reestruturação rompe paradigmas de setores e planejamento (planejamento de demanda, produção e logística) integrando setores em uma estrutura matricial de gestão. O processo de implantação do sistema analítico SAP-APO gerou um aumento de conhecimento e maturidade na equipe de planejamento corporativo da Usiminas.

### **2.3 Objetivos Específicos**

Buscar alternativas de soluções para o Setor Logístico da Empresa Usiminas, de forma a agregar maior valor de custo e tempo para o cliente, buscando minimizar as perdas de market-share do Grupo que, diante do crescimento atual da demanda de mercado, torna-se significativo a pequenas alterações. Aplicar os fundamentos e princípios básicos da Teoria das Restrições e Ferramentas de Melhoria



Contínua, através da aplicação de alguns processos simples e ferramentas lógicas (o Processo de Raciocínio), identificando, explorando e administrando corretamente as restrições de produção do aço.

## **2.4 Justificativa do Tema**

A partir da adoção de métodos do sistema SAP-APO® é possível obter redução de estoques desnecessários ao longo da cadeia, determinar políticas de suprimento, planejamento e transportes. Em um nível hierárquico mais baixo e no curto prazo, módulos scheduling (APO-CTM® integrado com Bronner®) geram, a partir de um plano mestre, um programa detalhado de produção com sequências e ordens de produção fixadas.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sistemas ERP's (SAP/R3, Oracle, Baan, etc) são sistemas tradicionais que tendem a focar no nível operacional, e não possuem muita capacidade analítica para suportar decisões de planejamento de estratégicas. A implantação de sistemas ERP's possibilita a integração de toda empresa, tornando-a mais eficiente. Entretanto, eles não ajudam a resolver questões fundamentais do que deve ser feito, onde, quando e por quem. Esse é o papel de planejadores, apoiados por ferramentas de apoio à decisão, os sistemas analíticos Supply Chain Management (SCM).

Em contraste com os ERP's, as ferramentas analíticas SCM trabalham com dados por meio de algoritmos sofisticados e possibilitam gestores a tomar decisões mais eficientes, bem como entender o impacto de suas decisões estratégicas. (AROZO, 2003).

Aplicativos analíticos SCM como o SAP-APO® se baseiam em sofisticados algoritmos. Dentre estes podemos destacar algoritmos de programação linear, programação inteira mista, algoritmos genéticos e vários tipos de heurísticas. Esses algoritmos são, na maioria das vezes, propriedade do fornecedor do software. Grandes investimentos em P&D são necessários para se chegar até eles. Em função do nível de sofisticação, essa tecnologia é relativamente difícil de ser desenvolvida se a empresa não possui experiência na área (AROZO, 2003). Sua utilização possibilita não apenas tomada de decisões com maior qualidade, mas também permite que os ciclos de planejamento deixem de ser mensais ou semanais e passem a ser diários. Essa agilidade no planejamento permite que a empresa se adeque com maior rapidez às rápidas e constantes variações do mercado.

Sistemas analíticos de SCM e sistemas ERP, embora possam ser vistos como concorrentes, possuem uma forte interdependência, pois a acuracidade da informação de sistemas SCM dependem da acuracidade de dados dos sistemas ERP. Por outro lado, a excelência buscada pela eficiência operacional na rotina, coordenada por sistemas ERPs, só é atingida se orientada por sistemas analíticos de auxílio à tomada de decisão.

Os sistemas analíticos de SCM são compostos por módulos que focam o planejamento em três níveis, segundo horizontes de longo, médio e curto prazo. São eles: o Planejamento Estratégico, Tático e Operacional. Estes módulos são interligados por informações comuns, embora tratem as informações em níveis com diferentes níveis de agregação.

Os módulos de planejamento são divididos em strategic planning, demand planning, master planning, inventory management, distribution planning, scheduling, transportation

scheduling, procurement and fulfillment. Estes correspondem respectivamente aos módulos da Figura 1 de DP®, Otimizador SNP®, CTM SNP®, PP/DS®, TPVS® e GATP® do SAP-APO®.



Figura 1 Módulo SAP-APO® implantados na Usiminas

Módulos de strategic planning são de longo prazo e modelam a cadeia de suprimento em si buscando maximizar lucros ou minimizar custos através da determinação da localização de centros de distribuição na rede ou decisão de abertura ou fechamento de unidades fabris. A SAP era detentora do aplicativo estratégico de Network Design, um aplicativo baseado em programação linear inteira mista para projetar as redes da cadeia de suprimentos, mas foi abandonada por questões estratégicas (KALLRATH & MAINDL,2006). A Usiminas desenvolve essa atividade de planejamento estratégico com consultorias especializadas em simulação de cenários de Cadeia de Suprimentos.

Módulos de demand planning (APO-DP®) utilizam de dados históricos e informações existentes correlacionadas para elaborar, através de métodos baseados em séries históricas, a previsão de vendas. Tanto modelos quantitativos quanto qualitativos (modelos causais) são utilizados na composição da previsão de vendas de uma empresa.

O principal objetivo dos módulos master planning (APO-SNP®) é fazer a sincronia do fluxo de materiais ao longo de toda cadeia, seja de forma ótima (otimizador) ou de forma predeterminada (priorizador). Como consequência, é possível obter redução de estoques desnecessários ao longo da cadeia, determinar políticas de suprimento, planejamento e

transportes. Em um nível hierárquico mais baixo e no curto prazo, módulos scheduling (APO-CTM® integrado com Bronner®) geram, a partir de um plano mestre, um programa detalhado de produção com seqüências e ordens de produção fixadas. O planejamento de transportes de médio prazo é feito por módulos de distribution planning (APO-TPVS®) enquanto que no longo prazo essa informação é detalhada por módulos transportation scheduling. Módulos de procurement e order fulfillment (APO-GATP®) focam no relacionamento entre empresa e fornecedores, permitindo que o processo de compras seja feito de forma eficiente, ou seja, sem riscos de grandes variações.

A estratégia mais indicada de modelagem da cadeia de suprimentos de forma integrada no SAP® passa pela integração do sistema MRP do SAP R/3 como o otimizador do SAP-APO®. O MRP é um mecanismo baseado em regras para criar elementos de suprimento da demanda sem considerar restrições como disponibilidade de material e disponibilidade de capacidade. Esse é um processo isolado e faz parte do processo APO, no entanto, o usuário pode escolher quais partes da cadeia de suprimento deseja-se ser planejada com o APO e qual será planejada com o MRP. Isso é viabilizado pelo fato dos dados estarem intrinsecamente interligados no SAP. A idéia é que o plano seja modelado em recursos gargalos no APO e em recursos não gargalos, decompondo o plano pelo MRP, do SAP R/3. (KALLRATH & MAINDL, 2006). Para identificação de tais recursos, abordaremos índices fundamentais da Teoria das Restrições – TOC, fundamentada pela aplicação de princípios científicos e do raciocínio lógico para guiar organizações humanas.

A TOC é baseada em um conjunto de princípios básicos, alguns processos simples (Perguntas Estratégicas, Passos para Focalizar, Efeito-Causa-Efeito), ferramentas lógicas (o Processo de Raciocínio) e é aplicável a áreas específicas como finanças, logística, gerência de projetos, administração de pessoas, estratégia, vendas e marketing. De acordo com a TOC, toda organização tem - em um dado momento no tempo - pelo menos uma restrição que limita a performance do sistema em relação a seus objetivos. Essas restrições podem ser classificadas como restrições internas e restrições externas, ou de mercado. Para gerir a performance do sistema, a restrição deve ser identificada e administrada corretamente (de acordo com os 5 passos de focalização, mostrados abaixo). Ao longo do tempo a restrição pode mudar e a análise recomeça.

A TOC sustenta que é essencial focalizar os esforços de melhoria no elo mais fraco da corrente, pois é ele que determina o desempenho global do sistema em estudo. Qualquer iniciativa de tentar melhorar outros elos que não o mais fraco, não trará benefícios sistêmicos, e mesmo os potenciais benefícios locais poderão ameaçar a meta global.

Em virtude disso, os 5 passos de focalização fundamentam um processo de melhoria contínua:

1. IDENTIFICAR a restrição
2. DECIDIR como EXPLORAR a restrição
3. SUBORDINAR tudo à decisão acima
4. ELEVAR a restrição
5. SE a restrição for quebrada, VOLTAR ao início, mas não deixar que a INÉRCIA crie uma restrição

Um estudo feito por AROZO (2003) aponta que os principais problemas encontrados na implantação de sistemas analíticos de SCM são problemas culturais, necessidade de remodelagem dos processos e a baixa qualificação do pessoal contratado para implantação do software.

Os problemas culturais ocorrem em função das pessoas serem resistentes à mudança, sensação de perda do poder e necessidade de adequação à nova estratégia de planejamento (que exige treinamento e capacitação). Os problemas de remodelagem ocorrem pelo fato da adequação a novas metodologias de planejamento, não contempladas na forma de planejamento por planilhas eletrônicas.

Em geral, o processo de implantação apresenta alto grau de complexidade com gastos superiores aos investimentos previstos em função de prazo de implantação, embora o nível de satisfação em função de retorno sobre investimento seja significativo. Com a Usiminas o processo não foi diferente. A implantação do sistema analítico SAP-APO apresentou alto grau de complexidade. Detalhes da configuração do modelo de otimização podem ser vistos na Figura 2.

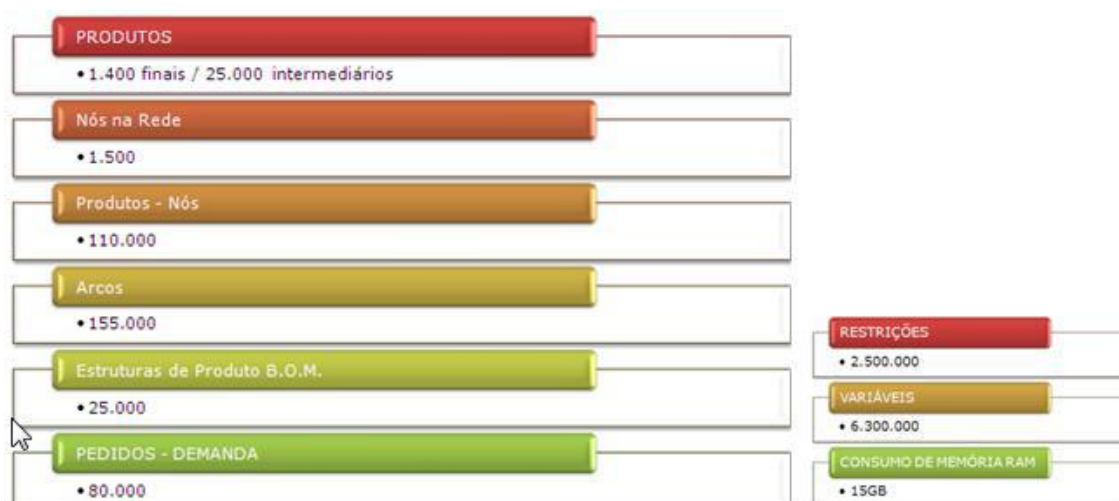


Figura 2 Configuração do modelo de otimização da Usiminas no APO

Estudos de implantação de sistemas analíticos de SCM determinam que dentre os principais aspectos do sucesso da implantação desses sistemas estão o gerenciamento adequado do fluxo de informação e a adequação do módulo a ser implantado à realidade da empresa em questão. (RODRIGUES & RESENDE, 2004).

O APO contém um modelo codificado na linguagem de programação ABAP e C/C++. A formulação matemática detalhada do modelo não é revelada pela SAP sob ponto de vista da propriedade intelectual. (KALLRATH & MAINDL, 2006).

No entanto, isso implica em desvantagens, pois torna a interpretação dos resultados do modelo muito difícil. Além do mais, alguns conceitos como custo reduzido ou preço sombra dependem do conhecimento da estrutura do modelo.

Hoje em dia a resolução dos modelos matemáticos pode ser diretamente resolvida pela internet, eliminando a necessidade de se ter um solver, como CPLEX ou XPRESS instalado localmente.

Pela natureza do APO-SAP como um software de negócios padrão, o modelo de otimização utilizado por este foi feito para atender o máximo de indústrias possível. As abordagens e modelos inseridos no APO-SAP não permite que o usuário conheça índices, parâmetros e variáveis do modelo, assim, este produz respostas para usuários não necessariamente familiares com matemática, no entanto, para interpretar essas respostas e restrições, o conhecimento em modelagem matemática pode ajudar fortemente. O aumento da complexidade no ambiente de planejamento torna crucial a presença de profissionais de pesquisa operacional que não são intimidados com a complexidade matemática dos modelos. (KALLRATH & MAINDL, 2006).

## 4. APLICANDO MODELO DE OTIMIZAÇÃO

### 4.1 A Estratégia

A Usiminas contou, em 2009, com o apoio da consultoria Accenture™ como suporte na implantação do SAP-APO em um projeto denominado Transformação. A metodologia adotada foi de trabalho compartilhado onde um profissional da consultoria é orientado por um profissional da Usiminas. Esse processo é favorável a ambas as partes. Por um lado, o consultor é orientado por um profissional da Usiminas nas atividades de desenvolvimento de aplicativos mais aderentes à realidade da empresa e por outro lado, o profissional da Usiminas é condicionado ao uso do aplicativo desde a etapa de projeto viabilizando o uso rotineiro do aplicativo até o fim do projeto com a saída dos consultores da empresa.

Quanto à estratégia de planejamento, a Usiminas adota o PVO (Planejamento de Vendas e Operações), baseado na conhecida metodologia de S&OP (Sales and Operations Planning) que busca fazer uma integração muito forte do planejamento interno da cadeia de suprimentos como as condições externas do mercado. Dessa forma, a necessidade de comunicação da equipe de vendas e marketing com o pessoal de logística e planejamento produção corporativo da se tornou fundamental para a implantação do sistema analítico SAP-APO.

O PVO (Figura 3) inicia-se com a equipe de marketing e vendas com informações de previsão de vendas. Essa informação é ajustada com a equipe de planejamento em um processo chamado previsão gerencial. Essa informação passa por análises quantitativas e qualitativas até a obtenção consensada da demanda final. A demanda é a informação mais importante para o plano, pois é em função desta que a Usiminas planeja suas ofertas de capacidades de produção. O modelo de otimização do APO-SNP faz o plano anual com o horizonte de 12 meses de planejamento. Essa informação é atualizada trimestralmente por um processo de revisão trimestral. Em nível de planejamento mensal, o módulo SNP-CTM faz a revisão mensal do plano e, uma vez definida as capacidades, é feita a abertura da carteira para alocação de demanda com maior grau de acuracidade. Em seguida o plano é valorado financeiramente e consensado com as diretorias. A possibilidade de análise de diversos cenários só é viabilizada a partir de um processo rápido e eficaz de planejamento integrado.

### Ciclo de PVO Simplificado



Figura 3 Ciclo de Planejamento de vendas e operações da Usiminas

A integração foi viabilizada através da reestruturação de nomenclaturas de produtos. A equipe de vendas que contava com apenas 26 produtos de venda passou a negociar mais de 100 famílias de produtos cujos detalhes devem ser levantados quanto à necessidade do mercado, enquanto que a equipe de planejamento da produção, que possui informação detalhada para produzir até 40.000 tipos de produtos, passou a ter que planejar um produto com informações agregadas visando maior integração com os produtos ofertados pela equipe de vendas.

O projeto foi conduzido contanto com pesquisas de mercado a outras empresas do setor cuja implantação e uso do SAP-APO havia sido feita com sucesso. O projeto contou também com um suporte técnico da SAP para dificuldades pontuais cuja resolução técnica depende do desenvolvedor do produto. Além disso, foram feitas visitas a seminários e análise de cases de sucesso e fracasso na implantação do APO em diversas empresas do Brasil. A troca de experiências através do contato da equipe de planejamento da Usiminas com profissionais de outras empresas como V&M, Samarco, Arcellor Mittal também foi de grande importância para o projeto.

## 4.2 Planejamento de Demanda

O processo de planejamento de demanda é inserido no APO através do módulo do DP®. Essa informação é integrada com os outros módulos do APO. Por isso, a gestão desses dados é determinante no sucesso da implantação do sistema analítico de planejamento da cadeia de suprimentos. Nessa etapa, redundâncias nas criações de dados devem ser evitadas ao máximo.

Os dados mestres são todos os cadastros relativos ao APO e seus módulos. Dessa forma, todos os módulos sofrem influência dos dados mestres. Informações como cadastro de clientes, classes FFF (informa qual planta pode-se produzir determinado produto), cadastro de produtos, rotas de produção, equipamentos e linhas de transporte são informações presentes em todos os módulos e devem ser geridos desde o momento de sua criação.



Como pode ser visto na Figura 4 a criação de uma CVC (combinação de características produto/cliente) inicia o processo de criação de dados mestres. Esses dados são oriundos do processo de carga de histórico ou previsão de vendas com possível alocação de novos produtos para novos clientes. Essa atividade é realizada pelo Analista de Planejamento de Vendas. O produto é alocado a uma unidade gerencial (UG), que corresponde a um nó (cliente) da rede de suprimentos. Em seguida é criada a informação de possibilidade de produção nas usinas (classe FFF) ou aquisição de terceiro baseados em regras técnicas e comerciais. A Analista de Distribuição faz a criação de linhas de transporte conectam as UGs de clientes, armazenagem e produção permitindo o fluxo de materiais ao longo da cadeia. A etapa de cadastro de informações de roteiro de produção de lista técnica de materiais PDS (Product Data Structure) e o cadastro de recursos são feitos pelo Analista de PCP.

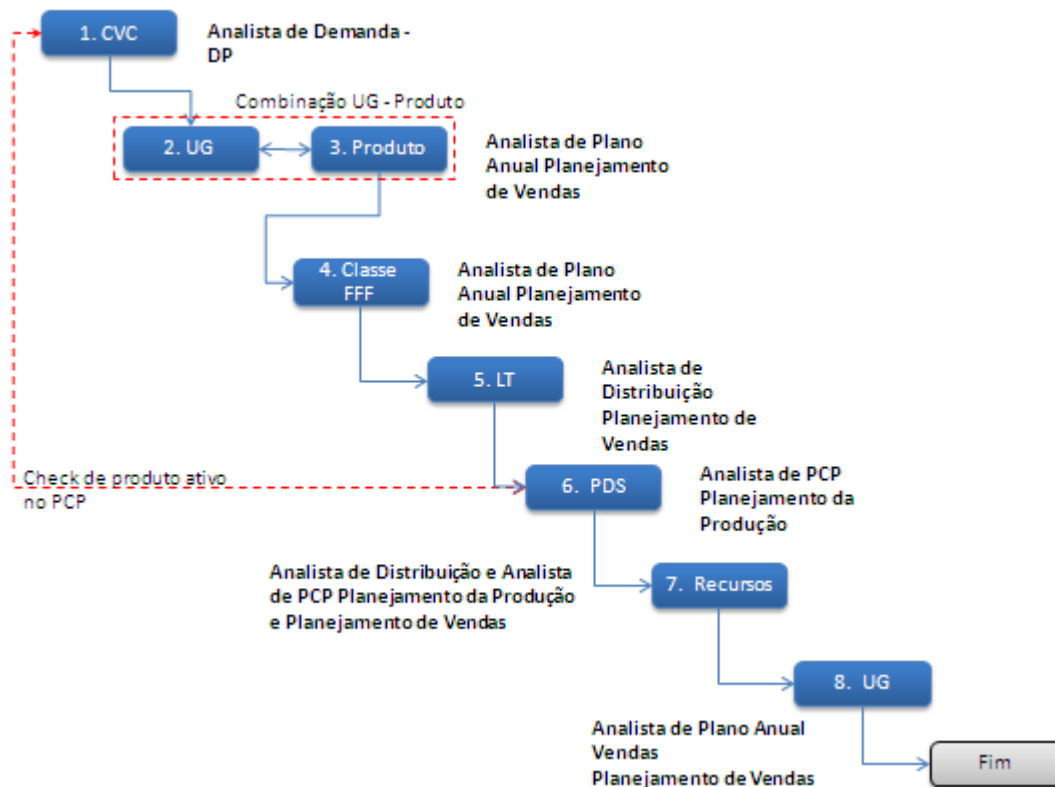


Figura 4 Criação e gestão de dados mestres

### 4.3 Planejamento da Produção e Transportes

O processo de planejamento anual da produção é executado no APO-SNP® para elaboração do plano de produção e distribuição multi-produto, médio prazo, multi-local. O modelo de otimização do módulo SNP® faz uso de técnicas de otimização exata de Programação Linear.

A estratégia de modelagem do plano anual dessa forma é adequada, pois o modelo SNP é indicado para planejamento de médio e longo prazo (anual e plurianual) objetivando determinar o uso estimado de capacidade necessária para atendimento da demanda. O modelo SNP de otimização da cadeia de suprimentos além de fazer uso ótimo de recursos de fornecimento, produção, distribuição e transporte, é responsável por manter os níveis necessários de estoque de segurança considerando incertezas de demanda. Consideram-se os prazos dos pedidos sem se preocupar com sequência de produção deste pedido.

No SAP APO o conceito de plano mestre (SNP) não consome mais que um dia de processamento computacional (KALLRATH & MAINDL, 2006). O modelo de otimização SNP do projeto chegou a consumir 95 horas de processamento de solver. Após análises realizadas pela equipe da Usiminas e atividades de simplificação do modelo, o modelo chegou a rodar em 2 horas. Essa duração de processamento é importante para a organização, pois permite a geração de cenários de planejamento de forma ágil.

O modelo é composto por 2 centros de produção (usinas de Ipatinga e Cubatão), 28 centros de manuseio de produtos (centros de distribuição e portos), 138 áreas de armazenamento de produtos, 2 tipos de fornecedores (interno e externo), 4 áreas geográficas de demanda internacional 106 recursos de produção e 40 recursos de armazenagem em Ipatinga, 67 recursos de produção e 38 recursos de armazenagem em Cubatão, 114 recursos de manuseio (usinas e CDs) e 1720 clientes na rede.

A atividade dos analistas de PCP, de planejamento de demanda e de planejamento de distribuição não se restringe à configuração do sistema (Figura 5) para permitir à rodada do modelo. O foco da atividade ocorre no momento pós otimização, onde são feitas análises de demanda não atendida.

Em uma cadeia de suprimentos a demanda pode não ser atendida tanto por ocupação máxima de capacidade de recursos, áreas de armazenamento em usinas, recursos de manuseio, transporte ou ocupação máxima da capacidade dos centros de distribuição como também por erros de dados mestres como cadastro de classes FFF, linhas de transporte ou PDS.



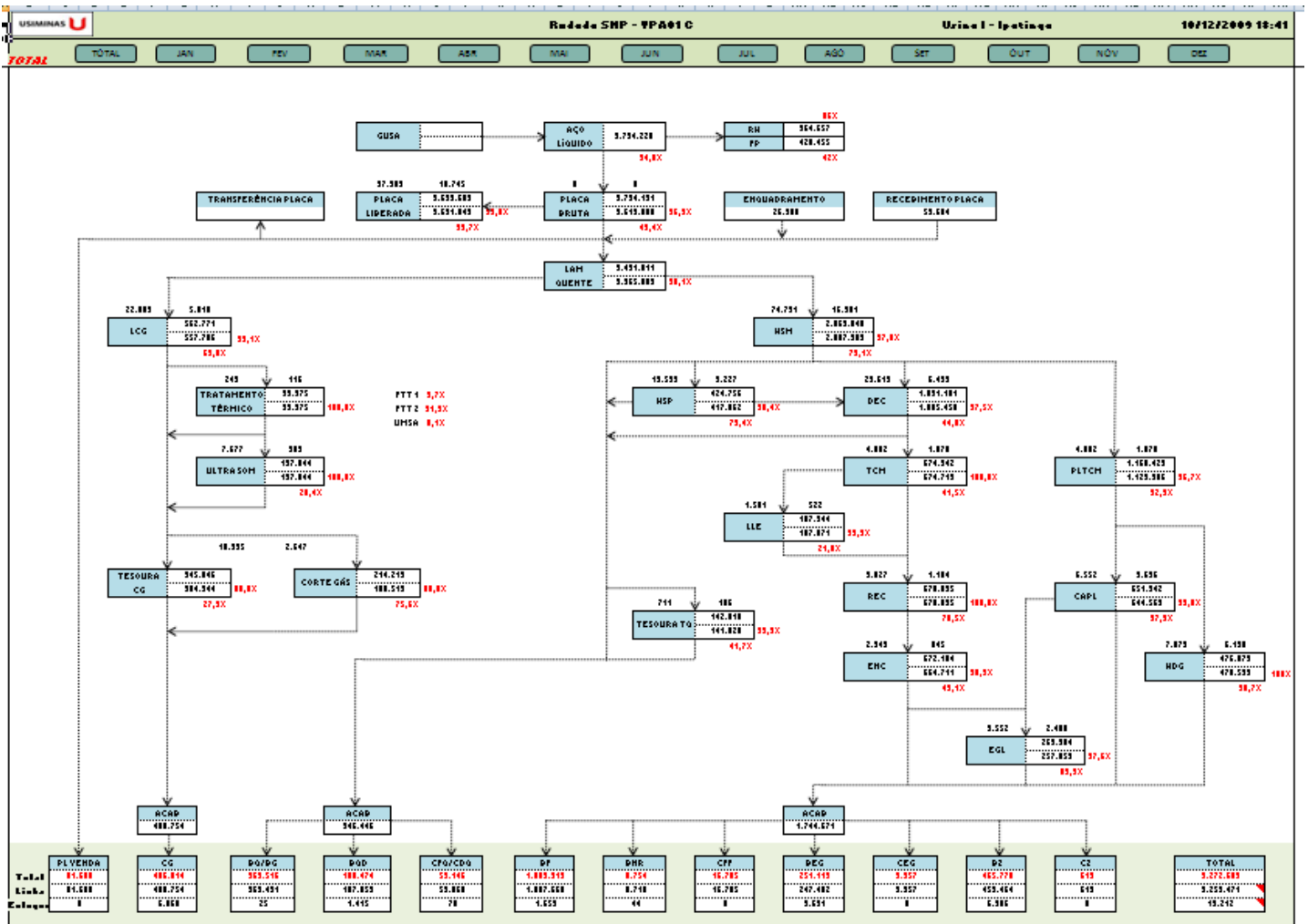


Figura 6 Fluxo de produção para análise do plano anual

## OCUPAÇÃO DOS RECURSOS

Mês		Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
AC	Convertedor	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	86,5%	87,3%	92,7%	94,2%	72,7%	51,3%	28,5%
	FP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	22,5%	22,6%	11,0%	14,4%	13,0%	13,3%	16,9%	17,1%	8,0%
	RH	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	95,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	52,3%
LQ	Plate Mill	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	85,0%	100,0%	86,3%	100,0%	100,0%	100,0%	91,9%	64,1%
	FTT 1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,6%	0,0%	2,1%	3,6%	6,7%	1,0%	0,7%	0,0%	0,0%
	FTT 2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	57,7%	38,9%	61,8%	84,5%	66,0%	81,6%	54,4%
	FTT UMSA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Ultra Som	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	42,8%	22,1%	18,9%	21,2%	21,4%	27,8%	41,8%	42,0%	32,6%
	Corte Gás	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	38,5%	100,0%	56,5%	20,9%	100,0%	15,5%	24,4%	81,1%	19,8%
	Tesoura CG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	43,9%	26,8%	12,2%	33,4%	33,8%	50,2%	49,9%	35,4%	32,0%
	HSM	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	99,4%	88,3%	79,4%	74,5%	82,3%	78,4%	68,6%	37,6%
HSP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	65,1%	86,3%	94,2%	100,0%	64,0%	69,4%	56,4%	43,3%	22,8%	
	Tesoura TQ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	36,9%	27,8%	30,7%	46,4%	30,0%	35,1%	31,6%	23,3%	13,4%
TF 1	Decapagem	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	43,1%	36,4%	46,3%	46,5%	42,4%	36,8%	38,5%	42,5%	21,5%
	TCM	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	45,9%	34,7%	43,3%	46,0%	36,0%	32,0%	37,4%	45,7%	23,6%
	Limpeza (LLE)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	39,4%	24,9%	26,2%	33,1%	21,6%	22,7%	24,8%	24,1%	13,8%
	Recozimento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	16,1%	21,4%	19,4%	22,7%	13,6%	18,3%	16,7%	22,5%	14,2%
	Encruamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	32,5%	28,4%	44,3%	48,2%	28,9%	29,7%	43,0%	49,0%	27,5%
	Galvanização (EGL)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Tesoura TF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,1%	6,6%	11,2%	17,8%	15,1%	29,9%	20,3%	15,7%	12,6%
	Rebobinamento																
TF 2	Laminação (PLTCM)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	96,8%	100,0%	97,1%	95,2%	90,8%	97,0%	84,8%
	Recozimento (CAPL)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	81,3%	100,0%	100,0%	94,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Galvanização (HDG)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Figura 7 Ocupação dos recursos no período de 2010/2011 para Unidade Ipatinga

## OCUPAÇÃO DOS RECURSOS

31/05/2010 09:57

	Mês	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
AC	Aço Líquido	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	96,2%	89,6%	88,2%	89,7%	100,0%	63,3%	28,4%
	EBA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	54,8%	59,4%	54,2%	56,5%	56,0%	51,9%	46,0%	37,0%	16,5%
	FP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,3%	15,3%	11,2%	10,5%	10,1%	8,8%	9,1%	8,7%	4,2%
	RH	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,3%	14,8%	10,1%	9,0%	9,1%	10,0%	11,2%	10,9%	5,1%
LQ	Chapas Grossas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	82,0%	81,8%	76,7%	83,3%	91,2%	83,9%	66,5%	60,0%	39,6%
	Tratamento Térmico	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	55,6%	49,1%	43,6%	39,8%	45,2%	38,7%	43,5%	48,6%	35,1%
	Ultra Som	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	16,4%	18,2%	23,2%	41,8%	64,1%	44,6%	22,6%	15,1%	10,8%
	Corte Gás	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	39,0%	37,0%	38,8%	34,8%	35,8%	42,2%	38,5%	34,3%	23,7%
	Tesoura CG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,8%	66,4%	76,8%	83,5%	89,4%	83,6%	65,9%	59,5%	39,9%
	LTQ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	96,1%	94,9%	90,5%	83,6%	45,6%
	Lam. Acabamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	75,5%	26,2%	59,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,9%	58,6%
Tesoura TQ	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
TF 1	Decapagem	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	87,3%	90,7%	90,6%	98,0%	88,0%	81,5%	40,9%
	LTF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	83,2%	82,0%	78,5%	78,8%	78,7%	80,4%	75,8%	71,3%	45,7%
	Recozimento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	81,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	54,9%
	Encruamento	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	51,2%	48,0%	69,3%	55,3%	55,0%	55,5%	53,9%	54,4%	39,6%
	Tesoura TF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	78,0%	88,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	87,9%	98,0%	63,1%
	Linha de Inspeção	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	80,6%	77,5%	100,0%	78,9%	83,2%	80,0%	80,6%	80,0%	57,4%
BLK	Blank BF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,3%	13,5%	20,5%	31,8%	21,3%	0,0%	18,7%	0,0%	13,1%
	Blank CG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Figura 8 Ocupação dos recursos no período de 2010/2011 para Unidade Cubatão

## 4.4 Resultados alcançados e esperados

Após a implantação do sistema analítico SAP-APO para planejamento da cadeia de suprimentos da Usiminas o processo de planejamento passa por um processo gradual de transição. O procedimento de planejamento passa por um processo constante de maturação e atualização e gestão dos dados mestres. Para garantir a aderência da informação os planos são gerados nos sistemas e comparados com os planos em Excel®. A evolução do uso do sistema depende tanto da velocidade de planejamento como da qualidade do plano.

A estratégia de implantação de módulos do SAP-APO em diferentes momentos gerou dificuldade de integração das informações e requer um trabalho constante de analistas na atividade de gestão de integração dos dados mestres dos diferentes módulos. Como apresentado no trabalho de AROZO (2003), problemas culturais são comuns em implantações de sistemas analíticos.

As atividades de desenvolvimento e melhorias do modelo ocorrem em paralelo com atividades de revisão do modelo para sua simplificação e criação de processo para gestão de dados mestres. Rodadas em versões de planejamento ocorrem no momento em que as equipes estudam formas de representar a inserção de novos recursos, produtos e clientes no modelo (resultado do processo de investimento e expansão das usinas). No entanto, esses recursos só podem ser inseridos após simplificação do modelo. Percebe-se, portanto, que o aumento da representatividade e expansão do modelo de cadeia de suprimentos só é viabilizado mediante simplificação da estrutura de dados e representatividade de informação do modelo (Figura 9);

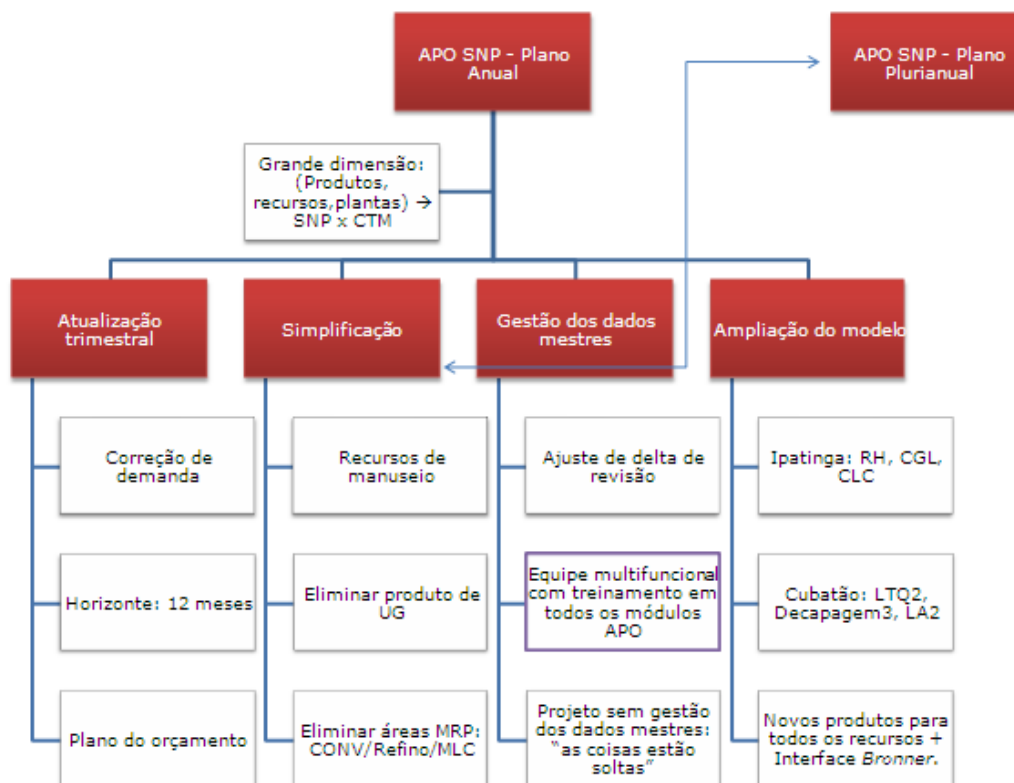


Figura 9 Atividades de desenvolvimento futuro no modelo APO-SNP

Embora na fase de transição haja um trabalho maior na preparação de rodadas com atualização e ajuste de dados mestres, o processo de planejamento da cadeia de suprimentos na Usiminas é feito com maior acuracidade e integridade na informação com maior rapidez na geração do plano estratégico anual e revisões mensais seguindo o fluxo apresentado na Figura 10.

O processo de implantação do sistema analítico SAP-APO gerou um aumento de conhecimento e maturidade na equipe de planejamento corporativo da Usiminas.



Figura 10 Fluxo de informação no planejamento de vendas e operações

Como próximos passos, a equipe planeja determinar a melhor configuração para agregação de clientes visando a redução da quantidade de 1720 clientes para um quantidade menor de regiões representativas de demanda de forma a simplificar o modelo matemático de forma mais expressiva (nós de grande impacto). Com essa configuração a Usiminas poderá elaborar o planejamento de longo prazo (5 a 20 anos) pelo APO agilidade e representatividade. Para isso será elaborado um modelo matemático de



otimização combinatória de *hub location* visando determinar os pontos geográficos mais representativos para alocar a demanda agregada da rede.

## 5. CONCLUSÃO

Devido às variações de rotas e de demanda com mix de produtos variado, mensalmente, os recursos gargalos Usiminas não são fixos, ou seja, dependem da configuração da produção em consequência do mix de produtos provenientes da demanda. Dessa forma, a modelação dos recursos que podem vir a se tornar gargalos em função do plano de produção auxiliará a tomada de decisões nos diferentes níveis hierárquicos. Os recursos ocupados 100% são frequentemente considerados gargalos potenciais.

Tanto os CD's quanto os modais de escoamento da produção (rodoviário, ferroviário ou marítimo) podem vir a se tornar gargalos, porém o investimento em escoamento no modal rodoviário é menor e pode ser sanado no curto prazo. Assim, a malha logística não deve ser considerada como gargalo para o planejamento da cadeia de suprimentos da Usiminas.

O modelo matemático de otimização da cadeia de suprimentos contempla uma gama extensa de informação e as considera como nós em uma rede e as possibilidades de conexões e transportes como arcos. (modelo network flow).

O modelo é composto por 2 centros de produção (usinas de Ipatinga e Cubatão), 28 centros de manuseio de produtos (centros de distribuição e portos), 138 áreas de armazenamento de produtos, 2 tipos de fornecedores (interno e externo), 4 áreas geográficas de demanda internacional 106 recursos de produção e 40 recursos de armazenagem em Ipatinga, 67 recursos de produção e 38 recursos de armazenagem em Cubatão, 114 recursos de manuseio (usinas e CDs) e 1720 clientes na rede.

O modelo matemático de planejamento anual elabora um plano para a cadeia de suprimentos pelo horizonte de planejamento de 12 buckets. O tempo de solver está diretamente relacionado aos parâmetros de recursos, plantas, CDS, clientes, etc e variam de acordo com a ocupação destes recursos, impactado diretamente pela variação de demanda de produtos da Usiminas por clientes internos e externos.

Embora surjam dificuldades em função de ajustes do modelo às necessidades da Usiminas, o processo de planejamento pelo SAP-APO evoluiu e gera conhecimento e maturidade na equipe de planejamento corporativo.

## REFERÊNCIAS

- AROZO, R. Softwares de Supply Chain Management, definições e principais funcionalidades, Revista Tecnológica, Out. 2003.
- CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G.N., Just in Time, MRPII e OPT. São Paulo:Atlas,1996.
- CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G.N., Planejamento, Programação e Controle da Produção. São Paulo:Atlas,2001.
- GUROVITZ, H.: "Engolindo a SAP". Exame, n.666, p.108-116, Julho 1998.
- KALLRATH, J.; MAINDL, T. I. Real Optimization with SAP® APO, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- LAURINDO, F.J.B. ; MESQUITA, M. Gestão Produção vol.7 no.3 São Carlos Dec. 2000
- MAILHO, M. Gestão de Estoques no Processo de Fabricação: Um Estudo de Caso da Indústria de Processamento de Madeira, Ago. 2008.
- NOREEN, E. W. A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial: um relatório independente. São Paulo: Educator, 1996.
- RODRIGUES, M.; RESENDE P. Logística Integrada e Tecnologia da informação no Supply Chain Management – Um caso na indústria cimenteira, XXVIII EnANPAD, Set./2004
- SCOR – Supply Chain Council – Executive Overview
- SILVA, L.G. & PESSÔA, M.S.P.: "Gestão da Informação: uma Visão dos Sistemas ERP". VI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Anais, Nov. 1999.
- VILLELA, Amabile. Sistemas de Administração da Produção – A Escolha do Sistema Ideal. Artigo UCG, 2008.