

# SUMÁRIO

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE TABELAS

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. A Escolha da Empresa .....	2
2. AMINO QUÍMICA LTDA.....	3
2.1. Produtos .....	4
2.1.1. Linha de Adesivos e Selantes .....	4
2.1.2. Linha de Aditivos .....	5
2.1.3. Linha de Sistemas .....	6
2.2. O Mercado de Poliuretano .....	7
2.3. Características da Empresa .....	8
2.3.1. Vendas .....	10
2.3.2. A Produção .....	12
2.3.3. A Programação da Produção .....	19
3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	21
3.1. Escopo.....	22
3.2. Justificativa .....	23
3.3. O Trabalho .....	24
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	26
4.1. Administração da Produção .....	26
4.2. MRP .....	26
4.3. Scheduling da Produção e controle da produção .....	29
4.4. JIT .....	32
5. SOLUÇÃO PROPOSTA .....	35
5.2. Dados disponíveis .....	36
5.3. Metodologia UML .....	38
5.3.1. Os processos .....	40
5.3.2. Requisitos da solução .....	44
5.3.3. Classes .....	46
5.3.4. Telas para o usuário. ....	50
5.4. Lógica .....	53
5.5. Testes .....	57
6. RESULTADOS .....	58
7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
BIBLIOGRAFIA .....	60

ANEXO I – Histórico de Vendas

ANEXO II - Comportamento da demanda dos produtos classe A da curva ABC.

## 1. INTRODUÇÃO

A Administração da produção é sempre um dos pontos relacionados como problemático dentro das empresas. Em empresas de menor porte num ambiente de demanda instável, este ponto fica ainda mais evidente, por ser a programação da produção e o controle de estoques fatores que podem determinar o sucesso ou fracasso financeiro de uma empresa pequena, que na sua maioria tem recursos financeiros mais escassos para bancar variações nas demandas, que refletem em:

- Estoque elevado de um produto, causado, entre outros fatores, por erros em previsões ou lote mínimo de produção bem maior que a demanda do período, que aumentam custos de estoque;
- Escassez de insumos ou produtos acabados, que podem refletir em atrasos de entregas ou perdas de pedidos, além de perdas na negociação de compras de materiais, que muitas vezes devem ser comprados com urgência;
- O uso de horas extras, para que a demanda real seja atendida;
- Entre outras perdas que podem vir a influenciar, muito, no resultado final dessas empresas.

Além disso, a produção é afetada por diversos fatores externos, como falta de matérias-primas, quebras de equipamentos, demanda fora do previsto, falta de um funcionário, entre muitos outros fatores que transformam tal administração num desafio diário e requer uma grande capacidade analítica, e muitas vezes criativa, dos responsáveis por ela para não prejudicar o desempenho da empresa como um todo.

Esse trabalho trata, então, de uma melhor alternativa para o caso de uma pequena empresa com demanda altamente variável, e recursos escassos. Casos como esses possuem desafios diferentes dos de grandes empresas, mas não menos complexos.

## **1.1. A Escolha da Empresa**

A escolha do tema e da empresa foi feita para que o trabalho de formatura não fosse desenvolvido numa empresa de consultoria. Essa foi uma escolha pessoal, e refletia, então, um desejo de desenvolver um trabalho em uma das áreas mais vitais para a engenharia de produção. Escolhido esse rumo, e através de contatos pessoais, foi encontrada a AMINO Química Ltda, que permitiu que tal trabalho fosse realizado.

A empresa então indicou a área de PCP (Programação e Controle da Produção) como problemática, e meu trabalho de identificação do ponto que a tornava tão problemática começou. Nas primeiras conversas e visitas com os funcionários da empresa e da área, o problema se indicava como de previsão de demanda, porém ao conhecer melhor a área de PCP e como era feita a demanda, descobri que o principal problema era a transposição do planejamento para a produção. O *scheduling*, ou sequenciação da produção carecia de um controle e estruturação claros. E o trabalho então passou a ser o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão com relação à própria programação da produção.

---

## 2. AMINO QUÍMICA LTDA



O presente trabalho foi desenvolvido nesta empresa química especializada em poliuretanos, que atende as necessidades de diversos mercados, principalmente os segmentos das áreas de construção civil, calçados, automotivo, refrigeração, móveis e colchões e náutica. Muitos dos produtos foram desenvolvidos na própria empresa. E, como será esclarecido mais adiante, muitas das soluções são customizadas de acordo com a necessidade do cliente.



Está instalada em São Paulo - Brasil, onde foi fundada em 1985, e conta com um Centro de Qualidade operando de acordo com as normas da ISO 9001:2000, que apoiado por um Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento dá suporte para assegurar o alto desempenho de seus produtos.

## 2.1. Produtos

Os principais produtos da AMINO estão divididos em três linhas diferentes. São elas: Adesivos & Selantes, Aditivos e Sistemas. Nos itens a seguir será apresentado de maneira mais ampla cada seguimento. Porém um resumo dos principais produtos pode ser encontrado no quadro abaixo. Essas linhas correspondem a mais de 100 itens diferentes.



Figura 2.1 – Quadro com os itens comercializados pela AMINO (Fonte: AMINO)

### 2.1.1. Linha de Adesivos e Selantes

Essa linha compreende os materiais, que são utilizados, como o próprio nome diz, onde é necessário juntar ou selar algum material, entre estes produtos encontram-se *selantes* a base de água, silicone, *poliuretano* ou *elastômeros*, além de espumas preenchedoras. Essa linha com 16 itens vendidos em cartuchos, bisnagas ou aerossol, que variam de peso e volume, de acordo com o material.

Podem ser aplicadas, desde PVC, até madeiras e granitos. As figuras a seguir exemplificam a embalagem e a utilização de alguns produtos.

## **2.1.2. Linha de Aditivos**

Essa linha consiste de produtos que são utilizados na fabricação de diversas soluções de plástico e borracha. As linhas variam de acordo com o uso e ingredientes, e podem ser desenvolvidos produtos específicos para o cliente.

### **Linha AMISO**

Isocianatos polifuncionais (polimérico ou Monomérico) modificados ou não e em diferentes índices de NCO para atender diversas formulações.

### **Linha AMIPRE**

Pré-polímeros de Isocianatos em diversas viscosidades e porcentagem de NCO para formulações que necessitam de altas propriedades físicas. Também utilizados como adesivos para diversas aplicações industriais.

### **Linha AMIPOL**

Polióis poliéteres e poliésteres com diversos iniciadores, pesos moleculares e diferentes números de OH. Desenvolvidos para atender as necessidades específicas de cada formulação.

### **Linha AMICAT**

Catalisadores amínicos com atividade devidamente balanceada em gelificação e expansão para se obter a melhor performance de reação.

### **Linha AMISIL**

Silicones surfactantes estabilizadores e reguladores celulares de alta e média atividade para fabricação de diversos tipos de espumas de poliuretano.

### **Linha AMICEL**

Agente celular de alta eficiência usado como auxiliar de processo para eliminar rachos, bolhas e variações de densidades pela altura do bloco.

**Linha AMIFLAME**

Retardante de chamas para aplicação em diversos tipos de espumas de poliuretanos.

**Linha AMICOLOR**

Pigmentos de alto desempenho dispersos em diferentes veículos de acordo com a necessidade da formulação. Disponíveis em meio pastoso e líquido para bombeamento automático.

**Linha AMIDES**

Desmoldantes base solvente e base água, alto, médio e baixo teor de sólido com variações de formulação para atender diferentes segmentos de PU.

**Linha AMICLEAN**

Agente de limpeza de moldes, com alto e médio poder de solvência, elaborados de acordo com as necessidades específicas do cliente. Neutralizadores de isocianatos para limpeza de áreas contaminadas.

**Linha AMICID**

Agentes bactericidas e fungicidas de largo espectro para proteção contra fungos e bactérias em espumas de PU.

**Linha AMILINKER**

Aditivos reativos de alta performance utilizados para melhorar substancialmente as propriedades físicas dos polímeros.

**2.1.3. Linha de Sistemas**

Nesta divisão, a AMINO, busca desenvolver um produto completo para empresa cliente, desenvolvendo formulações e protótipo, com seus principais produtos das outras linhas. Aqui a empresa acompanha também, além do desenvolvimento da solução, mas também sua implantação.

---

Geralmente consiste de uma combinação dos produtos da linha de aditivos, adesivos e selantes. Porém, novas formulações surgem e são incorporadas ao portifólio da empresa.

## 2.2. O Mercado de Poliuretano

O Poliuretano está em todas presente em muitas coisas do nosso dia-a-dia, da espuma do seu colchão, ao volante do seu carro, muitos outros itens incluem o poliuretano.

Esse material foi descoberto, em 1937, pelo Prof.dr. Otto Bayer (1902-1982), considerado o pai da indústria de poliuretano.

Sua aplicação começou a ser explorada antes da Segunda Guerra Mundial, Era então utilizado como substituto para a borracha, Na guerra, era utilizado para revestimentos de metais e madeiras para proteger a corrosão, também para a fabricação de máscaras de proteção ao gás mostarda.

Com o final da guerra, suas aplicações passaram para a indústria, que foi desenvolvendo cada vez mais produtos Ao final dos anos 50 surgiu espuma de poliuretano que é utilizada na fabricação de colchões e espumas até os dias de hoje.

Dentre as aplicações do Poliuretano de maior destaque temos:

**Espuma Flexível:** Pode ser conformada em diversas formas e rigidez. Além disso, é leve, durável e confortável. Suas aplicações vão para colchões, móveis, forros de carpetes, automóveis e embalagens. Nos Estados Unidos, este tipo de material corresponde à cerca de 40% do mercado de poliuretano. E a maior parte desse mercado vai para os acolchoados.



Figura 2.3 – Espuma flexível em embalagens



Figura 2.2 – Colchão de espuma Flexível

---

**Espuma Rígida:** é um ótimo isolante térmico, tanto que uma de suas primeiras aplicações foi o revestimento de barris de cerveja, em 1948. Seu uso em construção civil corresponde a 25% do mercado de poliuretano nos EUA.

**Poliuretano termoplástico:** Tem uma combinação interessante de propriedades, e também de aplicações. É resistente à abrasão, impacto e às intempéries. Pode ser colorido e fabricado de diversas maneiras, o que garante uma grande variedade de aplicações.



Figura 2.4 – Espuma rígida em madeiras

**Revestimentos, adesivos, selantes e elastômeros:** Os revestimentos são utilizados para deixar materiais com uma aparência melhor e também para protegê-los de grandes variações de temperatura e as condições climáticas que podem danificar tal material. Já os adesivos e selantes, oferecem como uma vantagem, criarem uma “colagem” inicial antes de curarem completamente, facilitando assim sua utilização. Já os elastômeros são matérias com características de borrachas, e dependendo do seu processo de fabricação, e moldagem, podem oferecer resistência a diversos elementos, como abrasão, riscos, temperatura, óleo, envelhecimento, fungos e umidade ou outras substâncias químicas.



Figura 2.5 – Sola feita com Poliuretano Termoplástico

### **2.3. Características da Empresa**

Este item traz informações características da empresa, que acabam por definir seu comportamento, estratégia e funcionamento. As informações descritas nesta seção foram levantadas através de conversas com as pessoas de cada departamento listado, bem como a parte administrativa da empresa. A vivência na área, isto é, o acompanhamento realizado pelo autor das etapas de cada área, também foi outro fator que ajudou na coleta de informações.

Um das características mais marcantes é o fato de a empresa ser pequena, chegando a ponto de uma pessoa representar o departamento todo, como é o caso da área de programação

da produção. Essa característica revela alguns pontos, que podem ser positivos ou negativos, dependendo da ocasião:

- As informações estão concentradas em algumas pessoas; Isso ocorre porque são poucas pessoas em cada departamento, o que leva a concentração de algumas informações.
- Poucos níveis hierárquicos, que facilitam a comunicação entre os departamentos e pessoas. Isso ocorre realmente na empresa. A AMINO possui um ambiente ao mesmo tempo informal e burocrático. Burocrático, porque possui formulários e registros para muitas das atividades. E informais, porque os vários níveis hierárquicos se comunicam com facilidade, de maneira informal.
- Decisões são tomadas de maneira mais rápida, pela fácil comunicação entre os departamentos;

A AMINO trabalha com uma equipe de vendedores, que buscam além de atrair novos clientes, manter e melhorar o relacionamento com a base existente. Existe um vendedor para cada linha, que trabalham junto a um gerente de vendas. Todos têm o suporte de um engenheiro químico e a equipe do laboratório de qualidade, para tratar com os clientes as melhores soluções de produtos, fator muito importante para venda empresarial como definem Semenik e Bamossy (1995), na descrição de compra empresarial. O fator de assistência ao comprador é um grande diferencial na compra. Por assistência esses autores definem como “[...] informações sobre características e uso dos produtos ou processos, como também assessoria relativa à maximização da eficiência de uso pelo cliente.”

O departamento de vendas passa para o PCP as previsões de vendas para o mês, e esse, junto com os pedidos já agendados para o mês seguintes, desenvolve um **plano mensal de produção**.

Esse plano tem por objetivo nivelar a produção do mês, para aproveitar a capacidade da fábrica e tentar atender a demanda prevista de maneira uniforme no período. Assim o cálculo realizado é a divisão da demanda prevista mensal por quatro ou cinco, que correspondem às produções semanais. Esse plano em seguida chega a um nível de detalhes diários, porém raramente é seguido a risca, e sofre alterações quase que diariamente.

A partir desse plano saem às previsões de compra de insumos e vendas do mês para o departamento financeiro. Que fazem então a previsão de gastos e faturamento para o mês.

Os próximos itens buscam desvendar as áreas de Vendas e Produção, importantes para o levantamento e descrição do problema a ser trabalhado.

### **2.3.1. Vendas**

Neste item, vamos identificar os principais produtos da empresa através da análise de seu histórico de vendas.

Com base no período de janeiro de 2004 a junho de 2005, foi realizado um levantamento com as vendas mês a mês dos produtos AMINO. A partir desses dados foi levantado um gráfico, conhecido como a curva ABC dos produtos (paretto), onde estão evidenciados os produtos que representaram as maiores vendas da AMINO em toneladas. Os valores do gráfico da Figura 2.2 representam o total de vendas desse período em toneladas (grade esquerda). Enquanto a outra escala vertical do gráfico representa a porcentagem acumulada dos produtos com relação às vendas totais da empresa.

Em seguida ao gráfico encontra-se uma tabela com os valores que se enquadram na categoria A da curva, que juntos correspondem a 75 % das vendas da AMINO. Esses produtos são então o de maior saída, e consequentemente os de maior importância para a empresa, e devem ser monitorados com maior cuidado.

Os Itens de categoria B na curva ABC, que correspondem à faixa de porcentagem acumulada que vai de 75% a 96%, também podem ser encontrados na tabela em Anexo (ANEXO I), e sendo o grupo C, o grupo restante do portfólio, que pode ser observado no histórico (ANEXO I), como sendo de vendas esporádicas ou de pequena quantidade.

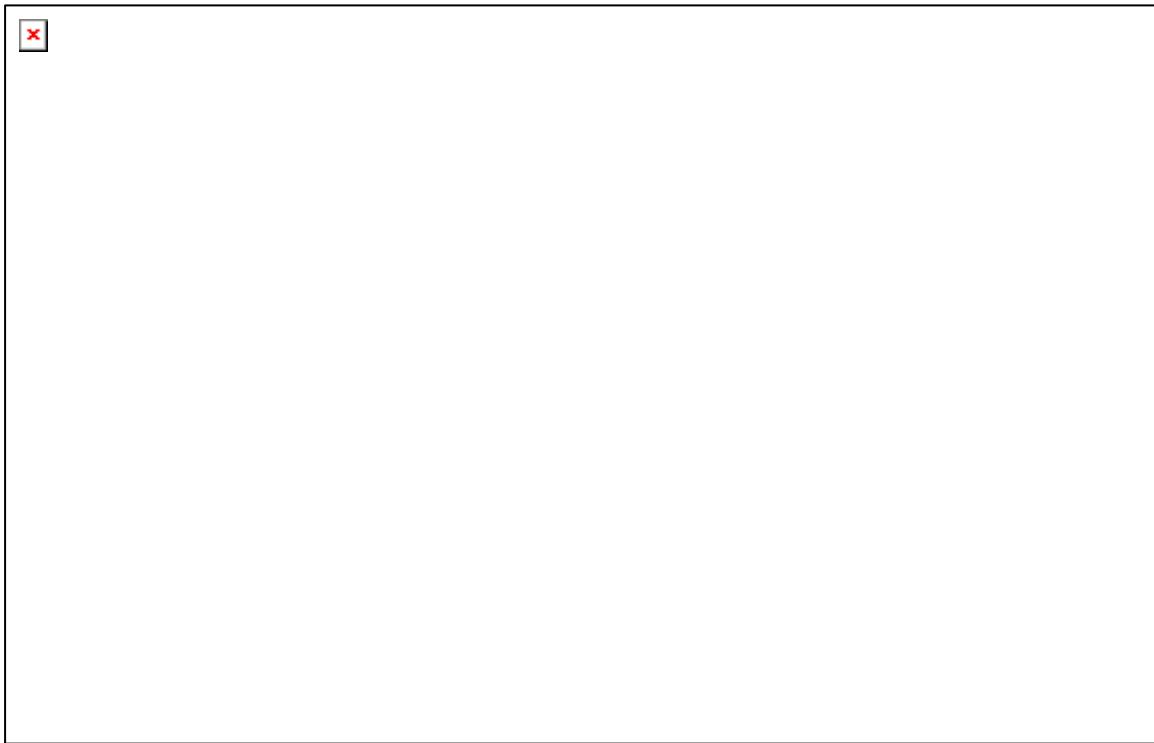


Figura 2.6 – Curva ABC dos produtos AMINO (Fonte: O Autor)

Tabela 2.1 – Grupo de produtos com classificação “A” na curva ABC (Fonte: O Autor)



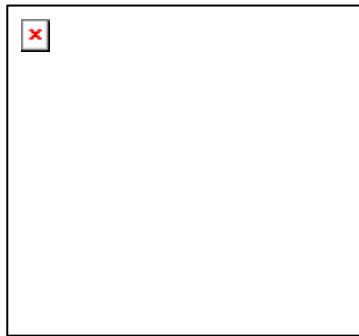
Outra característica levantada na AMINO é como as vendas são realizadas. Os representantes, através de suas negociações com os clientes freqüentes ou novos interessados, discutem os prazos de entrega, que varia de acordo com os casos de cada cliente.

A partir de uma análise do histórico de pedidos dos clientes realizada para o mês de janeiro de 2005, mês escolhido através de sorteio, constatou-se que os pedidos têm prazo de

entrega com menos de uma semana em cerca de 90 % dos casos, sendo 65% deste para entregas em até três dias.

A Tabela 2.2 indica um resumo do comportamento dos pedidos, divididos em faixas de freqüência de entrega, que são: entrega imediata, que corresponde à entrega no mesmo dia; entrega para o dia seguinte; entrega em dois dias, entrega em três dias; entrega de três a sete dias; de oito a quinze dias e os que passam de 15 dias de prazo.

Tabela 2.2 – Prazos dos pedidos (Fonte: O Autor)



### 2.3.2. A Produção

A AMINO está localizada em um Galpão Industrial no município de Diadema - SP. O Fluxo de Produção poderá ser mais bem entendido uma vez que se conheça melhor a planta. Então, a seguir se encontra um esquema com a planta da AMINO, elaborado pelo autor numa inspeção visual da planta, esta planta foi validada pelo funcionário do PCP, que é responsável pela área de produção também. Observe que a figura está fora de escala, e é apenas representativo.

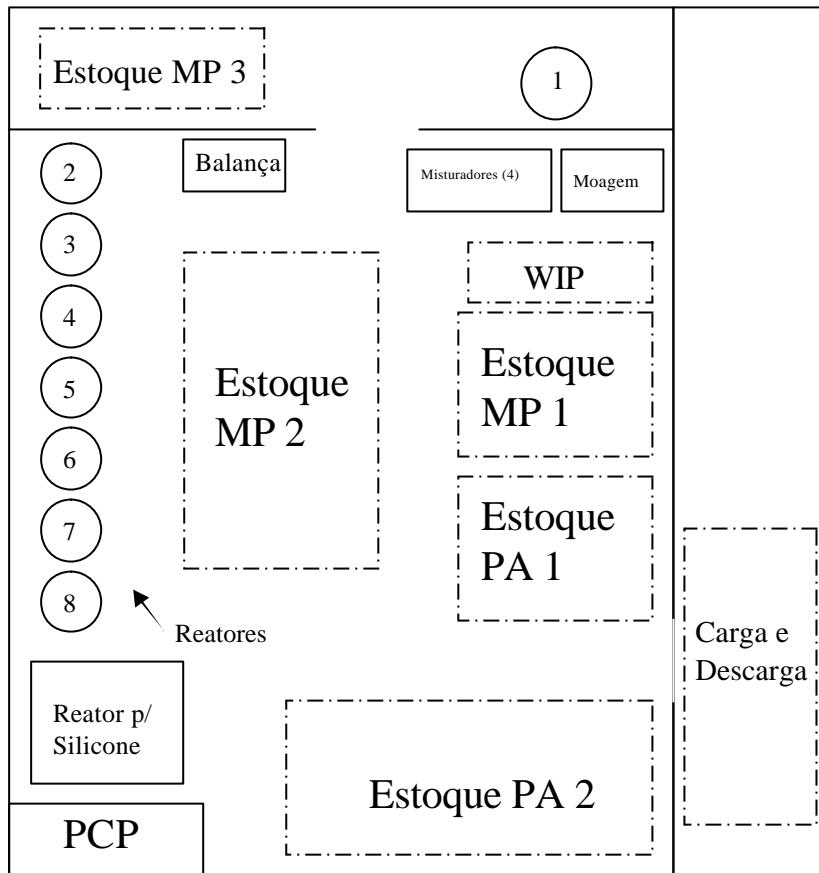


Figura 2.7 - Planta AMINO (Fonte: O Autor)

Na área descarga e descarga, chegam os caminhões, um de cada vez neste corredor, para realizar a carga de Produtos acabados para serem entregues, ou a descarga de matérias-primas ou produtos que venham a ser devolvidos.

A Matéria-prima é alocada na área correspondente ao “Estoque de MP 1”, e continuará ali, até a sua liberação pelo controle de qualidade, que segue a norma de qualidade ISO 9001: 2000. Só quando aprovada passará para o “Estoque de MP 2”, onde ficará armazenada até sua utilização.

As matérias-primas são geralmente acondicionadas em tambores de 200 kg, aproximadamente, assim como alguns produtos acabados. Aqui a diferença entre ambos é identificada, além dos espaços de alocação pela coloração do tambor.

Todas as Matérias-primas recebem uma identificação que é importante para a rastreabilidade desses materiais nos produtos AMINO, ajudando na identificação de alguma anomalia ou, até mesmo, defeitos que possam aparecer nos produtos finais.

---

Ainda na figura 2.3, os reatores estão evidenciados com uma numeração, está numeração será importante para identificação de quais famílias de produtos são fabricadas em cada reator. A seguir uma tabela com a característica de cada reator, através da numeração, bem como a família de produtos que dele se utiliza.

Tabela 2.3 – Equipamentos e seus usos.



Além dos reatores, existem também os misturadores, que misturam os materiais já no tambor que será utilizado para a entrega do produto, e também um moedor, que realiza a moagem de insumos da linha Amicolor.

A área WIP é para aqueles materiais que necessitam de um repouso antes de continuar sua fabricação, são eles os produtos da linha Amicolor.

Todos os produtos acabados ficam na área de “Estoque de PA 1”, indicado na figura 04, aguardando a liberação pelo controle de qualidade. A espera leva cerca de 30 minutos para a maioria dos produtos. Então, assim como os insumos, passam para área indicada como “dois” e de lá partem para a carga e descarga, de acordo com os pedidos.

Por último, existe uma área mais isolada da planta, que está desta maneira exatamente por utilizar produtos mais perigosos, que a empresa diz estar tentando eliminá-lo de suas formulações ou de seu portifólio.

Com essas informações é possível agora verificar como é o processo de fabricação para cada linha de produto, A seguir encontram-se os fluxos de processo de cada linha, sendo evidenciado algum outro ponto quando necessário. Esses processos foram levantados junto ao departamento de produção, através de entrevistas e com os operadores, assim como o

acompanhamento das ordens de produção. Os reatores e misturadores podem ter seus tempos de execução programados, o que delimita variações no processo produtivo, em termos de tempo.

Basicamente, os produtos são feitos através de uma mistura em um misturador ou reagem dentro do reator. E então são testados pelo teste de qualidade para então serem envasados em tambores, ou bambonas.

Alguns produtos, porém, são terceirizados e representam exceções aos processos produtivos.

Já no primeiro caso, como a linha AMISO (figura 2.8), já existe uma exceção, que são para os produtos AMISO AM-100, e AM-050, que são terceirizados, e tem somente seu rótulo e lacre trocados na fábrica num processo que leva 1 hora, pois inclui um teste de qualidade.

Esse tempo de teste de qualidade pode até ser excluído da contagem, ao levar em conta que esse produto passa pelo teste de qualidade ao ser recebido pela empresa, como indica a norma ISO9000. Mas não o será.

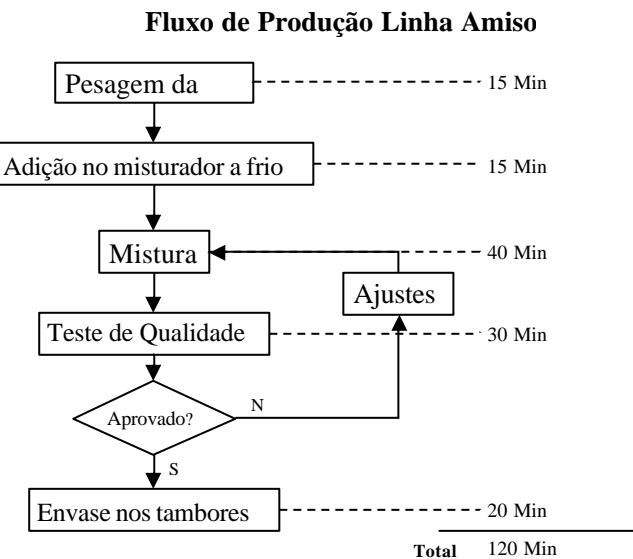


Figura 2.8 – Fluxo de Produção da Linha Amiso (Fonte: O Autor)

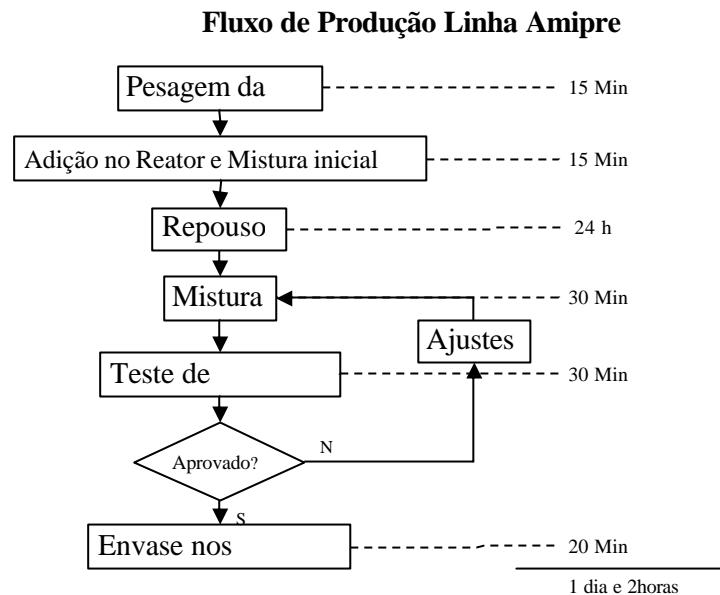


Figura 2.9 – Fluxo de Produção da Linha Amipre (Fonte: O Autor)

A linha AMIPOL (figura 2.10), tem reatores específicos para dois tipos de produtos, os com código PHR e PIS, como já evidenciado na tabela 2.3. Isso ocorre pela coloração dos produtos, que são negros, e podem interferir em outros produtos, uma vez que não ocorre a lavagem dos reatores. Assim, os produtos com esses códigos, tanto para os AMIPOL, como para os produtos AMIPRE, seguem essa diferenciação.

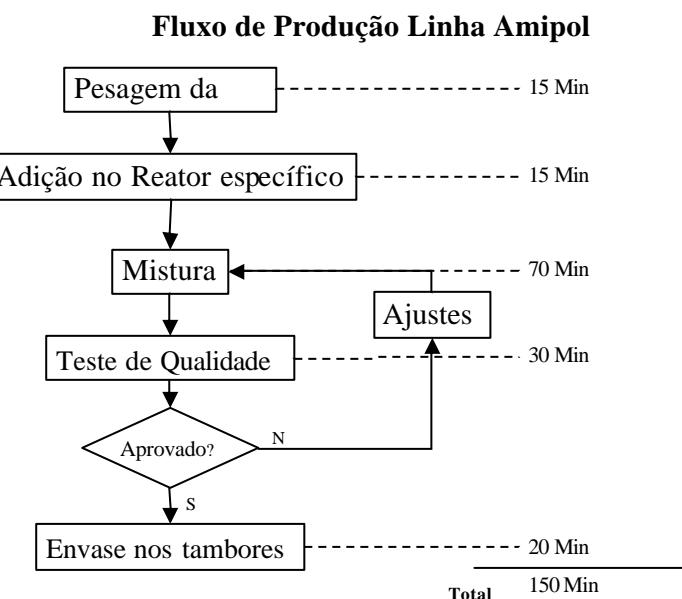


Figura 2.10 – Fluxo de Produção da Linha Amipol (Fonte: O Autor)

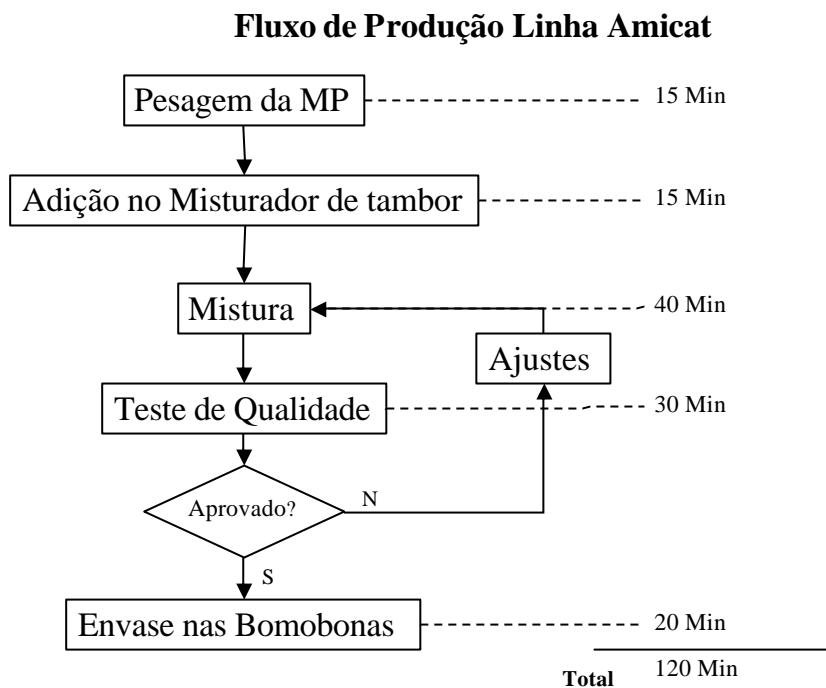


Figura 2.11 – Fluxo de Produção da Linha Amicat (Fonte: O Autor)

A linha Amicat é aquela produzida na área mais restrita da fábrica onde os operadores usam alguns equipamentos de segurança, principalmente para combater o odor forte que tem seus componentes. Os reagentes são misturados nos tambores e depois são colocados em Bombonas (galões de 20L).

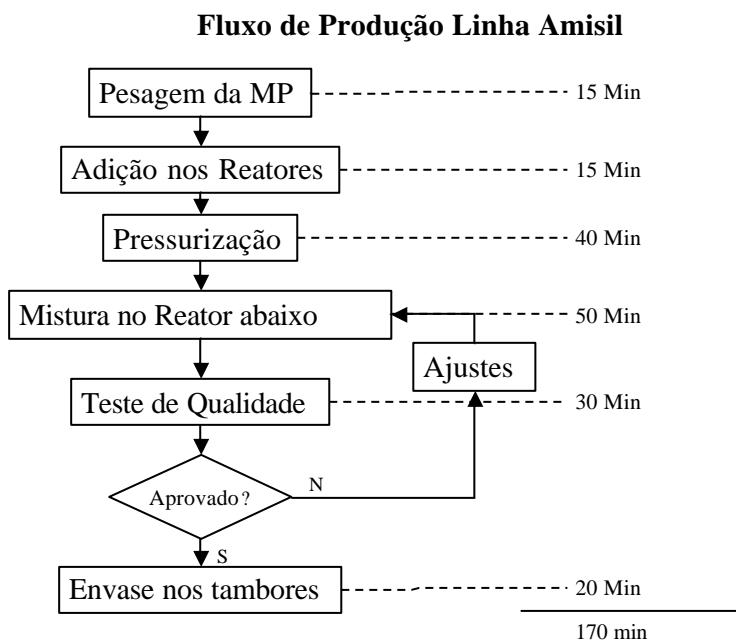


Figura 2.12 – Fluxo de Produção da Linha Amisil (Fonte: O Autor)

### Fluxo de Produção Linha Amicolor

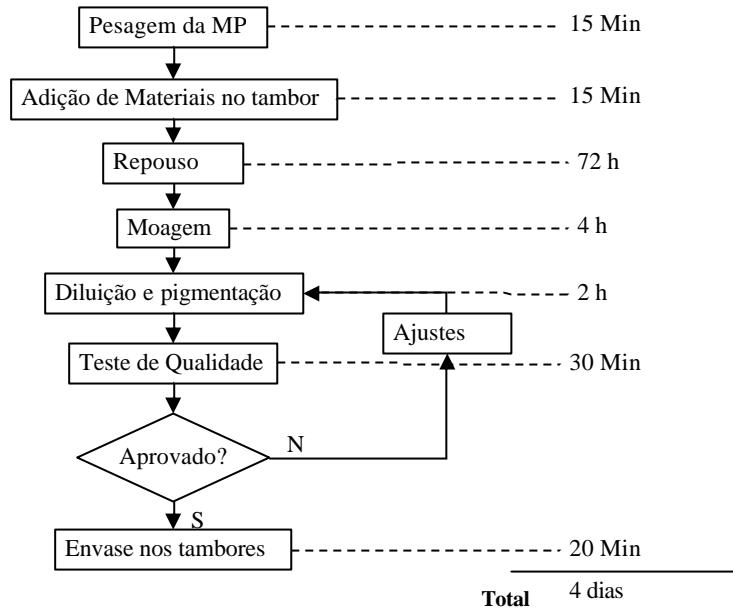


Figura 2.13 – Fluxo de Produção da Linha Amicolor (Fonte: O Autor)

O processo do Amicolor é o mais demorado, porque os materiais, parecidos com talco, têm que ficar reagindo lentamente no tambor, e esse repouso dura três dias. Ao final desse processo formam-se flocos nos tambores que vão para a moagem. Então, uma pasta é obtida deste e esta pasta é estocada, para então ser diluída e ter corantes adicionados quando necessário. Uma vez estocada essa pasta, o processo é reduzido para 3 horas. Esse é o tempo também para a produção de duas exceções a esse processo, que são os AMICOLOR PIB, que necessitam apenas de uma mistura nos misturadores, sem necessidade de repouso.

### Fluxo de Produção Linhas Amicel, Amiclean, Amides, Amilinker, Amiflex

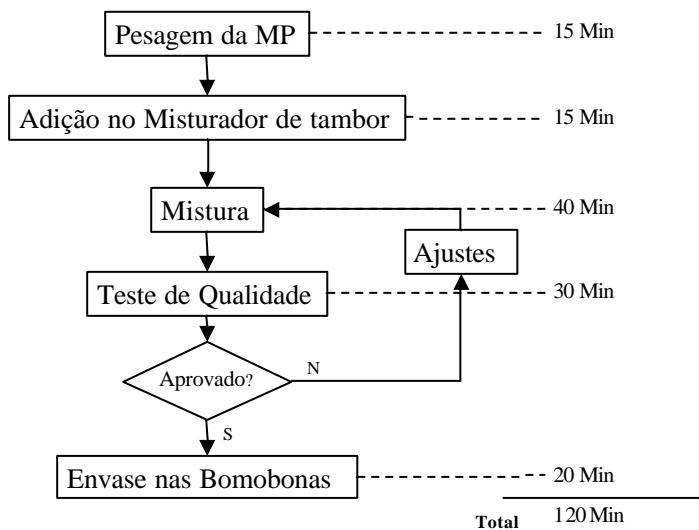


Figura 2.14 – Fluxo de Produção da Linha Amicel, Amiclean, Amides, Amilinker.e Amilinker (Fonte: O Autor)

### 2.3.3. A Programação da Produção

Antes de iniciada a programação da produção, através de um plano mensal de produção, é realizada uma previsão da demanda para o próximo mês.

Na realização desta previsão, cada representante de vendas determina, através do contato direto com o mercado uma previsão da demanda para cada produto de sua área ou grupo de produto.

Essa previsão passa então para o responsável pelo PCP, que, com base nesta, realiza uma nova previsão desta vez de produção. Assim, é gerada uma lista com o que deve ser produzido e uma estimativa de quando. E desta previsão que sai a planilha comparativa entre o previsto e o realizado. Neste ponto apontamos que esta lista é para vendas e não para a produção. Porém esta foi utilizada pelo fator de estoque que era baixo para todos os produtos, muito abaixo do previsto como estoque mínimo.

Como já mencionado anteriormente, a estimativa de quando se baseia numa divisão pelos números da semana e então a busca da nivelação da produção nesta semana, levando-se em conta os valores de Lote Mínimo para cada produto. A maioria tem **lote mínimo com valor de 200 kg**, que é através da utilização de um tambor. Valores acima deste podem ser produzidos ou na quebra da produção em diversos tambores ou utilizando os reatores que também misturam a frio. As necessidades de matéria-prima são calculadas pelo próprio sistema quando é criada uma ordem de produção, nesta empresa chamada de “fórmula”. Sendo uma característica para o bom funcionamento da administração de materiais. Assim, o responsável pelo PCP, analisa os pedidos e demandas e atribui de maneira manual as “fórmulas” aos seus 7 funcionários de produção que trabalham em um único turno de 8 horas diárias, mais horário de almoço, 5 dias na semana. Ele segue seus próprios critérios para tal liberação de “fórmulas”. Que vem de sua experiência e memorização dos tempos de produção.

Existe também um controle de entregas de pedidos e entram na frente aqueles cuja produção é mais urgente, isto é, que deve ser atendido imediatamente. Existe um quadro identificando os pedidos, através de cores, sendo a verde importante para a semana, ou aquele dia, e a cor vermelha indica os pedidos com entrega muito próxima, muitas vezes sendo

pedidos com entrega para o mesmo dia. Num sistema de sinalização como usados em muitas empresas, fruto de sistemas japoneses de produção e controle como JIT.

A figura abaixo (Figura 2.15) resume todo o processo de programação da produção. Algumas partes se referem ao MPS, como o plano mensal de produção, que raramente é seguido à risca, mas vale para o departamento financeiro prever os gastos para o mês. As partes de programação de produção da produção são, porém, as que apresentam certos problemas, como estão apresentados na descrição do problema.

Na mesma figura, evidenciamos que as informações oriundas dos departamentos comerciais e vendas, são feitas através do sistema corporativo, bem como o registro do plano mensal e controle de estoque e liberações de ordens de Produção, ou fórmulas, como são chamadas na AMINO.

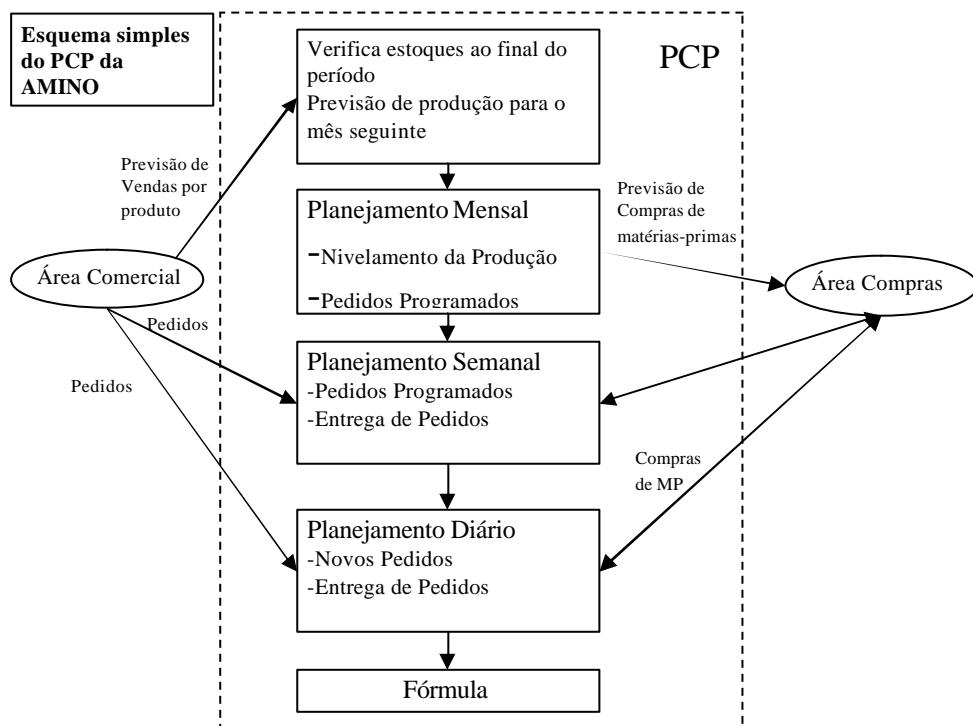


Figura 2.15 – Esquema de Funcionamento do PCP.

### 3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente a AMINO tem grandes problemas em programar e planejar a sua produção. O ponto de dúvida é a transposição do plano mensal para a programação da produção em si. É evidente que o plano mensal deverá ser revisado e o planejamento é diário, porém, os erros constantes fazem com que muitas vezes seja necessário recorrer a horas-extras, que diminuem o lucro da empresa, por encarecerem o processo produtivo.

Um dos principais problemas é a falta de uma sistematização do que é feito dentro do PCP. Como o processo está concentrado em uma única pessoa, todas as informações referentes à Programação e Controle da Produção estão nas mãos de uma única pessoa. Isso pode atrapalhar a empresa caso essa pessoa venha a sair da mesma. E também ocorre uma sobrecarga do mesmo, que, além disso, faz a interface com a área de compras, a expedição, faturamento e compras.

E é exatamente por esse fato que a produção não é sistematizada. Primeiramente é necessário evidenciar que existe um sistema corporativo que reúne informações de pedidos, ordens de produção, faturamento, etc. Existe nesse sistema todo o *bill-of-material* dos produtos fabricados na AMINO, fator importante para gerar um MRP. Existe também uma comparação das vendas prevista e realizada, que deve ser utilizada para controle da produção e a partir dela tomar as ações necessárias. Existe também o controle de estoques que avisa o departamento de compras caso esteja abaixo dos níveis aceitáveis.

Mas o que não existe é um critério eficiente de sequenciamento e uma estratégia específica de produção para os produtos. Muito do que é feito utiliza-se do chamado *feeling*, que nada mais é do que uma opinião dos tomadores de decisão, isso quando existem as informações disponíveis para que sejam tomadas decisões com maior eficácia.

Há um controle do que os funcionários estão fazendo, mas não dos equipamentos. Esse controle é feito pelo representante da área de PCP. Além disso, ficou evidente que cerca de 65% (ver tabela 2.2) dos pedidos são feitos parar entregas em 3 dias. Isso dificulta muito para o PCP programar sua produção, a cada dia, a cada hora, novos pedidos entram, e o problema que deve ser respondido é qual o próximo produto a entrar em produção. Fica muito

difícil realizar estas decisões sem a ajude de critérios e cálculos, além de ser necessário realizar essa tarefa mais de uma vez ao dia, dependendo do volume de negociação da fábrica.

O PCP se vê em situações de estresse para adequar a produção às entregas de pedidos. Além de lidar com problemas do dia-a-dia de fábrica, como quebra de máquinas, falta de funcionários, pedidos urgentes, atraso em entrega de matérias-prima, etc.

É necessária uma ferramenta que facilita a análise e forneça algumas opções para esse programador da produção de maneira rápida e simples.

A empresa pode estar perdendo um potencial de vendas de produtos pelos problemas apresentados. Ao chegar à empresa para iniciar este trabalho a parte administrativa informou que a área de PCP era a problemática para empresa. E ao realizar o levantamento da área, (Capítulo 2), foi possível que há uma organização, mas como a programação é feita manualmente, sem critérios claros, além da data de entrega. Sua eficiência fica questionada.

### **3.1. Escopo**

Este trabalho se propõe então, a partir da análise feita anteriormente na empresa, desenvolver uma ferramenta que possibilite que a programação da produção se torne mais eficiente, rápida e confiável.

Não está no escopo deste trabalho desenvolver um novo sistema de informação para que as informações sejam utilizadas, mas sim uma maneira de como deve ser feita a programação da produção, com seus critérios e justificativas. Uma vez que o sistema já está disponível, embora subutilizado.

O Objetivo, então, é o desenvolvimento de uma ferramenta que viabilize o *scheduling* dos itens a serem produzidos, num horizonte indeterminado de tempo, que permita mudanças em tempo real.

Não está no escopo a construção de um sistema de MRP, pois o mesmo já existe, nem implantar a previsão de vendas, já que ela é feita de maneira quantitativa, e apesar de apresentar muitos erros, está evidente no ANEXO II que a demanda também segue com um

caráter de imprevisibilidade pelo próprio tamanho da empresa. Com diversos clientes e pedidos na ordem de 500 kg em média. Esse dado foi levantado junto com a freqüência dos pedidos (tabela 2.2).

### **3.2. Justificativa**

O PCP é muito importante porque impacta diretamente no que é esperado pelo cliente, e sua performance pode influenciar a compra, ou a reincidência de compra.

De acordo com Smenik R & Bamossy, G (1995), os critérios de avaliação usados no processo decisório empresarial são:

- **Eficiência do produto fornecido:** são as características de desempenho do produto, dependendo do que o comprador busca. Alguns exemplos de qualidades nesse aspecto incluem facilidade de uso, durabilidade, tipo de mão-de-obra necessária para sua utilização, etc.
- **Certeza do fornecimento:** é a capacidade do fornecedor ter uma capacidade e confiança na entrega, vislumbrando um prazo maior do que a entrega imediata. Assim se o comprador perceber que a capacidade de produção do fornecedor não será capaz de atender sua demanda ele irá se afastar deste fornecedor
- **Confiabilidade no cumprimento da Programação** – Este item é o mais relevante para o caso em questão, pois as informações deste item se referem aos prazos de entrega dos produtos. Este item é analisado para evitar impactos na produção do comprador pela não entrega dos produtos nas condições negociadas, como data, quantidade, etc.
- **Assistência técnica** – São as informações sobre a utilização do produto, e a assessoria para melhores utilizações do mesmo, bem como cuidar de casos especiais, dúvidas, etc.
- **Características dos produtos e motivos da preferência pelo vendedor** – As características do produto são únicas para cada caso e momento de compra, porém se baseiam sempre em aspectos como economia, qualidade, garantia etc. Os vendedores são analisados quando não os produtos concorrentes de um determinado fornecedor não se diferenciam, aí é

analizada a imagem da empresa, que leva em consideração informações de terceiros, ou passadas com o fornecedor em questão.

Além disso, definem o comportamento de compra empresarial em dois *estilos decisórios*:

- **O Estilo Decisório Racional:** neste estilo o comprador busca maximizar o valor monetário esperado da compra. Isto é, faz uma análise minuciosa dos fatores acima mencionados, incluindo o preço, a fim de obter a melhor opção em valor.
- **O Estilo Decisório Conservador:** Este comprador não prioriza tão intensamente os fatores monetários e econômicos da compra, mas sim a redução dos riscos. A imagem da empresa pesa muito nesse estilo. E, segundo esses autores, esse estilo é adotado por cerca de 70 % dos tomadores de decisão.

Portanto, deslizes realizados na programação da produção, bem como todo o PCP, podem ter um impacto muito grande no futuro da empresa, uma vez que afetam a imagem da empresa frente aos clientes, como vistos nos dois estilos decisórios acima e nos fatores de confiabilidade e certeza do fornecimento.

Além disso, a área de planejamento e controle da produção está em contato com todas as áreas vitais da empresa: A própria produção, o setor de compras, o setor de vendas, o setor financeiro, de manutenção, qualidade, expedição, administrativa, etc.

Esse sistema de decisão para o *scheduling* proposto, junto com o sistema existente, trará uma nova gama de informações para a AMINO, que poderá tomar decisões cruciais, como a necessidade de novos equipamentos, novos funcionários, quais pedidos podem atender, quais não, se os prazos podem ser negociados, entre outros.

### **3.3. O Trabalho**

Este trabalho está então planejado para as seguintes etapas de desenvolvimento da ferramenta proposta:

**Levantamento de dados:** Levantados os dados de como a empresa funciona e dados sobre os tempos de operação, set-up, tempos de processo. Estes dados foram evidenciados no capítulo dois, porém mais detalhes estão descritos nos capítulos seguintes.

**Levantamento Bibliográfico:** A procura de explicações para os dados do capítulo 2, bem como uma bibliografia que leva a programação da produção. (Capítulo quatro)

**Definição da metodologia:** As metodologias serão duas: a primeira uma metodologia para a programação da produção (*scheduling*) e a segunda é a metodologia para a construção da ferramenta. (Capítulo cinco)

**Definição do escopo:** Definição do quê será esperada da planilha, esta definição será realizada junto ao único usuário (Capítulo cinco).

**Desenvolvimento:** nesta etapa a planilha será desenvolvida, a partir das etapas anteriores. (capítulo cinco)

**Análise dos resultados:** será feita uma avaliação do produto entregue. (capítulo seis)

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo se encontram os principais conceitos que serão utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. São os principais pontos da Administração de Matérias, em especial o Planejamento e Controle da Produção (PCP).

### ***4.1. Administração da Produção***

Slack et al. (2002) qualificam a administração da produção como importante, interessante e desafiadora. Importante porque está preocupada com a criação de produtos e serviços que todos nós dependemos. E a criação de produtos e serviços é a principal razão da existência de qualquer organização, seja empresa de manufatura, serviço ou terceiro setor.

É interessante porque está no centro de muitas mudanças que afetam o mundo dos negócios, como: mudanças na preferência do consumidor, nas redes de suprimento trazidas por tecnologias baseadas em Internet, no que fazemos no trabalho e como fazemos, onde fazemos, etc. Devido a essas mudanças, também se torna desafiadora, uma vez que os gerentes de produção precisam encontrar soluções para os desafios tecnológicos e ambientais, para as pressões por responsabilidade social, para a crescente globalização dos mercados e para a dificuldade de definição de áreas da gestão do conhecimento.

### ***4.2. MRP***

A lucratividade de uma empresa depende invariavelmente de como estão organizados seus processos, equipamentos, materiais, mão-de-obra além de ser capaz de fabricar os produtos certos no tempo certo com a melhor qualidade e sempre da maneira mais econômica possível. Para isso, torna-se essencial um bom planejamento e controle de produção (PCP).

Um sistema de PCP deve responder a quatro questões:

- O que produzir?
- O que é necessário para produzir?
- O que a empresa possui?
- O que a empresa precisa para produzir?

Temos, portanto questões de prioridade e capacidade (ARNOLD, 1999). Prioridade está ligada ao mercado, definindo quais produtos, quantos e quando eles são necessários e capacidade depende dos recursos da empresa (neste item incluem-se as máquinas, recursos humanos e financeiros, disponibilidade de materiais nos fornecedores, etc).

Em um sistema de planejamento e controle da produção, existem diversos níveis que se diferem com relação ao horizonte de planejamento e nível de detalhamento, como mostra a figura 4.01.

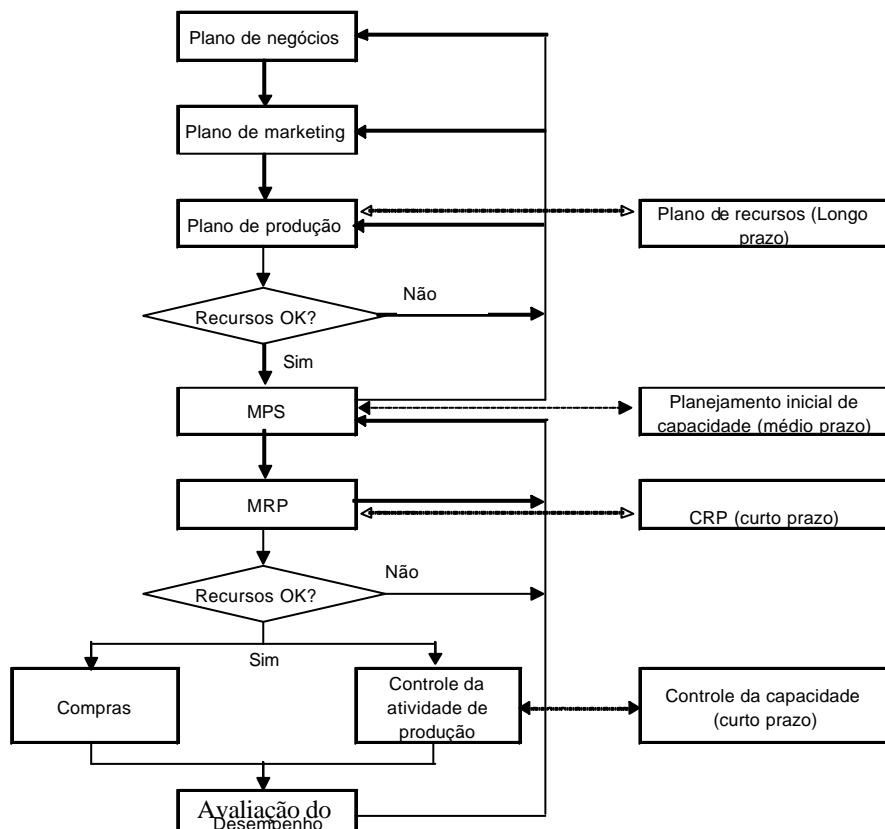


Figura 4.01 - Níveis de Planejamento (Arnold, 1999).

Dado um plano de negócio, é determinado um plano de marketing, que com base nos recursos disponíveis é elaborado um plano de produção. Esse plano de produção integra as competências e as capacidades da fábrica com os planos de marketing e financeiros para atingir os objetivos gerais de negócio da empresa. A seguir são apresentadas as três estratégias básicas que podem ser utilizadas no desenvolvimento de um plano de produção:

- Acompanhamento - Produção acompanha a demanda;
- Nivelamento de produção - Produz-se continuamente para igualar a média da demanda;
- Subcontratação - Produzir o mínimo da demanda e atender demanda adicional via subcontratação.

O plano de produção pode seguir as seguintes estratégias de fabricação:

- *Make-to-stock* (MTS) ou produzir para estoque, neste caso os produtos são produzidos e estocados, e venda se dá sobre esses estoques. Possui o menor *lead time* de entrega, porém um melhor controle de estoque e previsão de demanda.
- *Make-to-order* (MTO) ou produzir contra pedido. Neste a fabricação só se inicia após a entrada do pedido, então o estoque a ser mais bem controlado neste caso é o de matéria-prima.
- *Assemble-to-order* (ATO) - São os Itens que podem ser fabricados por meio de combinações de componentes básicos ou de subconjuntos. Neste caso os estoques são os produtos intermediários, que podem ou não ser produtos finais também. Esse tipo de produção sugere certa diferenciação dos produtos para clientes determinados.
- *Engineering-to-order* (ETO) ou produção sob encomenda. Requerem um maior *lead time* de entrega, uma vez que é desenvolvido algo único para o cliente. O controle é feito sobre o projeto, e os insumos podem nem estar totalmente previstos no início do projeto.

Uma vez estabelecido o plano de produção, é realizado um planejamento de necessidade de recursos, determinando se há necessidade ou não de compra de novos recursos para a produção.

Em seguida, elabora-se o programa mestre de produção (MPS), que liga a área de vendas e a de produção, determinando os itens finais a produzir por data e quantidade. O MPS orienta a próxima etapa, que é a determinação das necessidades de materiais (MRP). O MRP gera como saída o quê encomendar, quanto encomendar, quando encomendar e para quando agendar a entrega, isso a partir de dados do MPS, a lista de materiais (*Bill of material*), árvore de produto, entre outros.

Na etapa de planejamento da capacidade, temos basicamente três pontos a considerar:

1. Determinação da capacidade disponível em cada centro de trabalho para cada período;
2. Determinação da carga (horas de trabalho exigidas) em cada centro de trabalho para cada período;
3. Calculam a diferença entre a capacidade disponível e a exigida, buscando dentro de um calendário comercial pré-determinado ajustar a capacidade disponível à carga.

### **4.3. Scheduling da Produção e controle da produção**

A maioria dos gerentes de produção busca entregas no prazo (fornecedores), mínimo material em processo (WIP), menor *lead time* de entrega (produtos) e maximização da utilização dos recursos. Porém esses pontos são conflitantes.

A última etapa, a de controle das atividades de produção é responsável pelos controles de insumos e resultados e pelo sequenciamento das operações. A atividade de controle de resultados busca minimizar o impacto das três incertezas de flexibilidade de um sistema produtivo (CORRÊA; GIANESI, 1994):

- Incertezas do processo, que incluem as quebras de máquinas, defeitos de produtos, etc;
- Variabilidade das saídas, isto é os impactos de uma demanda variável em termos de volumes, datas ou amplitude da linha de produtos; e
- Falta de coordenação tanto entre setores internos à empresa como entre a empresa e seus fornecedores, clientes, etc.

Porém a programação da produção ao buscar o melhor resultado, barra em alguns problemas computacionais. Entre eles podemos citar a não certeza dos tempos de processamento, essa certeza diz respeito a uma característica determinista desses tempos. Eles não são exatos e suas incertezas podem influenciar o resultado final. Além disso, muitos sequenciamentos não prevêem a chegada de um pedido mais urgente. E, ainda na questão do tempo, uma tarefa depende de outra, o que desencadeia uma série de problemas com a previsão de tempos de execução.

Porém existem alguns atalhos que facilitam a programação da produção, que utilizam alguns critérios como os que seguem abaixo.

Existem duas maneiras usuais de realizar tal programação. Uma é a chamada programação para trás, usada para determinar quando um pedido deve ser iniciado, levando-se em consideração somente o tempo de processamento e data de entrega pré-estabelecida. A outra é a programação para frente, utilizada no cálculo do tempo necessário para finalizar uma tarefa, usada para prometer datas para clientes ou para descobrir se um pedido em atraso pode ser colocado em dia. A programação para trás é uma das mais utilizadas na indústria, pelo fato de ser mais fácil de ser implementada.

Em uma produção intermitente, utilizam-se as estações de trabalho sobrecarregadas, denominadas gargalos para a programação, uma vez que são esses recursos que controlam a saída dos produtos por eles processados. São esses pontos que devem ter a atenção dirigida, pois são eles que determinam a produtividade de todo o sistema, além disso, todo esforço realizado fora dele, para melhorar a produtividade será um desperdício, pois ele é a restrição do sistema. Deve-se observar também, que ele é móvel, uma vez que um gargalo esteja corrigido, outro ponto poderá se tornar o gargalo, exigindo um contínuo esforço no seu controle e melhoria.

Um gargalo é aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele. E o não-gargalo é qualquer recurso cuja capacidade é maior do que a demanda colocada nele. Não se deve equilibrar a capacidade com a demanda. Em vez disso, precisa-se equilibrar o fluxo do produto através da fábrica com a demanda do mercado. (GOLDRATT,1994) Por isso toda programação de produção deve tomar como base o recurso gargalo.

A partir desse estudo passa-se ao sequenciamento da produção, que nada mais é que a ordem que devem ser realizadas as ordens de produção. Esse sequenciamento leva em consideração a capacidade, bem como informações de tempo de processamento e do recurso gargalo. Arnold (1999) lista algumas das regras para seqüenciamento:

- Quem chega primeiro é atendido primeiro (PEPS em português, ou inglês FCFS – *first come, first served*) – Os trabalhos são realizados à medida que são recebidos. Essa regra ignora o lead time de fabricação ou a data de entrega.
- Primeiro prazo de entrega (EDD - *Earliest job due date*) – Trabalhos são realizados de acordo com seus prazos de entrega, mas uma vez o tempo de processamento não é levado em conta.
- Primeiro prazo de finalização do trabalho (ODD – *Earliest operation due date*) – Trabalhos realizados de acordo com seu prazo de finalização, considerando os prazos de entrega e o tempo de operação, é a mais facilmente entendida na fábrica.
- Menor tempo de processamento (SPT – *Shortest process time*) – os trabalhos são seqüenciados de acordo com o tempo de processo. Neste caso o numero de trabalhos processados é maximizado, porém aqueles que demoram mais, geralmente ficam atrasados.

Já, segundo Tubino (2000), existem outras quatro regras, com outras perspectivas, que levam em conta fatores que já mesclam as estratégias anteriores:

- Índice de prioridade (IPI) – Os lotes são processados de acordo com o valor da prioridade atribuída ao cliente ou ao produto;
- Índice crítico (ICR) - Os lotes são processados de acordo com o menor valor de: (data de entrega – data atual)/tempo de processamento;
- Índice de folga (IFO) - Os lotes são processados de acordo com o menor valor de: (data de entrega -  $\Sigma$  tempo de processamento restante)/número de operações restantes;
- Índice de falta (IFA) – Os lotes são processados de acordo com o menor valor de: quantidade em estoque / taxa de demanda.

Porém, depois de seqüenciadas as ordens e liberadas, inicia-se a atividade de controle da produção. Suas principais atividades constituem de:

- Coleta e registro de dados sobre o estágio das atividades programadas;
- Comparação entre o programado e o executado;
- Identificação dos desvios;
- Busca de ações corretivas;
- Emissão de novas diretrizes com base nas ações corretivas;
- Fornecimento de informações produtivas aos demais setores da empresa (Finanças, Engenharia, Marketing, Recursos Humanos, etc);
- Preparação de relatórios de análise de desempenho do sistema produtivo.

Mas o ciclo não termina aqui, como mostrado na figura 4.01, existe um retorno das informações que devem ser analisadas e então, implantadas melhorias para esse processo, sejam no plano de negócios, seja no MPS ou qualquer outro nível de planejamento. O *feedback* é muito importante, principalmente pela característica de dinamicidade dos mercados atuais.

#### **4.4. JIT**

A sigla JIT que vem do inglês *Just-in-time* é uma filosofia que prega a eliminação de todo desperdício (em japonês *mottainai*) além da melhoria contínua da produtividade. Desperdício para o JIT é qualquer coisa além do mínimo necessário de equipamentos, peças, espaço, material e tempo de trabalho para acrescentar valor ao produto.

As sete grandes perdas de Ohno são relacionadas ao projeto do sistema de produção (processo com tamanho e ferramentas inadequadas; procedimento incorreto dos operadores; movimentação e armazenagem; processamento de materiais defeituosos) e operação e a

administração do sistema (tempo de espera; superprodução; estoque). Assim, temos alguns dos pilares do JIT:

- Envolvimento dos funcionários;
- Arranjo físico do local de trabalho;
- Controle da qualidade total (TQM);
- Manutenção produtiva total (TPM);
- Redução do tempo de preparação (SMED);
- Relações com fornecedores;
- Redução de estoques.

O objetivo do JIT é fazer com que cada estação de trabalho receba os materiais requisitados na quantidade necessária no momento exato, ou “*just in time*”. Caso ocorra uma falha e o material não esteja no lugar certo na hora certa, todo o sistema pode se comprometer.

Outra característica do JIT é os cartões denominados “*Kanban*”. Trata-se de um sistema puxado na medida em que uma peça é retirada do estoque, liberando o cartão *kanban* de produção na estação de trabalho da peça retirada. Muitas adaptações do *kanban* passaram a existir dentro das empresas, saindo de cartões para painéis eletrônicos, ou outros equipamentos eletrônicos.

Outros conceitos visam a eliminação dos desperdícios e melhorai continua como a “autonomação”, as máquinas automáticas com dispositivos que detectam problemas automaticamente e os corrige; e “*poka-yoke*”, que são dispositivos que idealizados para evitar falhas na execução trabalho.

Outra frase do JIT, que provém do TQM é “fazer certo da primeira vez”. O TQM baseia-se no controle do processo, além da tradução da qualidade em algo tangível e assim de melhor mensuração. Exige qualidade em todos os níveis e setores do sistema, refletindo um envolvimento de toda a corporação. Busca dar autonomia para operadores para parar a linha de produção para corrigir problemas além de montar grupos de trabalho, para melhoria contínua.

O modelo JIT é indicado para empresas com um grande *mix* de produtos com células de produções, e busca a diminuição do tamanho do lote de produção para assim aumentar o *mix* de produtos oferecidos e produzidos. O que ocorre é que alguns aspectos do JIT são implantados, como os “*poka-yoke*”, e algumas ferramentas de controle de desperdícios. Porém toda a filosofia pode ser inviável para algumas empresas. A adaptação ocorre em todos esses conceitos.

## 5. SOLUÇÃO PROPOSTA

Neste capítulo será apresentada a solução proposta, com base nos dados levantados e o objetivo proposto.

Para a programação do sequenciamento, ou liberação da ordem de produção, também conhecido *dispaching*, será utilizada uma planilha do MS Excel. Este aplicativo foi escolhido por algumas razões. A primeira é que a empresa utiliza o sistema Microsiga, como sistema corporativo e, portanto a implantação deste recurso no sistema exigiria um tempo maior e também um custo maior. Como a solução proposta é destinada a apenas uma pessoa neste momento, optou-se por utilizar um aplicativo conhecido, que já está disponível para este funcionário.

Além disso, o sistema será capaz de fornecer algumas das entradas para a execução da programação da produção, como os pedidos pendentes e níveis de estoque. Porém, a interação desta solução proposta com o Microsiga não será de maneira direta, uma vez que o usuário irá realizar o transporte dos dados necessários.

O sistema desenvolvido é um sistema de apoio à decisão. Segundo Ballou (2001), um sistema de apoio à decisão (DSS) envolve o uso de um computador, de sistemas de bancos de dados e modelos de decisão. O computador é o instrumento que o usuário utiliza para através das informações do sistema de bancos de dados (neste caso, o sistema Microsiga) e dos modelos de decisão, gerar relatórios para monitoramento. A planilha desenvolvida pelo autor realiza exatamente esse procedimento.

Além disso, trata-se, segundo Corrêa; Gianesi (1994), de um sistema de enlace aberto, ou seja, existe uma necessidade de interação com o usuário. A metodologia de solução do problema da programação da produção deve ser de conhecimento do usuário e este pode definir as regras inerentes ao processo de tomada de decisão, bem como alterar as decisões geradas pelo sistema. Dessa forma, o sistema funciona como uma ferramenta suporte, não sendo uma obrigação de o usuário seguir exatamente o que as saídas indicam, mas simulam o efeito das decisões tomadas pelo programador.

A planilha que é a solução do problema será um painel com as informações de previsão de inicio e fim das ordens de produção, que pode ser atualizada constantemente, através de inclusão de novos pedidos, indicações do status das ordens de produção (fórmula nesta empresa), e também condições do chão de fábrica, como máquinas operando, e homens trabalhando.

## **5.2. Dados disponíveis**

Como mostrado na apresentação da empresa muitos dados relevantes já foram levantados. Segundo ARNOLD (1999), os seguintes dados são necessários para planejar o processamento de matérias ao longo da produção:

- O que e quanto produzir – estes dados já provém do sistema Microsiga, onde temos os pedidos com as datas de entrega e os níveis de estoque dos produtos.
- Quando as peças são necessárias de maneira que a produção possa ser feita realizada dentro do prazo – Existem dados no sistema ERP com essas informações, que utiliza fórmulas registradas, e estas calculam a quantidade de produtos exigidos e sua disponibilidade, através de níveis de estoque, provenientes do sistema corporativo;
- As operações e seus tempos para cada produto – este dado foi levantado e já está indicado nas figuras correspondentes aos processos produtivos. As exceções estão indicadas no texto abaixo das mesmas. Porém, era necessário definir melhor esses tempos, utilizando a divisão proposta por Arnold (1999) sobre as definições de tempos de operação. Esses dados foram levantados pelo autor e estão evidenciados na tabela 5.01. Abaixo desta tabela está um breve texto sobre os significados dos tempos, segundo as divisões deste autor.
- As capacidades disponíveis de cada centro de trabalho – estes dados correspondem às capacidades dos reatores e misturadores, dados estes já apresentados no tabela 2.03, com características dos reatores, e dos misturadores temos uma capacidade, por batch de 100 até 200 kg.

Tabela 5.1 – Tempos das operações por produto (Fonte: o Autor)

<input checked="" type="checkbox"/>

Os tempos indicados acima estão divididos segundo Arnold (199), que define *lead time* de fabricação (*manufacturing lead time* – MLT) em um centro de trabalho como a soma dos seguintes tempos:

- Tempo de Fila: é o tempo que o trabalho espera no centro de trabalho para que a operação seja iniciada;
- Tempo de preparação: é o famoso tempo de *set-up*, que é todo tempo necessário para preparar o centro de trabalho para sua utilização.
- Tempo de operação: é tempo efetivo de utilização do centro de trabalho, isto é, o tempo de execução da tarefa.
- tempo de espera: tempo que o material espera para ser levado ao próximo centro de trabalho
- tempo de transporte: é o tempo que demora para o trabalho seja levado a outro centro de trabalho.

A soma desses tempos evidencia o MLT de cada centro de trabalho e a soma de todos os MLTs dos centros que um trabalho (pedido) passa, obtém-se o tempo de processo total. No caso da AMINO, esses tempos foram um pouco alterados, como observado na tabela 5.1. Isso ocorre porque os trabalhos são realizados em um único centro, na sua maioria. Em função disso, o tempo de fila não será utilizado. E o tempo de espera corresponde ao tempo que o material aguarda o resultado do teste de qualidade. Além disso, o tempo de transporte não foi calculado não está evidenciado, porque buscamos o tempo de utilização de um equipamento, então este foi substituído pelo tempo de envase, que é realizado ainda no equipamento. Assim, o MLT descrito na tabela (o tempo total de cada produto) é o tempo de produção, e também de utilização dos equipamentos, que é o que interessa para a solução proposta. Está sendo suposto aqui, que o transporte de uma carga acabada e a preparação de um novo lote, pode ser feito simultaneamente, pois não são realizadas provavelmente pela mesma pessoa.

### **5.3. Metodologia UML**

A metodologia utilizada adotará elementos do desenvolvimento de sistema de informação apresentado pelo guia UML (*Unified Modeling Language*) (ERIKSSON, 1998) e da engenharia de Software (PRESSMAN, 1995). Esta metodologia foi escolhida, em primeiro lugar, por ser orientadas a objetos. Um Objeto é, segundo a metodologia, um conjunto de atributos que o tornam único. Uma residência, por exemplo, pode ser tratada como objeto, contém os atributos: endereço, número, bairro, CEP, cidade, estado. E esses atributos tornam cada residência única, apesar de existirem diversas residências. Em segundo lugar, porque os dados são provenientes de um sistema que também é orientado a objetos, o que facilita a organização das informações para a solução do problema.

Essa metodologia foi escolhida em relação às outras, como Pesquisa Operacional, ou utilizando teorias de filas, porque o objetivo é uma ferramenta em tempo real, da situação real. A tória das filas utiliza métodos estatísticos para a chegada de um novo pedido, por exemplo, e não contribui para o que é esperado, embora tenha outras utilizações que podem ser utilizadas em desenvolvimentos futuros para a AMINO. Já a Pesquisa Operacional, por envolver um grande número de variáveis, e utilizando variáveis não inteiras para sua execução elevariam muito o tempo de execução, e não seriam de fácil adaptação, caso houvesse alguma alteração na fábrica.

Os elementos da metodologia UML constituem de alguns passos e conjuntos de tabelas que ajudam a delimitar o sistema, ou software e assim direcionar seu desenvolvimento. Mas as ferramentas mais interessantes são as utilizadas para desenho do processo. Que é o mais importante neste caso. Essa metodologia é utilizada geralmente, para a construção de sistemas de informações que incluem banco de dados. Não é o caso desta solução desenvolver um banco de dados, porém, como os dados serão provenientes de um banco de dados existente, o sistema ERP da AMINO, essa metodologia ajuda no desenho do programa, utilizando alguns conceitos de banco de dados.

A utilização de apenas alguns elementos se dá pelo fato de o sistema em questão estar reduzido a uma planilha, o que não é tão complexo quanto um sistema de informação completo. Esta planilha realiza apenas uma etapa do processo de programação da produção, e

também só existe um usuário, embora ele não seja o único ator desse processo. Mas uma vez analise utilizada é para o desenho de todo o processo de PCP.

Para tanto, serão utilizadas as seguintes etapas, que dependem uma da outras e resultam numa estruturação da planilha:

- Definição dos Use Cases: São as ações do sistema, em termos de resultado e não de procedimento. Cada use case é um passo do sistema, neste caso há uma mescla entre o que o ERP faz e o que a planilha irá executar, característica que está evidenciada no desenvolvimento deste item.
- Definição de Atores: usuários ou sistemas externos (outro sistema, por exemplo) que interagem com o sistema. Cada usuário pode atuar como diversos atores, portanto cada ator tem um determinado papel.
- Definição dos Relacionamentos: comunicação, uso, extensão da operação, etc; e construção do diagrama de Blocos. Essa terminologia está voltada para o uso de sistema de informação. Como passo seguinte aos diagramas de Blocos seria necessário o desenvolvimento do gráfico TOP LEVEL: que é um pacote unindo os blocos anteriores, que foram organizados em etapas, ou situações. Porém, a figura 2.13 do é um bom substituto para esse diagrama, pois mostrar todo o processo, é esta idéia deste diagrama.
- Determinação das classes do sistema e seus atributos. Classes são conjuntos de objetos com as mesmas características (atributos, relacionamentos, etc). Já os Objetos são estruturas de dados para um procedimento. E seus atributos são informações que caracterizam um objeto. Um jeito de ilustrar essa relação é: a tabela sendo uma classe, as colunas definindo os atributos de cada objeto, que é cada conjunto de dados (linhas da tabela).
- Diagrama de Classes: é o resultado da analise anterior, indicando todas as suas relações.
- Diagrama de Seqüência: Para cada cenário é descrito como funcionam as relações das classes, ou atores com o sistema.

A lógica do sistema estará descrita nesses diagramas, porém será fornecido no um resumo ao final da lógica da programação, uma vez que o desenvolvimento é em ambiente do MS Excel, com linguagem VBA. Essa liberdade foi tomada pela reduzida complexidade do sistema.

Os primeiros passos, com a análise de Atores e Use Cases, serão utilizados para ilustrar o processo de PCP da AMINO, e, a partir desses dados, desenvolver a planilha para o *scheduling* da produção.

### 5.3.1. Os processos

A utilização dos atores e Use Cases são importantes para entender o funcionamento do processo e assim melhor comprehendê-lo. Os atores utilizam os Use Cases para interagir com o sistema. Porém neste caso, estaremos explorando mais do que o sistema apenas, pelo fato de todo processo de planejamento e controle da produção estar sendo analisado, e estar ligado a outro sistema corporativo, o Microsiga.

#### Os Atores

Segundo BEZERRA (2002) e MATOS (2002) atores são, na terminologia da UML, quaisquer elementos externos que interagem com o sistema, enviando e/ou recebendo informações dele. Ele corresponde a um papel representado em relação ao sistema. Estes atores podem ser pessoas, organizações, outros sistemas ou equipamentos. Os atores desse sistema então são:

**PCP** – é a pessoa responsável pelo planejamento e controle da produção. Sua interação com o sistema é direta. Suas principais atividades são incluir novos produtos, incluir pedidos, determinar status de uma ordem de produção.

**Cliente** – é uma pessoa física ou jurídica que faz um pedido para a empresa, esse pedido passa por outro sistema, o Microsiga. Relaciona-se com outro ator, o Comercial.

**Comercial** – é o ator responsável pelo processo de captar pedidos e clientes, além de prever as próprias vendas. Tem papel fundamental para o desenvolvimento do plano de produção.

**Financeiro** – outro ator muito importante, pois ele aprova ou não os pedidos (compra e venda) ou as ordens de produção.

**Fornecedor** – é uma pessoa jurídica que vende os produtos para a AMINO, é contatado quando uma matéria-prima é necessário.

**Microsiga** – o último ator desse processo é o sistema corporativo da AMINO. Ele concentra muito das informações acima citadas, uma vez que todas as atividades dos atores acima são registradas por este ator.

## Use Cases

Ainda segundo BEZERRA (2002) e MATOS (2002), os *use cases* (casos de uso) são interações entre um sistema e os agentes externos que utilizam este sistema. Um caso de uso deve definir o uso de uma parte da funcionalidade de um sistema, sem revelar a estrutura e o comportamento interno deste sistema.

Em teoria são usados para descrever a relação do processo com o sistema. Porém neste caso estão sendo utilizados para descrever o processo todo do PCP. E a relação com cada agente. Ao final desta análise se encontram os use cases que farão parte da planilha. A parte evidenciada neste caso é o comportamento e do que compõe cada Use Case, e não os passos do sistema, por isso na explicação décadia um deles para a AMINO, estará evidenciado peculiaridades do processo, quando necessário. Os use cases desse processo são:

**Fazer Pedido** – O cliente contata ou é contatado pelo seu representante e discute o pedido (produtos, datas, quantidade, preço, etc). Com base em informações do departamento financeiro

**Comprar** – Aqui a AMINO faz seus pedidos de compra com fornecedores, através de seus representantes e departamento financeiro. Porém a demanda é levantada pelo PCP, oriundas do sistema corporativo Microsiga, que tem como base os pedidos e previsões.

**Prever Vendas** – As vendas do próximo são passadas levantadas pelos representantes e revisadas pelo PCP e então encaminhadas para o financeiro

**Liberar Fórmula** – Fórmula é a denominação, dentro a empresa, para a Ordem de Produção, portanto sempre que necessário produzir algum novo produto elas são liberadas. NA AMINO, o Microsiga tem o controle dos estoques de produtos acabados e de matéria-prima. E, portanto indica quando se deve produzir mais de determinado produto, gerando assim uma fórmula, que é uma “receita” para a produção dos materiais, uma vez que o processo principal é a mistura deles nos misturadores como indicado no capítulo 2.

**Fazer Plano Mensal** – o plano mensal é uma previsão do que será produzido e quando, e é feito com base na previsão de vendas, essa atividade é realizada pelo PCP. Esse plano é revisado várias vezes ao mês, chegando a uma revisão diária.

**Verificar Máquinas em operação** – esta atividade é realizada por dois motivos: o primeiro é para verificar se os equipamentos estão em condições de funcionamento, isto é se estão quebrados, ou em manutenção, e o outro é para verificar se estão em uso.

**Fazer Sequenciamento da produção** – esta tarefa é crucial para o nosso sistema, pois constrói, através de uma série de cálculos, um cronograma de produção.

A partir desses use cases e atores, é possível criar os diagramas de blocos, que são as relações dos use cases com os atores. Aquelas linhas indicadas com o símbolo <<extend>> são opcionais, isto é, não ocorrem sempre. Já as setas com o símbolo <<uses>> indica uma extremidade utiliza a outra para realizar sua tarefa, nesse sentido: utilizador -> utilizado. As Linhas sem setas indicam apenas que os atores participam desta tarefa, ou *use cases*.

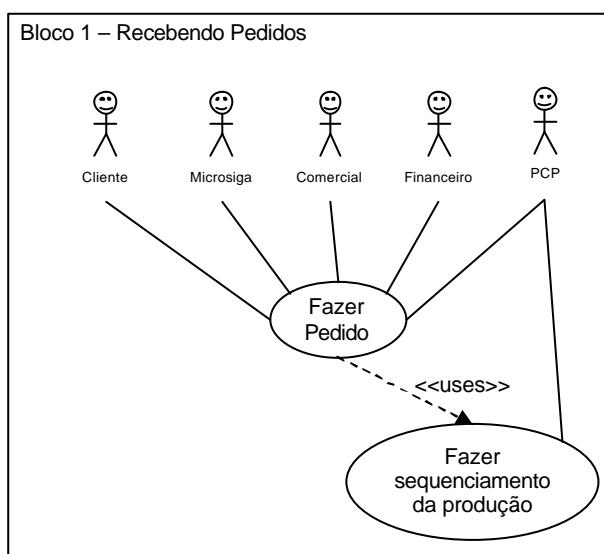


Figura 5.1 – Diagrama de Bloco sobre pedido (Fonte: o Autor)

Da figura 5.1, é possível perceber a utilidade da ferramenta proposta para o processo de vendas, uma vez que serve como base para estabelecer prazos, entre outros. Já na figura 5.2, o que está evidenciado é o processo de Planejamento do mês. Que toma como base as previsões de vendas, e os pedidos existentes para planejar a produção mensal, esse processo envolve as áreas mencionadas no diagrama, bem como a utilização do sistema ERP, que concentra as informações e serve de registro para todos esses processos.

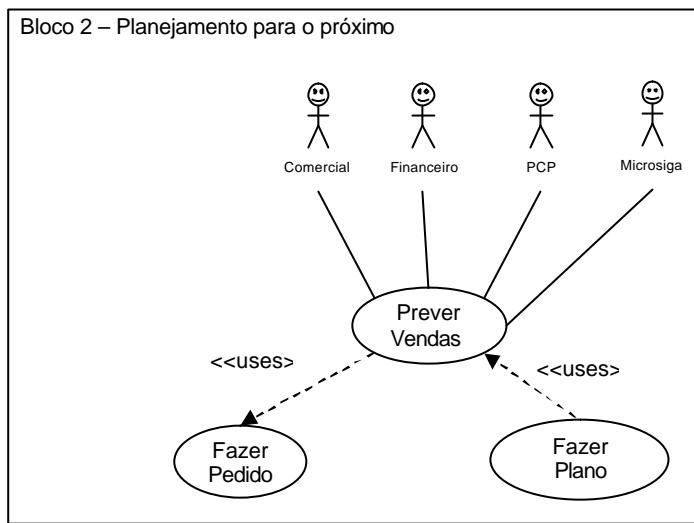


Figura 5.2 – Diagrama de bloco sobre o planejamento da produção (Fonte: o Autor)

Finalmente, a Figura 5.03, que evidencia a programação da produção, está definindo o cenário da ferramenta desenvolvida para realizar o *scheduling* da produção. Observe que muitas das tarefas anteriores são utilizadas para atingir tal resultado.

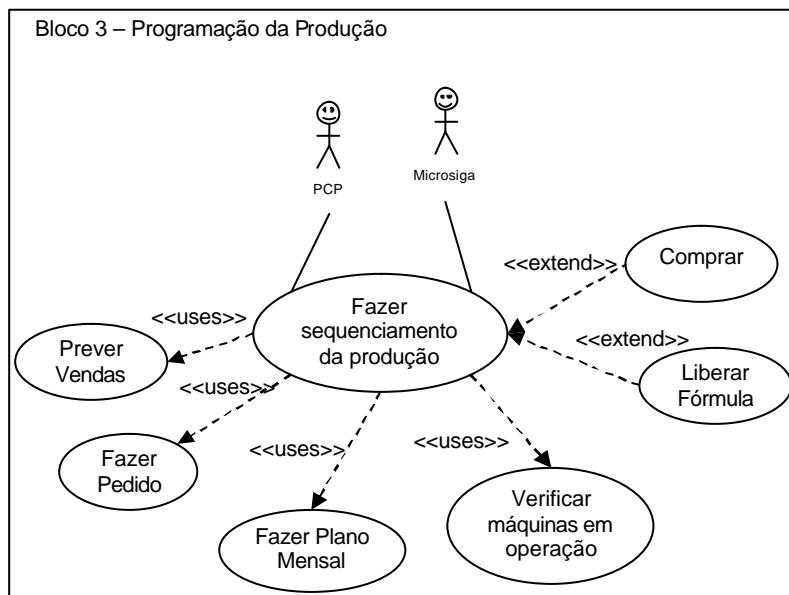


Figura 5.3 – Diagrama de bloco sobre a programação da produção (Fonte: O Autor)

### 5.3.2. Requisitos da solução

Neste item estarão definidos os requisitos de execução do sistema e características gerais definidas pelo usuário. Pode ser definido como dois tipos, os funcionais, e os não funcionais. O primeiro trata das funções que o sistema, e neste caso, o que a planilha deve executar. Essas funções podem ser definidas em saídas ou em operações. Já o segundo diz respeito às características do projeto, como design das telas, tempos de execução, tempo de projeto, etc. A seguir listamos os requisitos funcionais, já que os não funcionais já foram definidos anteriormente e incluem também uma utilização simples pelo usuário, tempo de resposta baixo, inerentes a todos os softwares e sistemas.

O Primeiro ponto levantado é o critério de classificação dos pedidos, de modo que a programação siga esse critério de sequenciamento. A partir do comportamento da empresa e discussões com o usuário foi decidido que os pedidos seriam ranqueados segundo o critério do Índice crítico (ICR). Com esse critério os lotes de pedidos são processados de acordo com o menor valor do resultado da divisão entre o tempo disponível para a fabricação (data de entrega – data atual) pelo tempo de processamento. Ele foi escolhido pela grande variedade de tempos de processamento, e também por dar uma visão melhor sobre a comparação da situação dos pedidos. Outro fator que levou a sua escolha foi o fato de muitos produtos utilizarem um mesmo equipamento, e esse critério também estabelece uma prioridade para a utilização dos equipamentos.

Se o índice for maior que 1 (Um) significa que existe uma folga para a produção do item, sendo assim, fica como opcional a fabricação do item naquele instante. Se o índice for igual a 1 (Um), a folga já não existe e o lote deve ser fabricado nesse instante. Se o índice for menor que 1, significa que o pedido já está atrasado e deve ser fabricado com mais urgência ainda.

A segunda Função é, partindo desse critério, a distribuição dos pedidos por equipamento. Essa alocação deverá seguir alguns critérios, como o local onde o produto pode ser feito (Utilizando dados da tabela 2.03), se a quantidade a ser produzida cabe em um equipamento, ou se deve ser posto em mais de um, e ainda em qual equipamento estará com maior porcentagem de utilização, para assim alocar e aumentar a utilização dos mesmos. Esse critério só é feito nos reatores, uma vez que todos os misturadores têm a mesma capacidade.

A Função de criação de uma agenda de pedidos, com datas e horários de início, e utiliza as etapas acima para a construção de um cronograma de produção.

Ainda existe uma função que controla as etapas dos processos produtivos, porém será utilizada apenas para linha AMICOLOR, uma vez que o material estará em repouso e não estará ocupando um dos maquinários além de utilizar dois maquinários (Misturador e Moagem). Para a linha AMIPRE essa diferenciação não pode ser feita, porque o repouso é realizado dentro do reator, ficando assim, o equipamento ocupado. Assim como na Linha Amipre, todas as linhas têm todas as operações realizadas no equipamento.

Ainda, estará sendo controlado o status do pedido ou ordem de produção, assim, eles poderão ser classificados em “em aberto”, “em produção”, “concluído” e “retrabalho”. Este último pra os casos e que o produto não passou nos testes de qualidade e necessita retornar a produção para ajustes.

O controle dos funcionários para cada ordem de produção, ou fórmula, será feito pelo usuário, portanto isso estará somente registrado no sistema, sem ser utilizado para fins de cálculos, por dois motivos. O primeiro é o fato de um trabalhador poder estar fazendo mais de uma fórmula, enquanto o material está em repouso, ou está sendo misturado no reator ou misturador. O segundo motivo é o não controle das etapas, o que dificulta a verificação da sobreposição de tarefas, quando não podem ocorrer. O critério para a alocação do funcionário para a fórmula continua nas mãos do PCP.

Para minimizar esse impacto, ao liberar uma ordem de produção será fornecida a hora de inicio, para que o sistema recalcule os novos tempos e com a dinâmica da fábrica o usuário da planilha possa repassar outras ordens para o operador e manter o controle. Alias esse controle já existe no Microsiga o que dispensa essa função de controle. Porém essa informação estará disponível para o usuário.

Ainda ficou evidente que esses tipos de controle não existirem porque o resultado do sequenciamento nem sempre será o seguido, e então o usuário poderá iniciar uma ordem quando desejar, desde que atenda a algumas restrições da lógica.

Ainda a consolidação de uma ordem de produção é realizada pelo usuário, porque isso envolve aspectos financeiros, o que dificultaria o desenvolvimento da planilha. Como não há uma interação direta com o Microsiga, essas informações não poderiam ser acessadas. Há um

campo, porém, onde o código dessa “fórmula” (OP), é indicado, e assim o usuário tem um controle sobre esses dados na planilha também, e a planilha utiliza esses dados como controle dos materiais em processo, que são os únicos com uma fórmula associada.

### 5.3.3. Classes

Com base nas informações anteriores podemos delimitar as classes. Seguindo o Guia UML, estas classes devem evitar a duplicação de dados na sua armazenagem. As classes neste caso são as diferentes tabelas desta planilha. Os objetos, como explicado anteriormente, são cada conjunto de atributos únicos que o caracterizam. Assim, os atributos podem ser imaginados como a coluna das tabelas, e os objetos as linhas.

As tabelas então necessárias são as seguintes:

- Pedidos: esta tabela armazena informações sobre os pedidos e ordens de produção, bem como seu status.
- Produtos: essa tabela reúne informações sobre os produtos, no caso o que é importante é o seu processo de fabricação e tempo.
- Equipamento: aqui estão reunidas informações sobre os equipamentos, como seu status, capacidade, etc.
- Processando: esta tabela reúne informações sobre pedidos e seus status na produção. Funciona como um histórico, para que informações das fórmulas em funcionamento, não se percam quando o simulador for reiniciado.

Lembrando que essas tabelas não são exatamente o que será mostrado para o usuário. Isto é, o usuário poderá ver mais campos, porém elas serão utilizadas para dados e manipulação deles.

O resultado desta planilha, a proposta de agenda de produção, não tem essa característica de tabela, e sim de um relatório, pois a cada execução da função de programação da produção, o resultado será mostrado e poderá ser diferente a cada ciclo.

A seguir são aplicadas técnicas de normalização nos dados. Essa técnica tem como objetivo: obter tabelas menores e mais simples; evitar duplicações de informações no sistema; e garantir que futuras alterações sejam feitas mais facilmente, pois é mais fácil alterar a lógica

de um sistema do que suas tabelas. As etapas são de construções das tabelas desejadas, e verificar quais campos se repetem, e em quais são realmente essenciais, ou se poder ser obtidos de outra tabela para a visualização, ou ainda se podem ser calculados, ao invés de armazenados.

Então, seguindo essas etapas foram construídas as seguintes tabelas, onde os campos em cinza são **campos-chaves**, isto é, aqueles que não se repetem, e por isso são utilizados para buscas específicas. Além disso, à medida que a tabela é normalizada, a lógica do sistema fica mais complexa, o que justifica algumas duplicações deste caso. O que levou a eliminação da tabela “Pedidos”, pois não seria registrada no sistema e usada somente para aquele momento, através de uma tela.

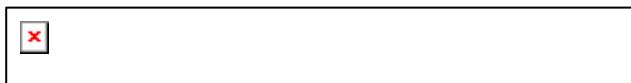


Figura 5.04 – Estrutura da tabela “Equipamentos” (Fonte: o Autor)

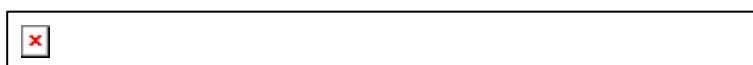


Figura 5.5 – Estrutura da tabela “Produto” (Fonte: o Autor)



Figura 5.6 – Estrutura da tabela “Processando” (Fonte: o Autor)

O campo classe, encontrado nas tabelas produto e equipamento, é a característica que liga a fabricação de um produto a um determinado equipamento. Um equipamento produz uma única classe de produtos. E esses produtos estão classificados de acordo com cada classe.

Com essas tabelas, é possível determinar o relacionamento entre elas, num diagrama de classes. Os relacionamento de 1 para muitos (representado pelo símbolo 0\*), indica que para cada registro da tabela de origem, existem muitos registros nas tabelas seguintes. Esse raciocínio segue para outros relacionamentos. Veja a Figura 5.07, para entender o relacionamento entre as tabelas da solução proposta. Os atributos indicados são os campos-chave de cada tabela, e são eles que se relacionam, efetivamente.

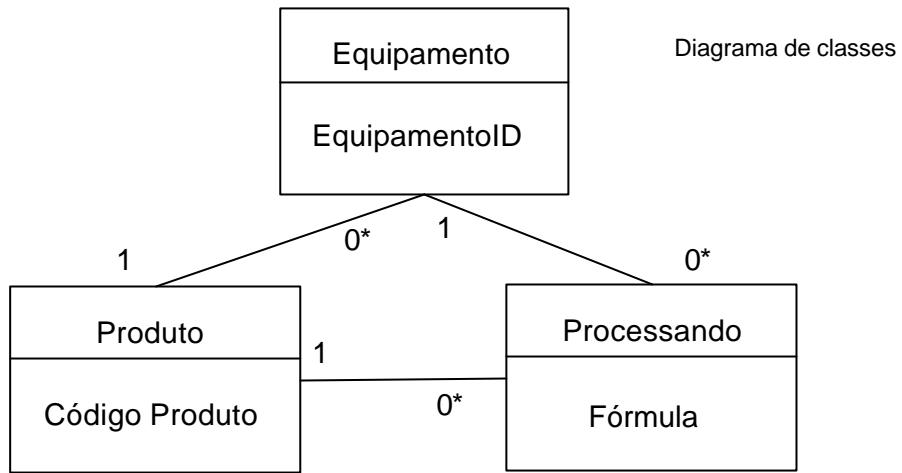


Figura 5.7 – Relacionamento entre as classes (Fonte: o Autor)

Agora é o momento de detalhar o funcionamento, em ordem cronológica da planilha. A ferramenta utilizada será o Diagrama de Seqüência, que ilustra, através de cenários, o que acontece com o sistema. Nesses cenários estão indicados os atores, bem como a planilha. Cada seta ligando um elemento (ator ou sistema) outro é uma ação. Uma ação gera a ação seguinte, que vem logo abaixo no diagrama, evidenciando assim uma seqüência cronológica dos acontecimentos. Os gráficos estão divididos em dois cenários basicamente. O primeiro é uma simulação simples (figura 5.9), na qual os pedidos abertos são inclusos na planilha, e a fábrica não tem nada em processo ainda. Já no segundo caso (figura 5.8), a manufatura está com Ordens de Produção em processo e é necessário prever os próximos passos. Esses cenários estão indicados abaixo. Note que a lógica do sistema não está evidenciada, porém este gráfico é muito importante para sua construção.



Figura 5.8 - Diagramas de Seqüência – Cenário 1 (Fonte: o Autor)



Figura 5.9 - Diagramas de Seqüência – Cenário 2 (Fonte: o Autor)

### 5.3.4. Telas para o usuário.

A próxima etapa deste processo é a definição das telas para o usuário, pois já existem as tabelas e agora é necessário ver o que o usuário quer na sua tela, para então definir a lógica do sistema. Foram criadas algumas tabelas para serem utilizadas pelo usuário para a execução do sequenciamento. As tabelas, agora sendo as telas das planilhas, estão explicadas a seguir com uma figura-exemplo das mesmas, é importante diferenciar essas tabelas das anteriores. As anteriores são classes de dados que serão utilizadas para a lógica do sistema. Já as seguintes são as que serão vistas e utilizadas pelo usuário. Essa confusão pode ocorrer porque estamos tratando de uma planilha.

A primeira tabela se refere aos pedidos que estão em aberto naquele dia. Esse dado será retirado do sistema ERP da empresa e será passado para a planilha MS Excel de forma manual pelo usuário. Nesta tabela constam os dados do Pedido, como seu código e o produto que está sendo pedido, bem como a data de entrega prevista e a quantidade pedida. Nesta tabela são calculados os índices críticos dos pedidos, e são indicados pela cor vermelha, para pedidos em atraso ( $ICR < 1$ ), amarela para índices próximos de um, que refletem pedidos em estado de atenção ( $1 \leq ICR \leq 1,5$ ) e verde para os índices que estão com certa folga. ( $ICR > 1,5$ ).

Além disso, foi incluído um indicador do *Status* do pedido, para que o usuário mantenha controle sobre o que foi iniciado e não foi iniciado. Nesta tabela foi incluída a coluna com a hora de início de execução, para fins de cálculo de sequenciamento. Outro dado desta tabela é o funcionário responsável, que é representado pelo código ou nome do mesmo, uma vez que só serve para o controle do próprio usuário de PCP. A figura 5.10 é uma imagem desta tabela.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tela Inicial				Data de hoje	2/6/2005			
2	Pedido	Produto	Qte (kg)	Data de entrega	ICR	Status	Fórmula	Data Início	Hora Início
3	nk0001	AMISO AM-100	250,00	3/6/2005	1,5	Em Aberto			
4	d00009	AMPRE PRF-238	200,00	3/6/2005	1,2	Em Aberto			
5	a00008	AMICOLOR PFO-505	20,00	3/6/2005	1,4	Em Aberto			
6	a00008	AMICLEAN PFO-503	60,00	3/6/2005	0,6	Em Produção	985669	3/1/2005	09:00
7	d00009	AMICOLOR PFF-126	600,00	3/6/2005	1,2	Em Aberto			
8	j00008	Tambor 200L Tampa Fixa	63,00	3/6/2005	1,9	Em Aberto			
9	j00008	AMIPRE AMS-450	200,00	4/6/2005	2,4	Em Produção	985668	3/1/2005	08:50
10	i00089	AMIPOL LHR-807	400,00	4/6/2005	1,1	Em Aberto			
11	i00009	AMIPOL AF-967	400,00	4/6/2005	1,2	Em Aberto			
12	i00089	AMIFLEX HP	200,00	4/6/2005	0,8	Em Aberto			
13									
14									

Figura 5.10 – Tela de dados iniciais (Fonte: o Autor)

A segunda tabela corresponde à tabela das máquinas que estão operantes. Assim se uma máquina não estiver funcionando é só o usuário indicar nesta tabela e essa condição será considerada no sequenciamento. Além disso, poderá ser visto qual Fórmula está sendo executada em qual equipamento. A figura 5.11 é uma imagem desta tela.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Cód. Maquina	Tipo/Nome	Status	Fórmula	Capacidade Máxima	Utilização da capacidade(%)	Linhas que o utilizam
2	1	Misturador	OK		200 kg	0%	Amicat
3	2	Reator	Em uso	98568	8t	20%	Amipre, Amipol, Amiso
4	3	Reator	OK		1,6t	0%	Amipre, Amipol
5	4	Reator	OK		1t	0%	Amipre PHR, Amipol PHR
6	5	Reator	OK		1t	0%	Amipre PIS Amipol PIS
7	6	Reator	OK		5t	0%	Amipre, Amipol
8	7	Reator	OK		10t	0%	Amipre, Amipol
9	8	Reator	OK		1t	0%	Amisil
10	9	Misturador	Manutenção		200 kg	0%	Amicolor, Amides, Amicel, Amilinker, Amiclean, Amiflex
11	10	Misturador	Em Uso	98569	200 kg	60%	Amicolor, Amides, Amicel, Amilinker, Amiclean, Amiflex
12	11	Misturador	OK		200 kg	0%	Amicolor, Amides, Amicel, Amilinker, Amiclean, Amiflex
13	12	Misturador	OK		200 kg	0%	Amicolor, Amides, Amicel, Amilinker, Amiclean, Amiflex
14	13	Moagem	OK		200kg	0%	Amicolor
15							
16							

Figura 5.11 – Planilha de Controle de Equipamentos (Fonte: o Autor)

A última tabela corresponde ao painel do sequenciamento. Nela estão as saídas dos cálculos de *scheduling*. E a saída está indicada por equipamento, o pedidos, a quantidade, a data/hora de inicio prevista e data/hora de fim prevista. Caso o processo esteja em execução, o horário marcado nesta tabela será o indicado na tabela inicial, e os cálculos seguintes seguem aquela indicação. O final do processo de programação da produção só termina quando todos os pedidos da tela inicial foram verificados. A Figura 5.12 é uma imagem desta tabela.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Painel de Produção						
2	Esuipamento	Tipo:	Rreator				
3	Equipamento 2						
4	Produto	Pedido	Qtde	Fórmula	Data inicio	Data Fim	Material
5	AMIPOL LHR-807	100089	400,00		3/6/2005 09:53	3/6/2005 12:23	P
R							

Figura 5.12 – Painel de sequenciamento. (Fonte: o Autor)

Com base no que foi apresentado acima a planilha pode ser resumida da maneira que está representada na figura 5.13. Aqui vemos que os pedidos bem como seu status são um dos inputs necessários, bem como os equipamentos disponíveis. Entre outros inputs, que já farão parte da planilha, mas poderão ser alterados caso novos produtos venham a ser acrescentados, estão as operações e tempos e o critério de sequenciação. Com os cálculos e a lógica da planilha será apresentado um *scheduling* da produção. A programação deverá chegar ao seu término quando todos os pedidos abertos e em execução tenham sido contados. É importante ressaltar que os dados poderão ser gerados novamente caso algo seja alterado.

### Entradas

### Saídas

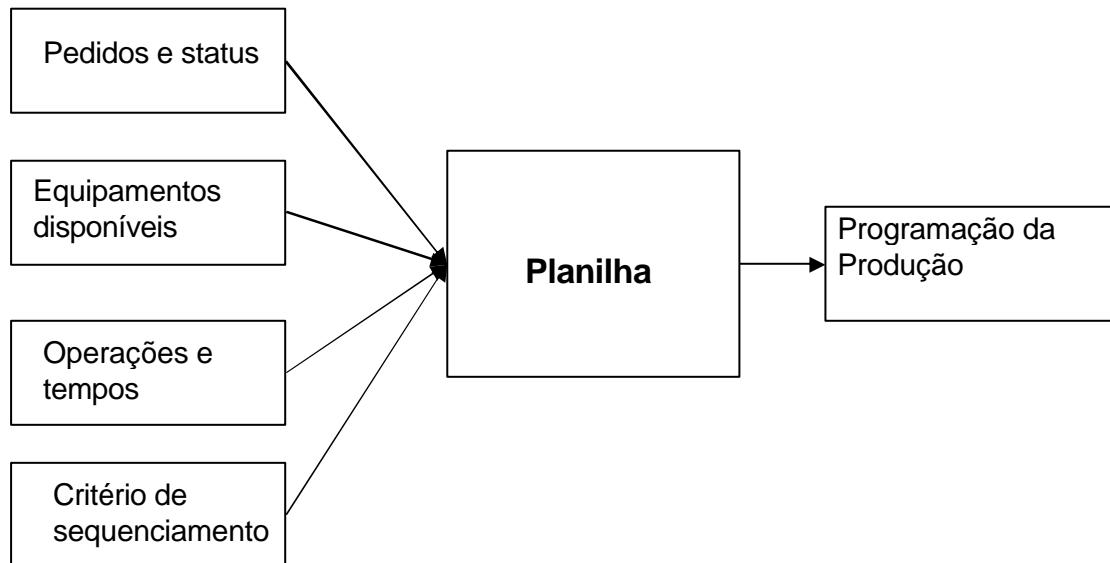


Figura 5.13 – Esquema da planilha Painel\_Produção.xls (Fonte: o Autor)

## 5.4. Lógica

Nesta seção está sendo descrita a lógica desenvolvida de *scheduling*. Essa lógica utiliza algumas tabelas para guardar dados, e utiliza as tabelas indicadas acima para a inserção de dados pelo usuário. A lógica está apresentada de forma escrita, em forma de passos, para o melhor entendimento dos procedimentos realizados para os cálculos. Seu desenvolvimento foi utilizando a linguagem VBA do próprio MS Excel, por isso a escolha de identificar os passos importantes, pois tem características de linguagem de programação.

A primeira etapa é a classificação dos pedidos seguindo o critério de ICR, como já mencionado. Isso é feito de forma automática, no momento do preenchimento dos dados dos pedidos.

Antes de o usuário iniciar a execução da macro desta planilha, ele deve completar as informações dos pedidos, como seus status, para que a Programação seja feita considerando os vários status. Caso alguma informação esteja faltando o usuário é avisado e retornará ao ponto inicial.

Outro ponto importante de destacar antes de evidenciar a lógica é o ponto inicial da programação. Com exceção dos pedidos com status “Em Produção” ou “Retrabalho”, que exigem que o campo hora e data de início estejam preenchidos, toda a programação tem como ponto inicial a hora da execução. Uma vez que a ação para iniciar uma nova ordem de produção (Fórmula) só se dará num momento posterior ao presente.

Uma vez preenchidos todos os dados, é iniciada a execução desta macro. A checagem começa pelas ordens de produção marcados como “Concluído”, para indicar a liberação do equipamento antes em uso, e assim permitir uma nova programação nele. Ainda há uma verificação do status indicado pelo usuário na tela, e o status da ordem de produção no pedido em processo. Isso ocorre para controle das que estavam em execução e foram terminadas. Se existe um registro na tabela “Processando” então o equipamento é liberado novamente, para a programação dos pedidos que estão para ser analisados.

Ao terminar a checagem dos concluídos. Inicia-se a checagem dos Pedidos com uma ordem de produção, isto é com, uma fórmula em processo, conhecido nesta planilha apenas

como o status “Em Processo”. O primeiro a ser feito é buscar os abertos e registrados na tabela “Processando” para iniciar a construção da agenda de produção. Em seguida, as fórmulas não registradas na tabela processando passam a ser registradas. Neste caso existe uma checagem para não haver conflitos de horários e equipamentos. E uma mensagem de erro informa isso, terminando a execução.

Ao término de todos os pedidos com status “Em Processo”, é a vez daqueles com status “Retrabalho”. Que passa pelo mesmo procedimento do status anterior.

Finalmente, são utilizados os produtos com status “Em Aberto”. Aqui estará sendo aplicada toda a lógica de *scheduling* desenvolvida através dos dados iniciais e dos gráficos dos recursos UML. Os pedidos com menor índice crítico (ICR) são os primeiros a serem inseridos na agenda, uma vez que este é o critério de sequenciamento, e os passos anteriores são utilizados para levantar o cenário presente da manufatura.

Para o menor índice crítico, que é calculado com base nos dados do produto (tempo de processo) e do pedido (prazos), um equipamento é selecionado, através da classe deste produto. Essa alocação a um equipamento é feita, em um primeiro passo, na busca por um equipamento disponível no momento entre aqueles que são utilizados para fabricação do produto em questão. Se essa busca, que segue a ordem da tabela 2.03, porém utiliza o critério de porcentagem de ocupação como critério de seleção. Esse *check* ocorre para os reatores, que tem capacidades diferentes. Assim, verifica-se a porcentagem de ocupação, que é a razão entre a quantidade a ser produzida e a capacidade do Reator. Aquele equipamento com o maior valor será o alocado para o pedido em questão. Ao selecionar tal equipamento é feito uma verificação da capacidade, com o objetivo de garantir que a quantidade pedida pode ser produzida. Se isso não for possível, o pedido será quebrado em dois, esse equipamento será utilizado e inicia-se uma busca de um novo disponível. Essa última etapa é feita para os misturadores também.

Se não houver nenhum disponível, procura-se, dentro dos equipamentos possíveis, o que vai estar disponível primeiro e então ocorre a alocação, respeitando os limites de capacidade.

E assim, o painel vai sendo formado. Um outro ponto interessante é que o sistema verifica se o produto pode ser concluído naquele dia, assim, se ultrapassar mais do que uma hora do expediente normal, o produto passa para o planejamento do dia seguinte. Esse ponto

foi levantado pelo usuário para evitar os gastos de horas-extras. O que ficou definido em discussões com o mesmo era que se uma ordem estivesse em execução e o horário final fosse maior que o horário de expediente, este deveria ser expresso na planilha, afinal é uma situação presente. Para o caso do Amipre, seu ciclo demora mais de 24h, então o controle não é aplicado neste produto, nem no caso do Amicolor, que é um caso especial tratado a seguir.

Amicolor foi um produto tratado a parte, desde o inicio, pois não pode ser generalizado como os produtos anteriores. Como seu processo se inicia fora de um misturador, e ele só entra na moagem depois de 72 horas. Porém esse processo é feito somente quando não existe um estoque da pasta que se forma depois da moagem. Caso contrário, o produto segue da pasta para a mistura e diluição nos misturadores. A solução encontrada foi então perguntar ao usuário no momento da produção qual é o caso. Se a produção é completa (make-to-order), ou a partir da pasta (assembly-to-order). Neste último caso a alocação é feita nos misturadores seguindo os mesmos critérios anteriores. E no primeiro, a alocação ocorre na moagem daí a 72 horas, se estiver disponível. Por isso, no caso da moagem, é verificado se uma ordem de produção cabe em uma janela de tempo, ao invés de verificar apenas a hora de liberação do mesmo, como nos outros. E a alocação ocorrerá na primeira janela de tempo permitida após 72 horas. E em seguida, ocorre a alocação no misturador. Seguindo o mesmo critério de janela. Assim, todas as alocações nos misturadores seguem esse critério, uma vez que outros produtos se utilizam deles.

Os casos de produtos sem equipamentos, como os terceirizados, que tem apenas a troca de embalagem e rótulo não são considerados para nenhum registro além das fórmulas (classe “processando”). Isso foi decidido, pois o objetivo aqui leva em consideração os equipamentos, e esses materiais podem ser tratados sem os mesmos. Esse controle continua na mão do PCP.

A lógica do VBA inclui muitas variáveis, e por isso, o que está esquematizado a seguir é um passo-a-passo, de maneira escrita, para resumir o que foi definido até aqui, e a partir deste esquema que foi idealizada a programação do sistema. Contando ainda com todo o processo anterior.

---

## Início do programa

### Passo 1 – Verificação dos Pedidos com Status “Completo”

Verifica se este pedido já foi concluído anteriormente na tabela de “Processando”

Se Não foi

Registra na tabela de “Processando” como concluído;

Libera equipamento;

Determina Hora de inicio do próximo pedido para este equipamento como hora atual;

Marcar como verificado para linha

Final da Verificação dos pedidos com status concluído

#### Passos 2 – Verificação de Pedidos com status igual a “Em Produção”

Verifica tabela de registros de “Processando”

Se consta

Busca hora e data de inicio e as aponta no painel de produção;

Contabiliza tempo de utilização da maquina

Marca a maquina como ocupada

Se não consta

Verifica os critérios de programação do scheduling

(CIR, equipamento e capacidade) e registra utilização prevista no equipamento;

Marca equipamento a ser utilizado como ocupado;

Registra na tabela “Processando”;

Final da Verificação dos pedidos com Status “Em produção”

#### Passo 3 – Verificação dos Pedidos com Status Aberto

Verifica o menor índice ICR

No menor ICR não-visto, verifica condições de sequenciamento:

-qual equipamento e se está disponível

-se pode usar outro (critério da capacidade)

-que horário um possível equipamento vai vagar primeiro

-Está dentro do horário de trabalho

Se atendem os requisitos acima

Marca horário previsto de início e de fim;

Indicar no painel da produção os dados (equipamento, hora de inicio e fim);

Se for AMICOLOR

Aplica caso especial. Com pergunta ao usuário.

Marca ICR como visto;

Próximo menor ICR não-visto

Final de todos ICR

Final do programa.

---

## **5.5. Testes**

Em Testes com usuário, foi verificada a necessidade de desenvolver uma nova função não prevista anteriormente, que é a limpeza dos dados da tabela. Assim ao executar uma outra “macro” (chamada “Limpeza”), as tabelas de “dados iniciais” e que indicam a situação dos equipamentos são limpas, deixando apenas os pedidos em processo, com suas fórmulas, e a indicação dos respectivos equipamentos em uso, para facilitar o trabalho do usuário e evitar que ele preencha algo que já esteja registrado na planilha. É importante evidenciar isso, porque, mesmo durante o desenvolvimento de um produto, uma necessidade pode ter sido deixada de ser atendida, e para isso que servem os testes.

Essa nova função é do sistema, mas não da programação da produção. Indicando assim, que a abordagem inicial de desenvolvimento do produto se aplica para o caso.

## 6. RESULTADOS

A planilha apresentada viabilizou uma maior dinamicidade nas decisões de PCP, diminuindo o tempo necessário para enquadrar a produção existente. Com esta planilha o responsável pela área de PCP passou a ter um maior controle de sua produção no momento presente e também nas previsões para o futuro.

Um dos benefícios dessa programação é a chance simular a entrada de um novo pedido e assim verificar junto ao departamento comercial se é possível atender determinado pedido em um prazo estabelecido, uma vez que a ferramenta é independente do sistema corporativo, e não realiza alterações no sistema. Espera-se que a utilização dessa planilha alcance esse objetivo de ser também um simulador, que poderá trazer ainda mais benefícios para a empresa, como o exemplificado acima.

Ainda, poderá ser utilizada, para simulações de venda e compra de equipamentos, ou inclusão ou não de novos produtos, com poucas alterações no seu código de programação. Afinal este é um dos objetivos de uma programação, tornar o programa flexível para futuras alterações e adaptações.

Essa ferramenta de simulação é uma ótima ferramenta para prever horas que serão exigidas, se serão necessário horas extras. As horas extras não foram contempladas neste simulador, pelo fato de a empresa tentar ao máximo evitar esses tipos de gastos, portanto uma simulação que não os prevê pode chegar próximo de um ótimo. Isso é possível escolhendo os critérios certos para a realização da programação da produção.

Embora o tempo de preparação dos dados e execução seja de alguns minutos, dependendo da quantidade de pedidos abertos e em execução, além das tarefas realizadas junto ao sistema ERP da empresa pelo usuário, esse tempo é pouco se comparado com o tempo despendido na programação manual da produção. O que trouxe mais tempo para o PCP se preocupar com outras tarefas, como o planejamento mensal, e resolver problemas que possam surgir na fábrica.

## 7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho evidencia a complexidade que é o processo de programação de produção, mostrando que ela começa no planejamento da empresa, até chegar no *scheduling*, que foi a parte de maior destaque do trabalho. Nesse processo um grande caminho é percorrido, com muita informação sendo transformada, inserida ou analisada, o que requer um grande esforço de análise, mesmo para uma empresa pequena como é o caso da AMINO.

Um processo químico em bateladas como é o caso dos produtos da AMINO diferem da idéia de linhas de montagem e operações que são encontradas na literatura, mas oferecem algumas vantagens. A principal delas é o fato de o lote poder ser variável, sem alterar o tempo de processamento, o que ajuda em cálculos de simulação. Por outro lado, ao se buscar a utilização máxima dos recursos, a idéia é utilizar sempre o máximo da capacidade dos recursos, e no caso de bateladas, é o Maximo que o equipamento permite naquele tempo, o que pode resultar em aumento dos estoques. Porém muito se assemelha da programação comum, que é a verificação da utilização do equipamento, o fluxo de processo pro ele, e os tempos de realização das operações.

A simulação apresentada é apenas um dos fatores que contribuem para o bom desempenho de uma empresa. Ouros tópicos do planejamento da produção exigem também uma maior atenção dos planejadores. No caso da AMINO, podemos apontar sua previsão, que apesar de ser baseada em meses anteriores, é método qualitativo e pode ser nebuloso e expor a alguns erros grandes. Por outro lado um modelo de previsão que não é bem desenvolvido pode levar a erros ainda maiores.

O ponto é que, segundo a filosofia JIT, É necessário buscar sempre a melhoria dos processos, seja ele operacional, como de planejamento, como qualquer outro da empresa. Ao identificar e atuar num ponto falho da empresa, e uma vez constado que o problema foi minimizado ou resolvido, é hora de buscar nos pontos de melhorias.

## BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, J. R. T. **Administração de Materiais**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 521p.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de Suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BEZERRA, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

CORRÊA , H.L.; Ganesi, I. G. N. **Just in time, Mrp2 e opt – um enfoque estratégico**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRP II / ERP – Conceitos, uso e implantação**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

COX, J. F.; Blackstone Jr, J. H.; Spencer, M. S. **Apics Dictionary**. 8. ed. 1995. 92p.

FOGARTY, D. W., HOFFMAN, T. R. **Production & inventory Management**. Cincinnati, OH: South-Western, 1983.

GOLDRATT, E. M.; Cox, J. **A Meta – Um processo de Aprimoramento Contínuo**. 1. ed. São Paulo: Educator, 1994.

GURGEL, F. (Org.), **Glossário de Engenharia de Produção**. 12. ed. São Paulo: s.n., 2003.

HASHIMOTO, Renato Shiguenori, **Revisão dos Procedimentos de PCP em uma empresa de Produção Intermittente Repetitiva.** São Paulo, 2003. 89p. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção

MACKLINE, C *et al* **Administração da Produção.** 6. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1981.

MATOS, A. V. de. **UML: Prático e Descomplicado.** São Paulo: Érica, 2002.

SANTORO, M. C. Apostila **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** 2001.  
155p.

SEmenik, R., BAMOSSY, G. **Princípios de Marketing: Uma Perspectiva Global.** São Paulo, Makron Books, 1995.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSON, R. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo:  
Atlas, 2002.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas,  
2000.220p.

VOLLMAN, T. E., BERRY, W. L., WHYBARK, D. C. **Manufacturing planning and control systems.** 3. ed. Homewood, IL: Irwin, 1992.