Aplicando lean em indústrias de processo

Alexandre Cardoso*

Os setores de alimentos, químico, farmacêutico e de cosméticos, que na sua essência são indústrias de processo, têm obtido sucesso na aplicação dos conceitos lean atingindo resultados impressionantes tais como reduções de lead time de até 60%, redução de 40% no tempo de setup, melhoria no índice de entrega em até 30%, além dos ganhos de capacidade que chegam a 30% em algumas famílias de produtos.

Este artigo irá apresentar qual estratégia de implementação pode ser adotada e os resultados que podem ser atingidos com a aplicação dos conceitos lean em uma indústria de processos. Entende-se por indústria de processo aquela em que a produção ocorre através de reações físico-químicas que se desencadeiam a partir da mistura de reagentes ou da alteração de parâmetros que influenciam na obtenção do produto final.

Será apresentado um exemplo hipotético de aplicação em indústria de processo que trabalha em lotes. As analises e recomendações apresentadas estão baseadas na minha experiência de 4 anos de aplicação em diversos casos reais de indústrias de processo com características semelhantes.

1. Entendendo a necessidade

Ao iniciar a jornada lean, um dos fatores críticos de sucesso é um entendimento claro de qual é a necessidade da empresa. Quais são os fatores críticos para o negócio em termos de entrega, qualidade, custo? Quais são os objetivos a serem atingidos? Quais são os produtos associados a estes objetivos?

Responder a estas perguntas faz com que tenhamos um norte que permite direcionar os trabalhos iniciais para o processo que está alinhado às necessidades do negócio. No exemplo hipotético que será apresentado a seguir, a necessidade do negócio é melhorar a entrega e disponibilizar capacidade para novos negócios.

2. Definindo as famílias de produtos

Uma vez definida a necessidade do negócio, deve se relacionar quais produtos afetam os indicadores associados a esta necessidade, através de uma matriz de família de produtos. Uma família de produtos é definida por produtos que passam pelos mesmos processos (etapas físicas).

Para elaborar esta matriz é necessário identificar os produtos e os equipamentos existentes em cada processo, em seguida colocar um “X” no equipamento em que o produto deve passar preferencialmente e, caso haja alguma alternativa, utilizar a letra “A” para identificação da mesma. Desta forma, podemos identificar quais produtos têm similaridade de processos conforme exemplo na Figura 1.

Esta matriz deve permitir identificar em quais equipamentos o produto é processado. Algumas empresas não definem quais são os equipamentos em que o produto é processado, buscando flexibilidade e assumindo que o produto pode passar em qualquer equipamento do processo em questão, o que resulta em não utilização plena da capacidade produtiva.

Ao realizar uma análise criteriosa, percebemos que há alguns fatores cujas diferenças são significativas, tais como o tempo de preparação, o tempo de ciclo e até número de operadores necessários. Estes fatores devem servir de guia para o agrupamento por família de produtos, pois produtos com similaridades nestes fatores devem fazer parte da mesma família.

Familias	Equipamento / Produto	Pesagem			Processamento				Teste		Envase			
		1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4
1	N123	X			X	A			X		X			A
	H345	X			X		A		X		X			A
	N678	X			X		A		X		X	A		
2	G912		X			X				X		X		
	J327		X			X				X		X		
	J356		X			X				X		X		
3	H321			X			X		X				X	
	H378			X			X		X				X	
	H547			X			X		X				X	
	G617		A	X			X		X				X	
	G145			X			X		X				X	

Legenda: A – Equipamento alternativo X – Equipamento preferencial

Figura 1 - Exemplo de matriz de família de produtos

3. Entendendo a situação atual

Devemos começar desenvolvendo uma visão do sistema atual de produção para o que usamos o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) em que são definidos os fluxos de informações e de materiais para uma família de produtos. Desse modo, podemos realizar o kaizen de sistema. Deve-se seguir o método tradicional de caminhar pelo processo e desenhar o mapa com dados reais observados no gemba.

Na Figura 2, apresentamos um mapa de fluxo de valor típico de uma indústria de processo, composto por pesagem; processamento do produto, onde geralmente se faz a mistura gerando a reação química que origina o produto final; teste (controle de qualidade), cuja função é verificar a característica do produto e definir os ajustes do produto; envase, onde o produto é embalado para a armazenagem e entrega ao cliente final.

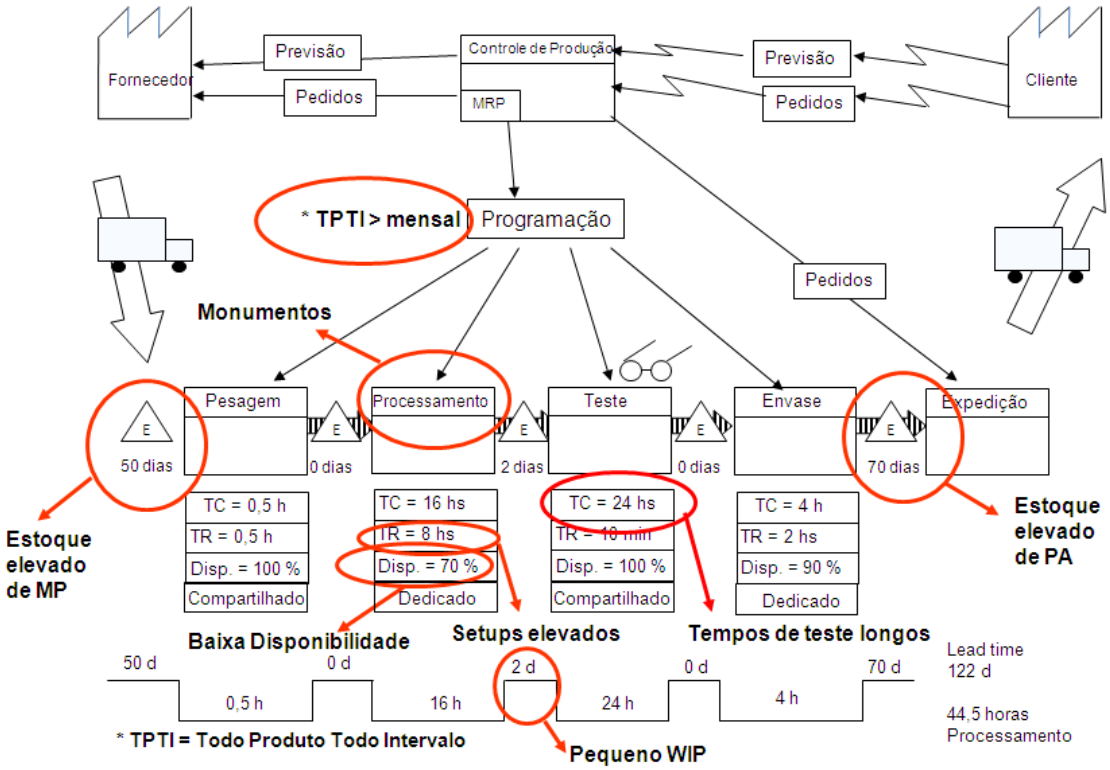

Figura 2 – Mapa de fluxo de valor típico de indústria de processo

O processo de fabricação representado no mapa de fluxo é relativamente simples e o tempo de processamento é de 44,5 horas para a fabricação de um lote. Este tipo de indústria geralmente apresenta um lead time elevado, que neste exemplo é de 122 dias em função de grandes lotes de fabricação, que são resultado de longas campanhas de produção.

O estoque elevado nas pontas, matéria prima e produto acabado, são os maiores contribuidores para este lead time elevado, uma vez que o estoque em processo (WIP) tende a ser baixo, comparativamente. Em relação ao estoque de produto acabado, uma causa primária é a longa campanha de produção (TPTI- todo produto todo intrevalo > mensal), que é estabelecida em função de tempos de setup muito altos (identificados no mapa acima) que são a causa raiz do problema e devem ser tratados no projeto do estado futuro.

No caso da matéria-prima, existem dois fatores que geram os estoques elevados, o primeiro é a baixa freqüência de entrega do fornecedor, em alguns casos chegando a ser bimestral, e o segundo é a sistemática de compra de materiais de forma empurrada, sem observar o consumo real da planta trazendo excesso de material para a empresa.

Outro problema evidenciado no mapa atual é o longo tempo de teste para controle de qualidade, cujas principais causas são: o trabalho em lote, onde o operador faz os testes com lotes de amostras e não uma a uma, gerando espera pois a primeira amostra testada espera a finalização das demais, e alterações na seqüência de produção sem respeitar o FIFO, também gerando espera.

Do ponto de vista dos equipamentos, a disponibilidade baixa é um problema comum neste tipo de indústria, chegando em alguns casos, a níveis inferiores a 70%, muitas vezes devido a falta de manutenção preventiva.

Além da disponibilidade, o tamanho dos equipamentos é um fator crítico que inviabiliza trabalhar com lotes de produção menores, pois tais equipamentos são projetados para trabalhar com um mix pequeno e altíssimo volume, condições pouco frequentes na realidade atual. Iremos nos adaptar a eles, pois é impensável substituí-los sem que haja grandes investimentos, algo que as empresas não dispõem ao iniciar a jornada lean.

Outro ponto que merece atenção é a alteração da seqüência de produção ao longo do processo, realizada em função de urgências, falta de matérias-primas ou embalagens. A falta de uma seqüência pré-definida e de controle provoca estas mudanças ao longo do processo, gerando longas esperas no fluxo de valor.

4. Estabelecendo a situação futura

As necessidades do negócio devem nortear o estabelecimento da situação futura, que neste caso usado como exemplo são o aumento de capacidade e melhora na entrega. A utilização da capacidade do processo é afetada, muitas vezes, pela falta de ritmo na produção, que ocasionam paradas e esperas ao longo do processo. Visando estabelecer o ritmo na produção, é necessário determinar o tempo takt, o primeiro passo para uma melhor utilização da capacidade produtiva.

4.1. Definindo o ritmo na produção através do tempo takt

O tempo takt é o ritmo estabelecido pelo cliente e é determinado dividindo-se o tempo disponível pela demanda. Na indústria de processo, o tempo disponível é facilmente determinado, considerando o tempo total disponível por dia menos as paradas planejadas (almoço, intervalos e manutenções planejadas).

A definição da demanda deve ser realizada a partir de um entendimento claro do volume de vendas da família de produtos em questão. Um erro muito comum é utilizar a capacidade da produção para determinar a demanda, enquanto o correto é utilizar o volume de vendas. O histórico de vendas é uma referência para se determinar o takt, mas temos que considerar também qual é a previsão para os próximos meses, vislumbrando um possível aumento ou diminuição de demanda no curto e médio prazo.

Vamos considerar o seguinte exemplo: a demanda é de 10.000 litros de produto por dia, total para a família de produtos selecionada. O tempo disponível, já descontadas as paradas planejadas, é de 15 horas por dia (2 turnos de trabalho). O tempo takt calculado é:

Takt = 15 h / 10.000 litros = 900 min/10.000 litros = 0,09 min/litro ou takt = 90 min/1000 litros

Ou seja, a cada 90 minutos o cliente compra 1000 litros de produto que é o ritmo que deve nortear a produção. Utilizar este número diretamente como referência para a produção pode não ser prático e neste caso deve-se utilizar a imagem do tempo takt, o “pitch”, que é determinado pela multiplicação do tempo takt pela quantidade de produto na embalagem (ou lote).

Usando esta premissa, vamos calcular o “pitch” para cada etapa do processo, iniciando pelo envase. Neste caso o pallet é uma boa referência para a produção, portanto supondo que temos 1000 litros em um pallet, o próprio tempo takt pode ser utilizado como referência: **Takt = 90 min/pallet**. Isto significa que a cada 90 minutos o envase tem que liberar um pallet.

Outra possibilidade é utilizar o lote de fabricação, supondo que o lote de fabricação seja 2000 litros:

Pitch = 0,09 min/litro x 2000 litros = 180 min/lote

A cada 180 min a produção tem que liberar um lote (2000 litros).

No Teste (laboratório) são manuseadas amostras, geralmente associadas a um lote de fabricação (2000 litros), neste caso teríamos:

Pitch = 0,09 min/litro x 2000 litros = 180 min/lote = 180 min/amostra

No processamento e na pesagem, a referência utilizada é o lote de fabricação, cujo "pitch" determinado para este exemplo é de 180 min/lote.

As diferentes formas de imagem do takt, minutos por litro, lote, pallet, amostra, são artifícios para que o ritmo seja visível e permita um acompanhamento durante o dia de trabalho e não ao final do dia, como geralmente acontece. O mais importante é que o ritmo seja o mesmo para todo o processo de fabricação desde o inicio até o final.

Uma vez definido o tempo takt temos que passar a monitorar o ritmo da produção em relação a este tempo, e para isto utilizamos o quadro de status de produção (Figura 3). Ele permite um acompanhamento hora a hora da produção, expondo os problemas relacionados ao não atendimento ao ritmo do cliente.

O controle da produção, neste tipo de indústria, normalmente, ocorre na verificação do volume fabricado ao final do dia, semana ou mês. Este tipo de controle não permite uma ação imediata de correção, levando a grandes perdas durante o processo de fabricação. O controle horário da produção é um mecanismo fundamental para viabilizar a solução de um problema rapidamente, assegurando o resultado no final do dia.

Ao aplicar este tipo de controle é possível detectar a falta de estabilidade de um fluxo de valor, comum na indústria de processo, provocada pela instabilidade dos 4 M's (Mão-de-Obra, Material, Máquina e Método).

Quadro de Controle da Produção - Envase					
Data: 15/10	Takt = 90 min/pallet				
	Plan	∑ Plan	Real	∑ Real	Problema/ação
06:00 - 07:30	1	1	1	1	
07:30 - 09:00	1	2	1	2	
09:00 - 10:30	1	3	0	2	falta de MP
10:30 - 11:00	Almoço				
11:00 - 12:30	1	4	1	3	
12:30 - 14:00	1	5			
14:00 - 15:30	1	6			

Figura 3 – Quadro de controle da produção

Para analisar e resolver os problemas identificados pelo operador durante o turno de trabalho, foi criada uma cadeia de ajuda com o objetivo de tomar ações imediatas para estabilizar a produção. Vide artigo Cadeia de ajuda.

Ao analisar o mapa atual, tendo em mente a necessidade de aumento de capacidade, constatamos que a disponibilidade da etapa de processamento é pequena (70%). Para aumentar esta disponibilidade até 85%, é necessário coletar dados de paradas durante um mês de trabalho, elaborar um Pareto das paradas, aplicar os 5 porquês para a identificação das causas de cada parada importante, implementação de contramedidas e realização das manutenções preventivas para evitar que as paradas voltem a ocorrer.

Outro fator que afeta a capacidade é o longo tempo de setup. Com o objetivo de reduzir o tempo de setup, o time de implementação projetou a realização de um kaizen na etapa de processamento, com a meta de redução do tempo de setup de 8 para 2,5 horas. Para atingir estes resultados foram seguidas as seguintes etapas:

a) **Identificação das atividades internas e externas**. Atividades internas são aquelas que só podem ser realizadas quando o equipamento estiver parado e as externas são aquelas que podem ser realizadas com o equipamento funcionando;

b) **Separação das atividades internas das externas**, visando a realização das externas antes da parada do equipamento;

c) **Redução dos tempos das atividades internas** através da preparação de dispositivos e melhorias de processo;

d) **Redução dos tempos das atividades externas** através da aplicação de 5 S, aproximação das ferramentas ao local de uso, identificação das ferramentas, etc;

e) **Padronização do setup e treinamento**.

Vale lembrar que o objetivo de reduzir o tempo de setup não é apenas para aumentar a capacidade, mas principalmente viabilizar a realização de mais setups, com menores tempos, para reduzir o tamanho do lote de fabricação, determinando o novo TPTI (Todo Produto Todo Intervalo), como por exemplo Todo Produto Toda Semana (lotes semanais).

4.2. Melhorando a entrega através do sistema puxado

Ao analisar o desempenho do processo em relação à entrega (70% de performance de entrega), com o nível elevado de estoque existente, imaginava-se que a entrega tivesse um desempenho melhor, porém isto não ocorria. Apesar de ter grandes estoques, a empresa tinha um estoque desbalanceado com produtos que não estavam sendo demandados pelo cliente. Com o objetivo de melhorar a entrega, sem aumentar os estoques a empresa decidiu implementar o Sistema Puxado.

Implementar o sistema puxado é uma mudança sistêmica, em que a lógica de planejamento sai de um sistema empurrado, no qual a produção é planejada com base em uma previsão, para um planejamento com base na demanda real (puxada do cliente).

Nas indústrias de processo, o planejamento com base em previsão ocorre com freqüência, gerando grandes quantidades de estoques de produto acabado. A implementação do sistema puxado segue os mesmos moldes de uma manufatura de peças: deve-se considerar o lead time de reposição, tempos de setup, quebras de máquina, variação de demanda e freqüência de consumo para determinar o tamanho do supermercado. O supermercado é composto por 3 elementos (estoques de ciclo, pulmão e segurança). (Ver o manual do LIB “Sistema Puxado Nivelado” de Art Smaley).

Ao dimensionar o sistema é fundamental identificar quais produtos serão produzidos via sistemática de kanban, geralmente os de consumo mais freqüente, e quais produtos serão MTO (Make to Order), de menor freqüência de consumo. Com base nesta definição deve se planejar a utilização dos equipamentos de forma que permitam produzir os produtos MTO e para kanban, dentro do nivelamento pré-definido, se possível todos os dias, de forma a evitar a falta de produtos para entrega.

Outro ponto importante ao se dimensionar o sistema puxado é que, para alguns produtos de baixa demanda, o lote mínimo imposto pelo equipamento pode ser muito grande, representando meses de consumo daquele produto. Neste caso, são úteis estratégias de se criar famílias de produtos à parte, com equipamentos menores (Misturadores, Dornas, etc) para estes produtos, permitindo assim, a produção de lotes menores.

No exemplo, a empresa decidiu implementar a sistemática de puxada para os produtos acabados e para a matéria-prima. Do ponto de vista da puxada de produtos acabados, a empresa trabalhou muito forte para a redução do tempo de setup, conforme descrito anteriormente, pois o objetivo de reduzir o estoque de 70 para 20 dias exigiria que a fábrica reduzisse seus tempos de setup em até 3 vezes, ou seja de 8 horas para 2,5 horas.

Esta estratégia de redução de setup permitiu que a campanha de produção fosse reduzida de 60 dias para 20 dias, o que significa produzir todo o ciclo de produtos em 20 dias (TPTI – Todo Produto todo Intervalo). Outro fator importante foi a padronização dos lotes de fabricação, ajustados de acordo com a demanda, que gerou estabilidade para a produção, pois os lotes não mudavam de tamanho permitindo padronizar o trabalho do operador.

No caso das matérias-primas, a iniciativa projetada no estado futuro foi a implementação da sistemática de puxada com um fornecedor piloto, onde se estabeleceu um ponto de disparo no estoque de matéria-prima que aciona o reabastecimento do fornecedor. Para iniciar a puxada decidiram adotar uma estratégia conservadora de manter 30 dias de estoque máximo até a estabilização do sistema.

4.3. Programando o processo puxador

A programação da produção deve ser realizada no processo puxador. Normalmente em indústrias de processo, o processo puxador é a primeira etapa do processo, a pesagem.

A grande dificuldade é que a pesagem é uma área compartilhada que atende várias famílias de produto, o que faz com que a programação seja alterada através de constantes interferências vindas de vários processos produtivos.

Neste caso é necessário criar um mecanismo que inviabilize alterações na programação, como por exemplo o estabelecimento do takt da pesagem. Com base no takt de cada família de produto atendida pela pesagem podemos definir o número total de lotes necessários por dia, que é a demanda total da pesagem. Desta forma, podemos dimensionar o tempo takt da pesagem e criar limites de lotes por dia ou por turno para cada família de produtos.

Com estes limites estabelecidos, o planejamento define quais lotes devem ser pesados e qual a seqüência para cada família de produto. A pesagem fornecerá o material de acordo com o ritmo takt de cada família de produtos sem excesso, pois o FIFO irá limitar os lotes a serem fabricados. Se o FIFO estiver cheio, a pesagem pára de separar material até que a etapa seguinte puxe o próximo lote, permitindo a colocação de um novo lote no FIFO.

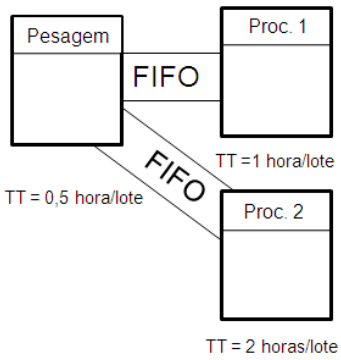

Figura 4 – Exemplo de FIFO entre pesagem e outras áreas

Assegurar a seqüência ao longo do processo é fundamental para garantir a reposição do produto no supermercado no tempo previsto sem atrasos. É necessário criar um mecanismo que permita o controle do produto ao longo do processo de forma que não haja espera.

No exemplo em questão, o produto é transferido de uma etapa para a outra através de equipamentos móveis. Do ponto de vista de fluxo, o ideal seria que uma etapa estivesse ao lado da outra, facilitando a transferência do produto de uma etapa à outra de forma unitária (lote) evitando movimentação e espera. Porém, no exemplo, as áreas trabalhavam em lote, a pesagem pesava vários lotes e enviava para a etapa seguinte. O controle de qualidade, para otimizar seu trabalho preparava várias amostras de uma só vez e em seguida liberava um lote de amostras.

Para estabelecer ritmo unitário entre as áreas, foram criados FIFOs com a quantidade máxima definida. O processo fornecedor não pode produzir se o FIFO estiver cheio, evitando geração de estoques entre as etapas. Quando o processo cliente retira um lote do FIFO, de acordo com o takt, o processo fornecedor tem que fazer um lote, assegurando assim o ritmo.

Na inviabilidade de mudança no layout optou-se, pela criação de FIFO entre as etapas do processo, possibilitando a conexão entre as mesmas (Figura 4). O FIFO é um mecanismo que assegura fisicamente que não haja mudança na seqüência de fabricação entre as etapas de processo, de forma visual. Este mecanismo possibilita um controle do lead time do processo.

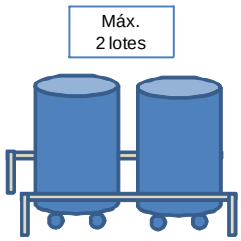

Figura 5 – Exemplo de FIFO físico

Outro ponto que devemos aplicar o conceito de FIFO é no controle de qualidade, com o foco na redução do tempo de teste, ponto critico para o processo de fabricação, além do FIFO pode se aplicar o conceito de célula, melhorar os processos administrativos através da identificação de desperdícios através do mapeamento administrativo.

Como resultado das discussões acima o primeiro estado futuro foi desenhado conforme a Figura 6. Outras oportunidades de melhoria podem ser identificadas no mapa de fluxo de valor, porém para a necessidade

da empresa, os pontos discutidos até aqui eram cruciais para atingir os resultados em termos de capacidade e entrega.

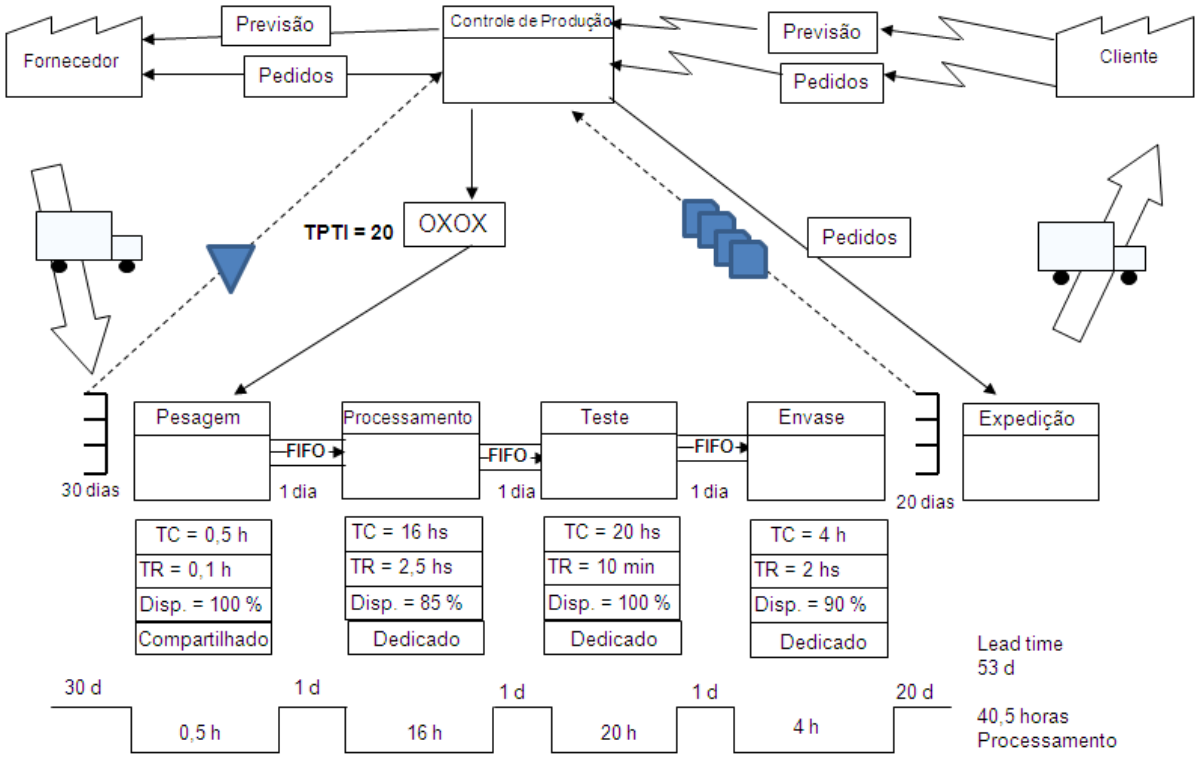

Figura 6 – Estado futuro típico da indústria de processo

4.4. Resultados

No exemplo apresentado os resultados atingidos após a implementação das ações foram os seguintes:

Indicador	Antes	Depois	% melhoria
Estoque de PA (dias)	70	20	71
Estoque de MP (dias)	50	30	40
Entrega (%)	70	90	28
Tempo de setup (horas)	8	2,5	69
Capacidade	_	_	20

Os resultados na implementação são muito similares às indústrias convencionais e as etapas iniciais apresentadas aqui são apenas o começo da jornada, tipicamente de 9 meses a um ano de trabalho.

5. Conclusão

A implementação dos conceitos lean na indústria de processo foi mostrada a partir de um exemplo que ressalta as características e as situações típicas desta industria. A mudança mais significativa do ponto de vista da indústria de processo está relacionada ao estabelecimento do ritmo através do tempo takt, elemento pouco utilizado nas empresas, que possibilita uma melhor utilização dos recursos.

A aplicação do conceito de produção puxada é também uma mudança radical na maneira como a empresa faz o planejamento e programação da produção, que exige disciplina e persistência para sua implementação.

Há também alguns paradigmas típicos na indústria de processo que precisam ser quebrados, tais como: os longos tempo de preparação, as longas campanha de produção e o sistema empurrado.

Os próximos passos devem estar ligados a redução do TPTI, através da redução dos tempos de setup, implementação de mecanismos de solução de problemas e do trabalho padronizado e a redução dos tempos de processo, em especial naqueles ligados à área de controle de qualidade.

* Gerente de Projetos do LIB e Coordenador de Aprendizagem. Mestre em Eng de Produção- Poli-USP.