

# Produção Enxuta: MFV

(Mapeamento do Fluxo de Valor)

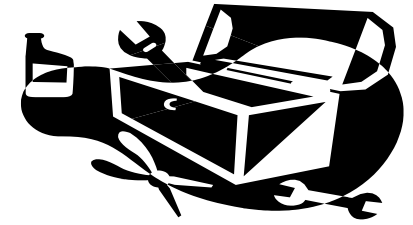
Depto. de Engenharia de Produção

Escola Politécnica da USP

*Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake*

**2023**

# Técnicas e ferramentas para a implantação de Sistemas de Produção Enxuta



- ▶ Mapeamento do Fluxo de Valor
- ▶ 5S
- ▶ Sistema JIT/*Kanban* para produção puxada
- ▶ Nivelamento da Produção (*Heijunka*)
- ▶ *Setup* Rápido
- ▶ Gerenciamento Visual/Sistema *Andon*
- ▶ Manutenção Autônoma



# Diagnóstico da eficiência de um dado sistema de produção

Nos *slides* seguintes serão apresentados dados descritivos detalhados do atual sistema de produtivo de uma dada empresa.

Pergunta-se:

- A partir da leitura e análise dos dados fornecidos textualmente, você seria capaz de rapidamente fazer um diagnóstico global da eficiência (ou da ineficiência) com que a fábrica descrita opera?



# Dados para construção de um Mapa do Fluxo de Valor

## Dados para construção do mapa do fluxo de valor atual da Ind. Tabajara

A Ind. Tabajara é um fabricante de componentes para diversas empresas do setor metalmeccânico e automobilístico. O fluxo de valor analisado neste exemplo refere-se a um produto P que é fabricado em duas versões, P1 e P2, num mesmo sistema de produção. O principal cliente destes produtos é a Ind. Mec. XPTO.

### Processos de Produção:

- Os processos da Ind. Tabajara para estes produtos envolvem a estampagem de peças de metal seguida de solda e subsequente montagem. Os produtos fabricados são estocados e despachados diariamente para a planta da Ind. Mec. XPTO.
- Os tempos de ciclo para fabricação de P1 e P2 são iguais em todas as etapas
- A troca de produtos entre P1 e P2 requer execução de setup na estamparia e nas estações de soldagem
- Bobinas de aço são fornecidas pela Aços Pindaíba e são entregues à Ind. Tabajara nas terças e quintas-feiras

### Dados da demanda da Ind. Mec. XPTO:

- Quantidade: 18400 unidades/mês, dos quais 12000 unidades/mês do P1 e 6400 unidades/mês do P2
- Operação em 2 turnos
- Uma entrega/dia para a planta da Ind. Mec. XPTO por caminhão

# Dados para construção de um Mapa do Fluxo de Valor

## Dados para construção do mapa do fluxo de valor atual da Ind. Tabajara (Cont.)

### Disponibilidade de tempo de trabalho:

- A planta da Ind. Tabajara opera 20 dias/mês, em 2 turnos, em todos os departamentos de produção
- Cada turno é de 8 horas, com acréscimo de horas-extras se necessário. A gerência concede 2 intervalos de descanso de 10 minutos durante cada turno. O tempo de parada para refeição não está incluso no tempo de turno.

### Departamento de Planejamento e Controle da Produção da Ind. Tabajara:

- Recebe projeções de 90/60/30 dias da Ind. Mec. XPTO e alimenta o sistema MRP
- Emite previsão de compras da Ind. Tabajara de 6 semanas para a Aços Pindaíba via MRP
- Adquire as bobinas de aço da Aços Pindaíba com pedidos semanais por fax
- Recebe pedidos firmes diariamente da Ind. Mec. XPTO
- Gera as necessidades departamentais baseadas no sistema MRP semanalmente a partir dos dados de: demandas dos clientes; níveis de estoque de produtos em processo (WIP) e de produtos acabados; estimativas de tempo morto (paradas por quebra, ajuste, setup) e percentagem defeituosa.
- Emite ordens de produção em programações semanais para os processos de estampagem, solda, montagem.
- Emite programação diária de expedição para o departamento de expedição

# Dados para construção de um Mapa do Fluxo de Valor

## Dados para construção do mapa do fluxo de valor atual da Ind. Tabajara (Cont.)

### Sistema de produção:

O fluxo de produção atual dos produtos P1 e P2 é dividido em 5 etapas na seguinte sequência: 1 – Estamparia, 2 – Estação de solda a ponto I, 3 – Estação de solda a ponto II, 4 – Bancada de montagem A, 5 – Bancada de montagem B. As informações fundamentais de cada etapa são dadas a seguir.

### 1 – Estamparia

Prensa automática de 200 ton com alimentação automática

Tempo de ciclo: 1 segundo/unidade (60 unidades/minuto), Tempo de troca: 1 hora (da última peça do lote anterior até a primeira peça boa do lote seguinte), Uptime: 85%

Estoque observado: Bobinas de aço suficientes para 2 semanas de produção, 4600 unidades de peças estampadas para P1, 2400 unidades de peças estampadas para P2

### 2 – Estação de solda a ponto I

Processo manual com 1 operador

Tempo de ciclo: 39 segundos/unidade, Tempo de troca: 10 minutos (troca do dispositivo de apoio), Uptime: 100%

Estoque observado: 1100 unidades de peças em processo para P1, 600 unidades de peças em processo para P2

# Dados para construção de um Mapa do Fluxo de Valor

## Dados para construção do mapa do fluxo de valor atual da Ind. Tabajara (Cont.)

### 3 – Estação de solda a ponto II

Processo manual com 1 operador

Tempo de ciclo: 46 segundos/unidade, Tempo de troca: 10 minutos (troca do dispositivo de apoio), Uptime: 80%

Estoque observado: 1600 unidades de peças em processo para P1, 850 unidades de peças em processo para P2

### 4 – Bancada de montagem A

Processo manual com 1 operador

Tempo de ciclo: 62 segundos/unidade, Tempo de troca: nenhum (desprezível), Uptime: 100%

Estoque observado: 1200 unidades de peças em processo para P1, 640 unidades de peças em processo para P2

### 5 – Bancada de montagem B

Processo manual com 1 operador

Tempo de ciclo: 40 segundos/unidade, Tempo de troca: nenhum (desprezível), Uptime: 100%

Estoque observado: 2700 unidades de peças em processo para P1, 1440 unidades de peças em processo para P2

### 6 – Departamento de Expedição

Separação de produtos acabados no Depósito de Produtos Acabados para carregamento do caminhão de entrega ao cliente.

# Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)

Descrição e análise de um sistema produtivo por meio do Mapa do Fluxo de Valor. Trata-se de:

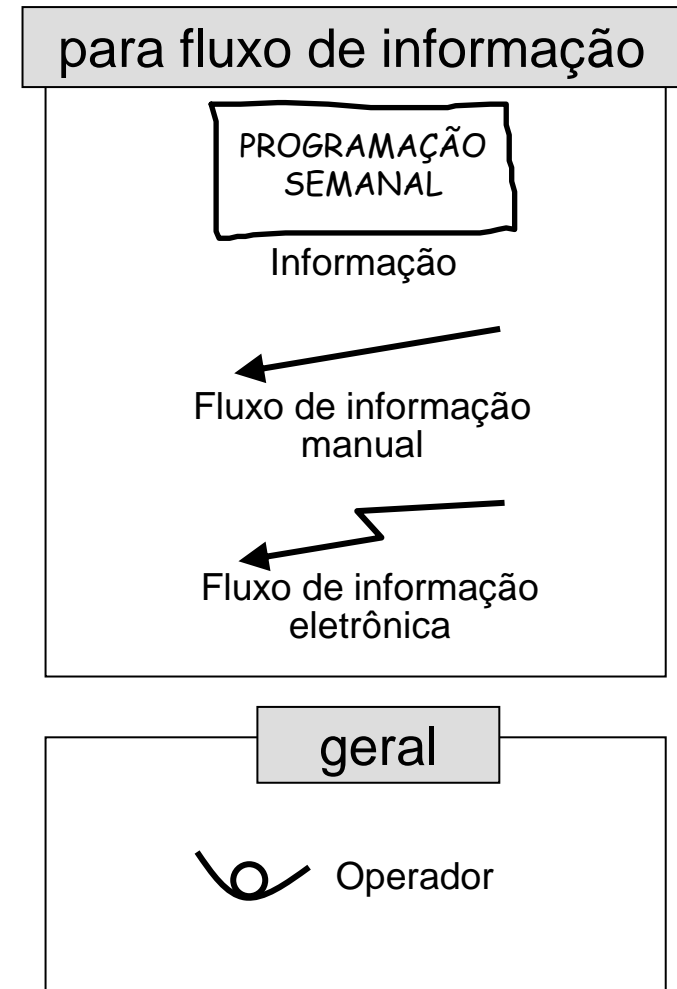
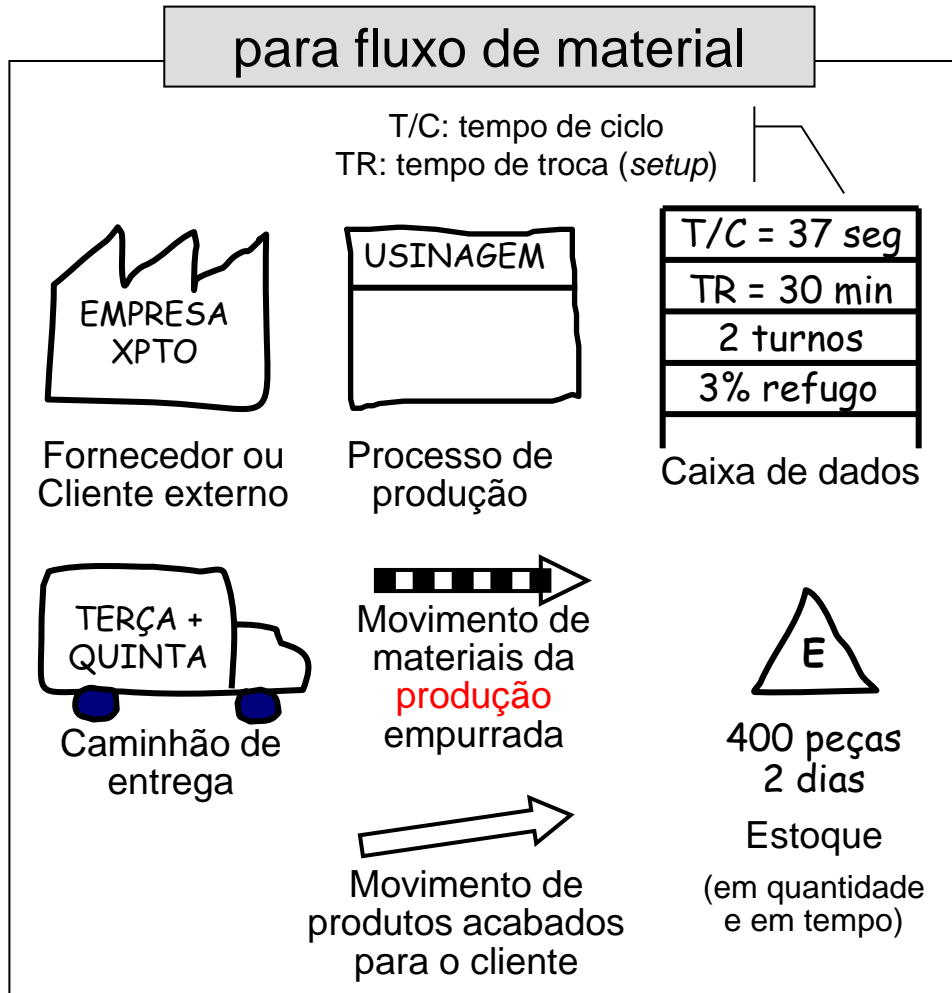
- ✓ Uma ferramenta simples e visual que fornece uma linguagem comum às diferentes áreas de uma empresa para a discussão de pontos de melhorias,
- ✓ Descreve o estado atual indicando como o fluxo de produção avança (evidenciando onde não há fluxo) e como o *lead-time* de produção se divide em tempos com e sem agregação de valor,
- ✓ Ajuda a projetar um estado futuro ideal (indicando onde é possível criar fluxo e estabelecer o sistema puxado),
- ✓ Registra tanto o fluxo físico de materiais como o fluxo de informação para o planejamento da produção,
- ✓ Facilita a identificação de desperdícios e aponta oportunidades para melhoria do fluxo por meio de projetos *Kaizen*.





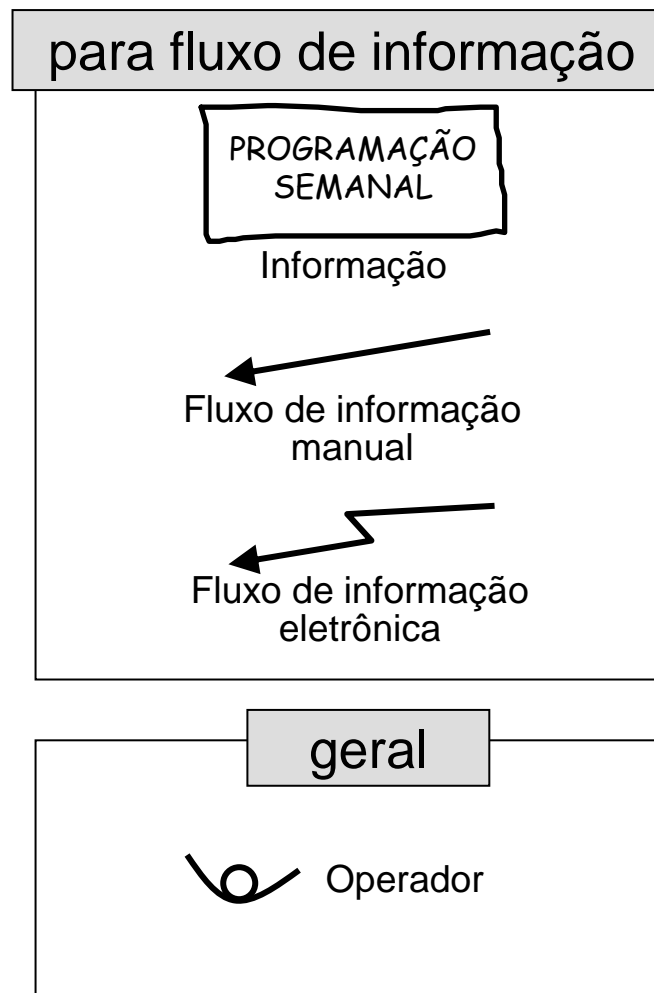
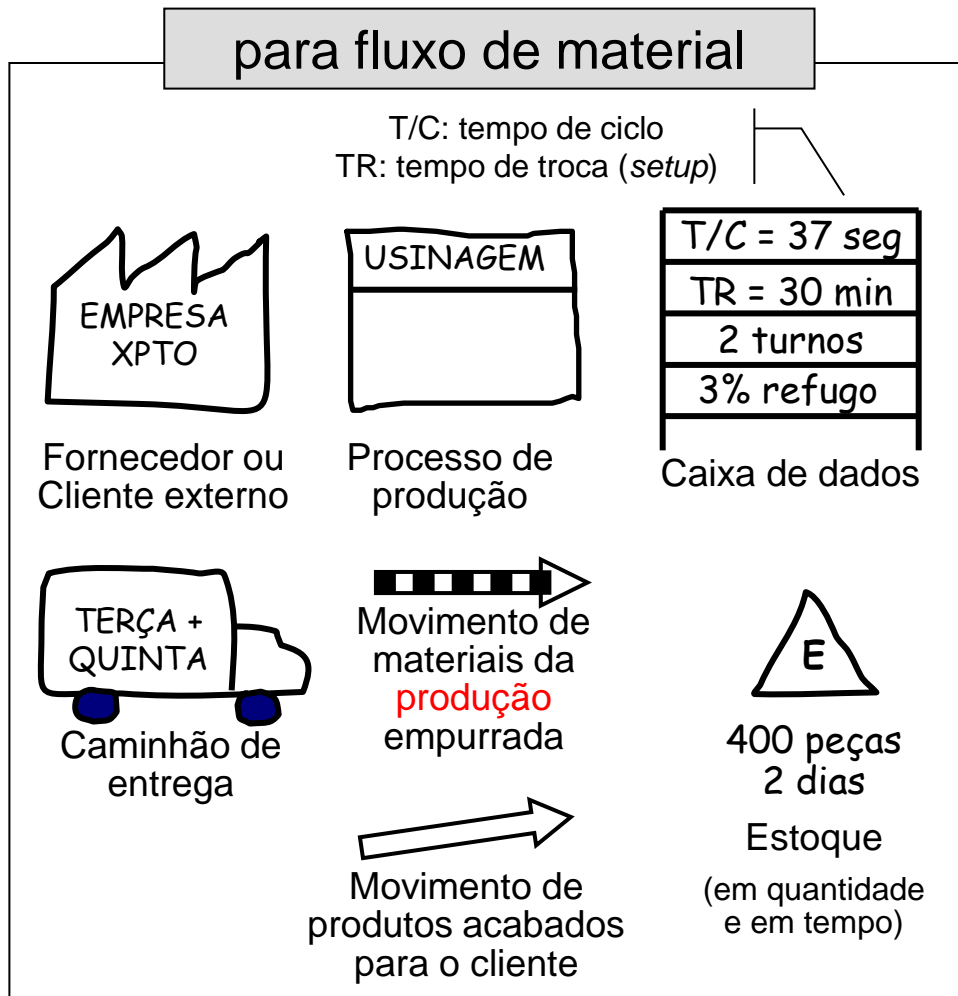
# Mapeamento do Fluxo de Valor

Convenção gráfica: ícones comumente utilizados para representação do Estado Atual

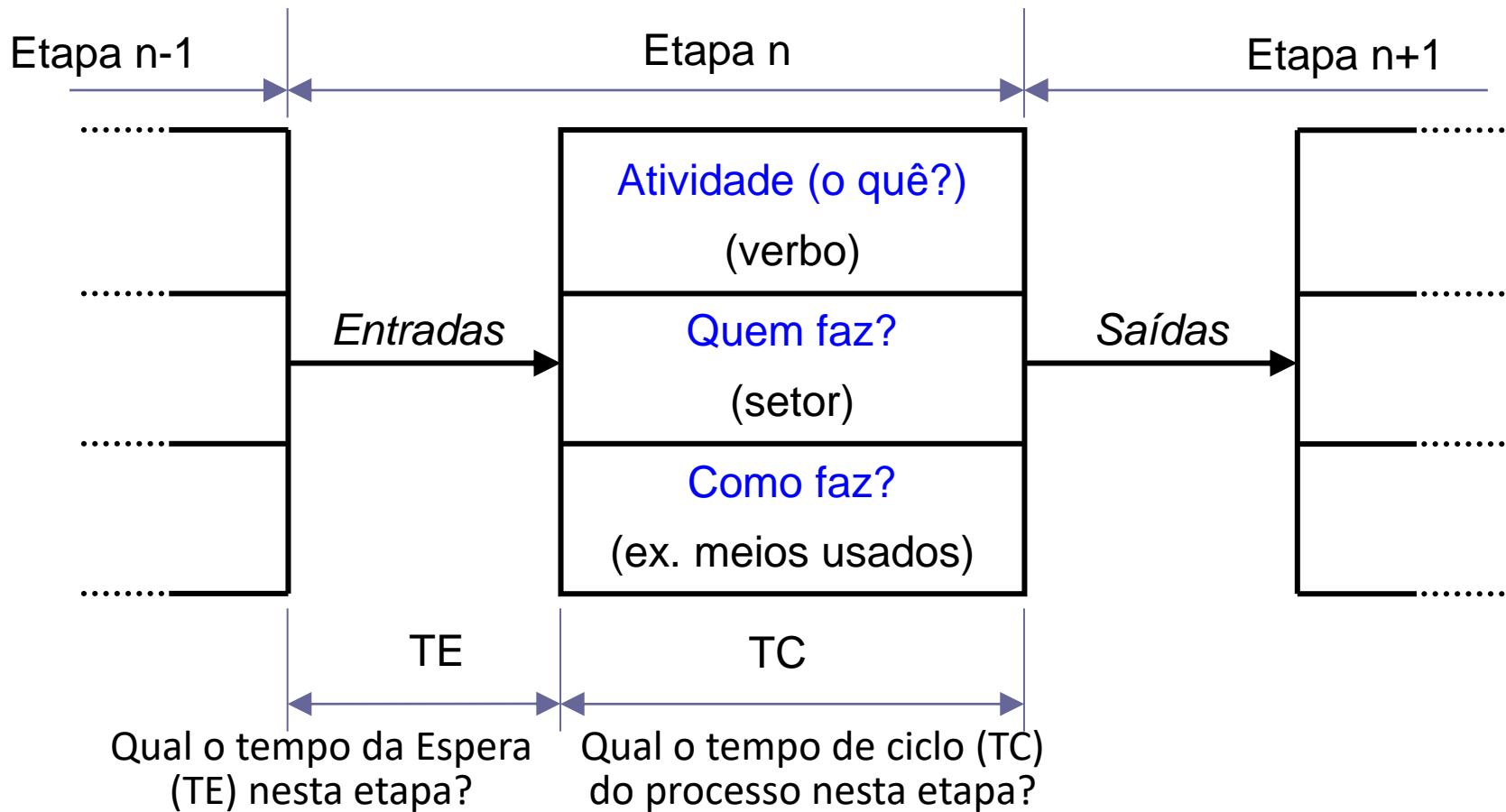


# Mapeamento do Fluxo de Valor

Convenção gráfica: ícones comumente utilizados para representação do Estado Atual



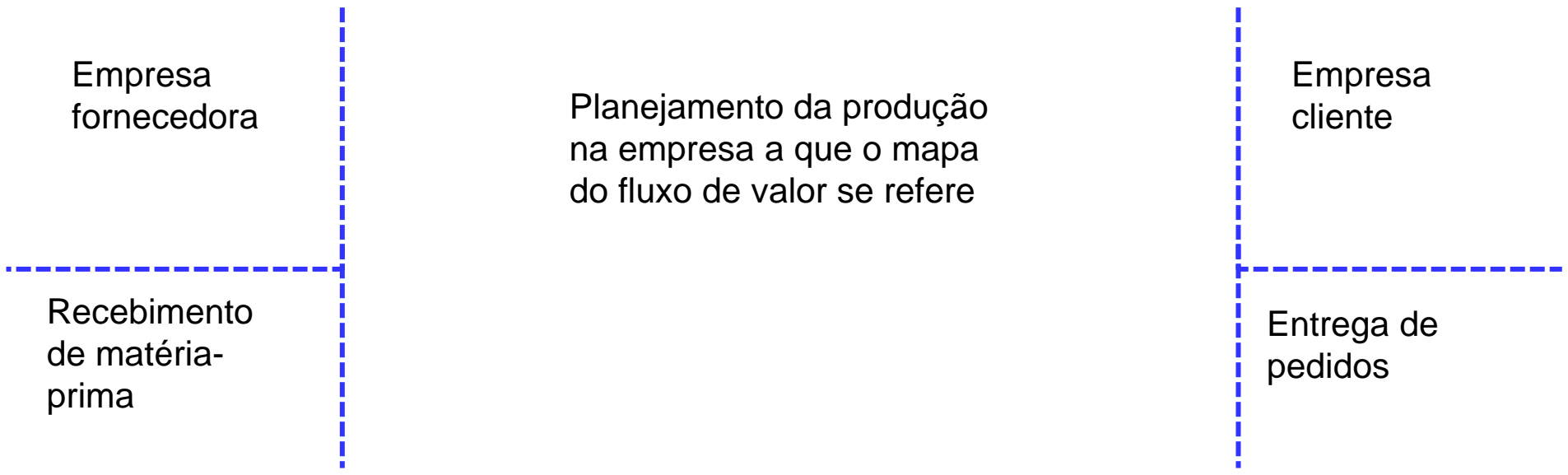
# Dados requeridos para o Mapeamento das atividades que compõem o fluxo de valor



**Não Agrega Valor**

**Agrega Valor**

# Organização de um Mapa do Fluxo de Valor



Etapas do fluxo do processo de manufatura na empresa objeto de estudo

Caixas de dados descritivos para cada etapa de processo

Ex. TC – tempo de ciclo de operações repetitivas, T/R – tempo de troca (*setup* para mudança de produto), *uptime* – índice de disponibilidade do recurso.

Linhas de tempo para *lead-time* total e tempo de agregação de valor

# Exemplo de construção de um Mapa do Fluxo de Valor

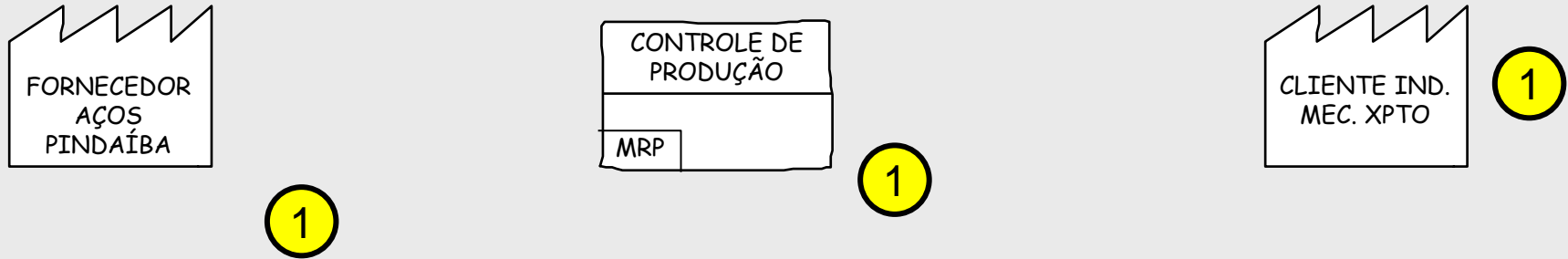


Retomando o caso do sistema de produção atual da Ind. Tabajara, nos *slides* seguintes será apresentado um exemplo de construção passo a passo de um Mapa do Fluxo de Valor para representá-lo graficamente, considerando os dados anteriormente apresentados na forma de texto.

# Passos para a Construção do Mapa do Fluxo de Valor

0. A realização do mapeamento deve ser planejada com o gestor do processo a ser estudado. Preparar-se para o mapeamento obtendo uma prancheta, folhas em branco, lápis e borracha. Definir uma pessoa da equipe para desenhar o mapa e os demais deverão colaborar no levantamento de dados.
1. Desenhar os ícones de agentes externos (cliente do produto e fornecedor de insumo) e do controle de produção.

# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara



# Passos (continuação)

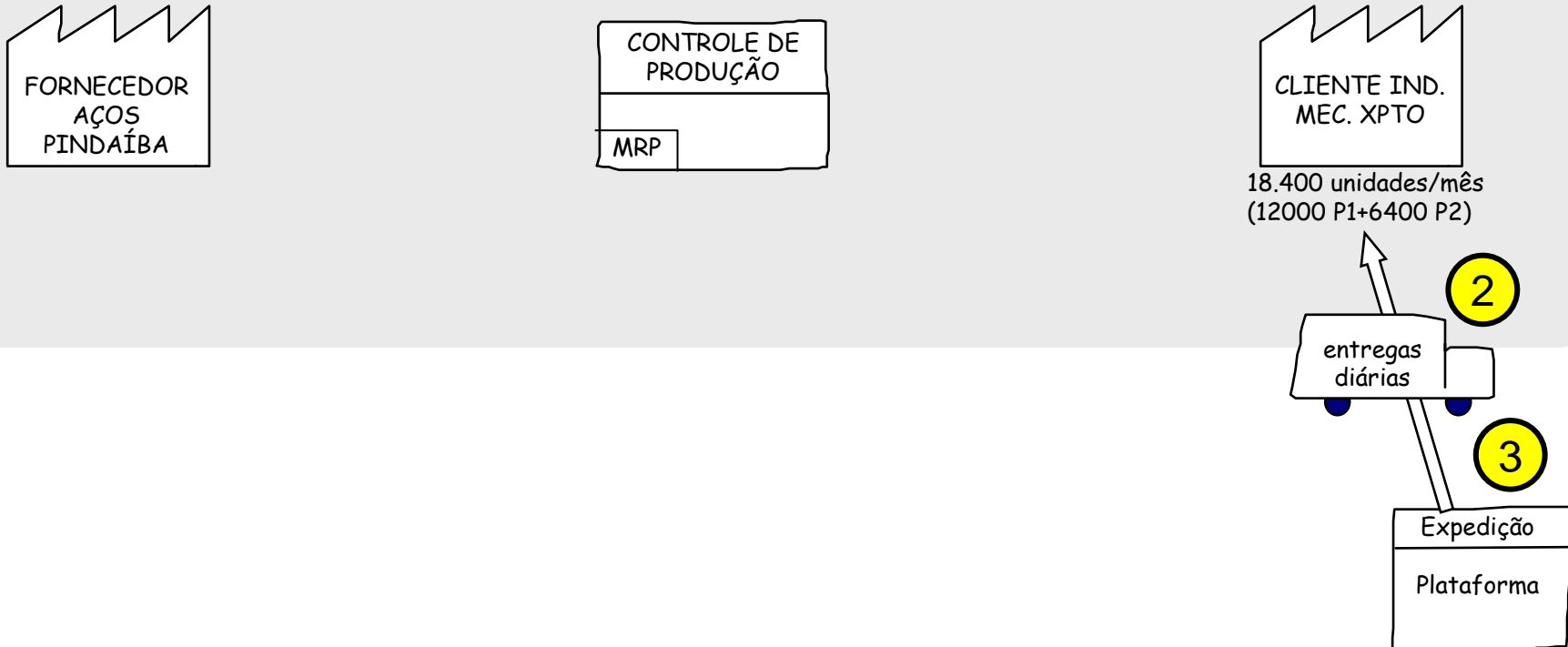
2. Levantar e registrar as necessidades do cliente (quantidade por mês, por dia).
3. Desenhar o ícone da expedição e um caminhão com a frequência de entregas.

Iniciar o mapeamento pela etapa de Expedição na jusante do fluxo (*downstream*) e avançar à montante (*upstream*). Deste modo, ao partir das etapas mais diretamente conectadas ao(s) cliente(s), torna-se possível conhecer mais claramente e objetivamente a demanda do mercado a ser atendido desde o início.





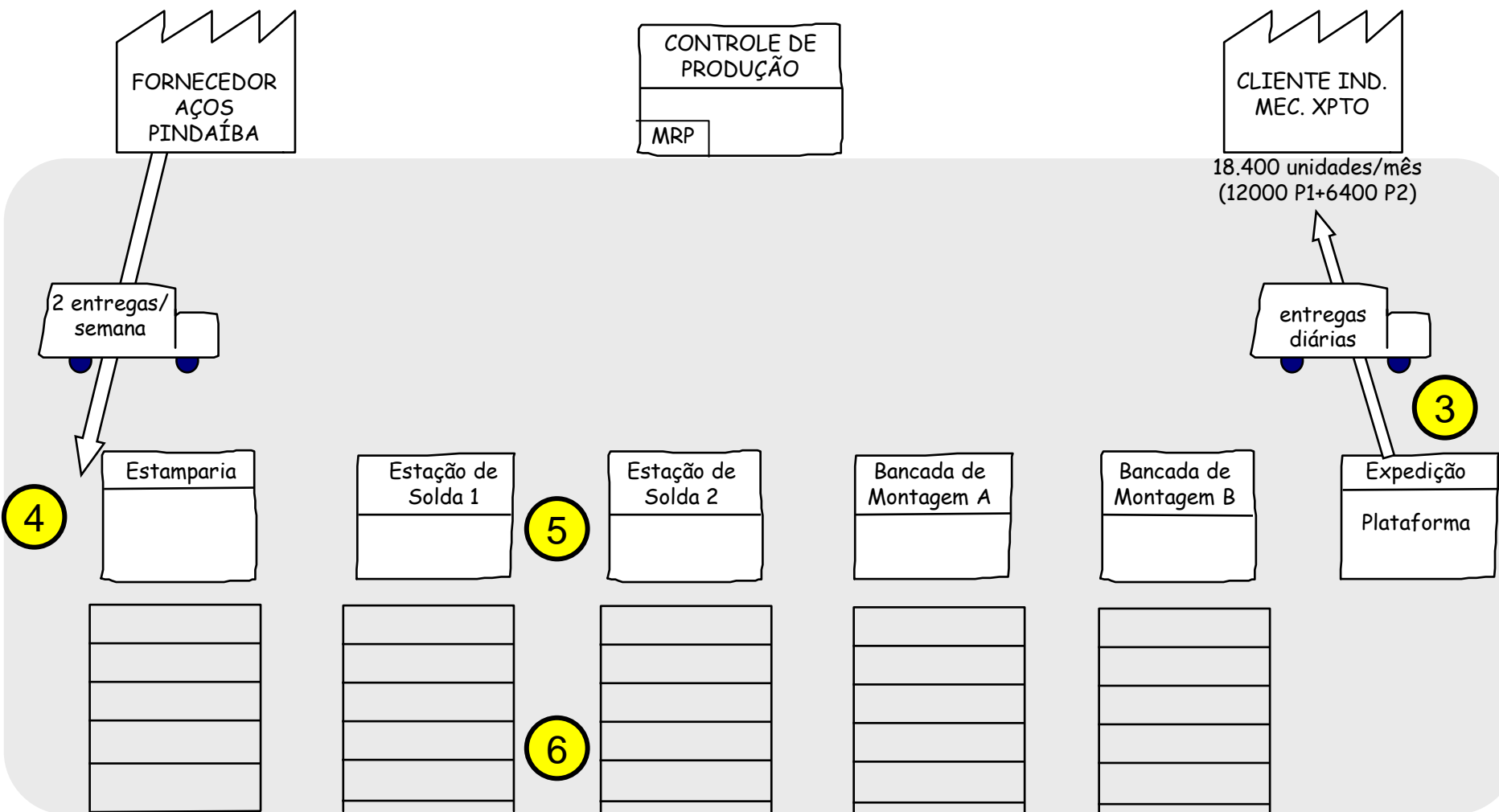
# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara



# Passos (continuação)

4. Desenhar o ícone do recebimento e um caminho com a frequência de recebimento.
5. Adicionar caixas do processo de produção, de modo que as etapas iniciais fiquem à esquerda e as finais à direita.
6. Adicionar caixas de dados das etapas de produção.

# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara

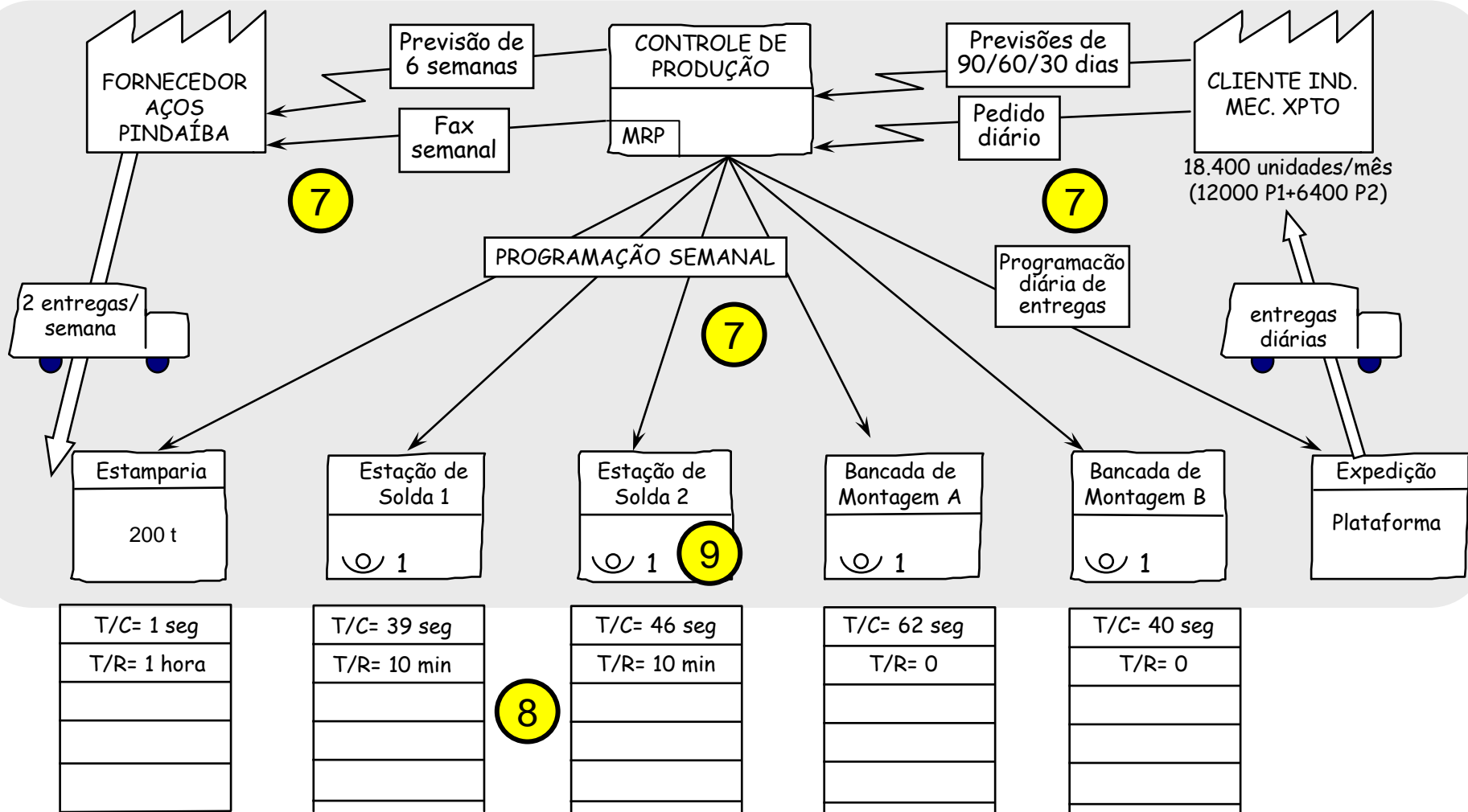


Fonte: Adaptado de Mike Rother e John Shook, "Aprendendo a Enxergar", Lean Institute Brasil, São Paulo, 1998.

# Passos (continuação)

7. Adicionar as setas de comunicação, tipos de documentos e frequência.
8. Obter informações sobre o processo e adicioná-las às caixas. Obter dados sobre tempos e quantidade de material diretamente!
9. Adicionar ícones dos operadores e quantidades.

# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara

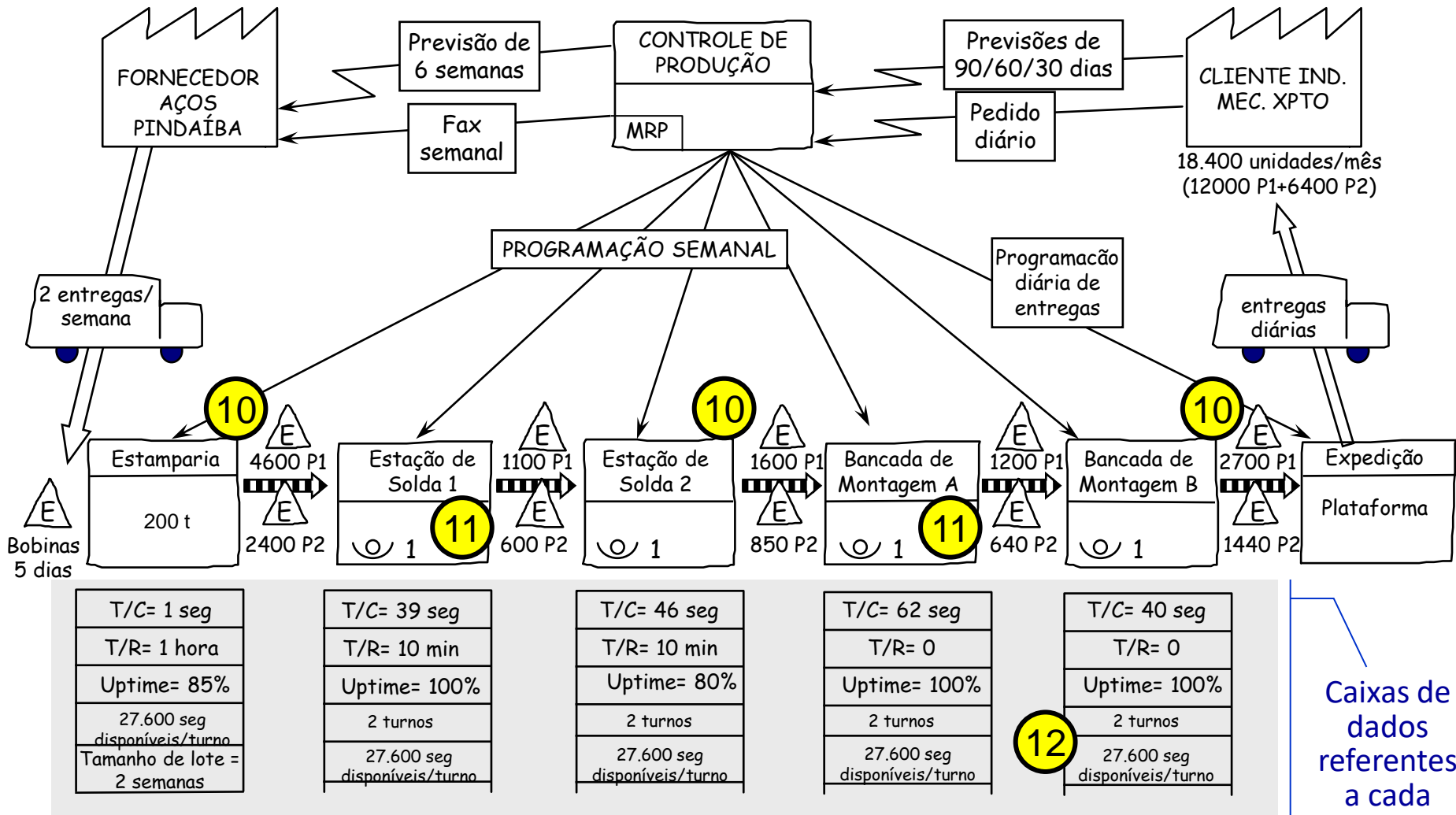


Fonte: Adaptado de Mike Rother e John Shook, "Aprendendo a Enxergar", Lean Institute Brasil, São Paulo, 1998.

# Passos (continuação)

10. Adicionar localização dos estoques e respectivos níveis
11. Adicionar ícones de produção empurrada ou puxada.
12. Adicionar outras informações úteis (ex. horas de trabalho disponíveis)

# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara



Obs. Disponibilidade por turno = (8h x 60min) – 2 x 10min = 460min = 27600seg

Fonte: Adaptado de Mike Rother e John Shook, "Aprendendo a Enxergar", Lean Institute Brasil, São Paulo, 1998.

Caixas de dados referentes a cada etapa de processo

# Identificação de estoques de material onde não ocorre agregação de valor

Estoque de Matéria Prima / Insumos



Fonte: <https://pixabay.com/pt/photos/planta-de-concreto-planta-de-cascalho-1320200/>

WIP em trânsito entre operações sucessivas



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=rU9SvrceMz4>

WIP na entrada/saída de processos de transformação



Fonte: <https://www.steckermachine.com/blog/robotics-in-manufacturing>

Estoque de Produto Acabado



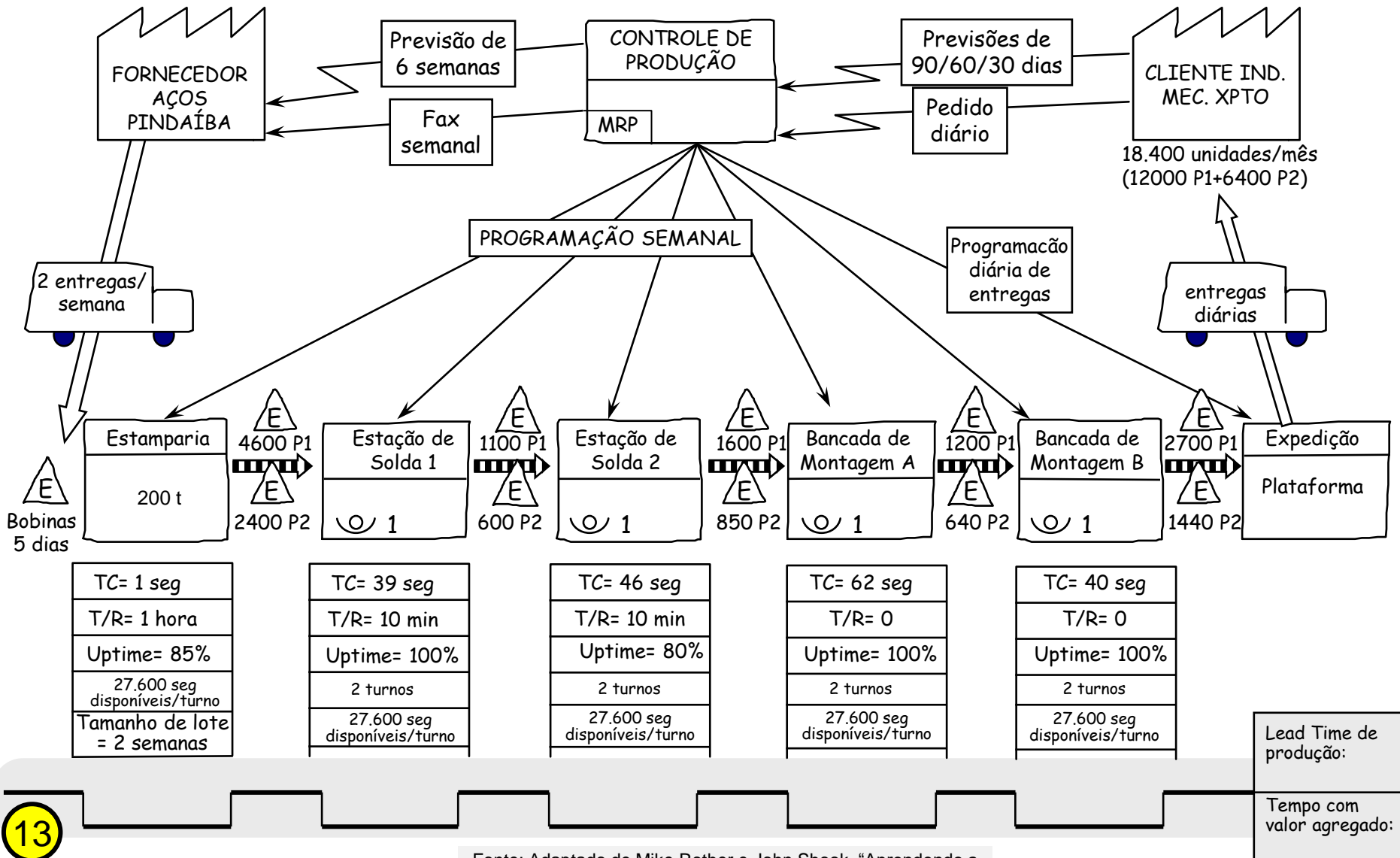
Fonte: <https://www.pacmoore.com/blog/inventory-accuracy/>



# Passos (continuação)

13. Inserir uma régua de tempo na base do mapa, indicando que o *Lead Time* (LT) do fluxo de produção mapeado é composto do
  - somatório dos tempos de fluxo em que há agregação de valore do
  - somatório dos intervalos de tempo em que não há agregação de valor.

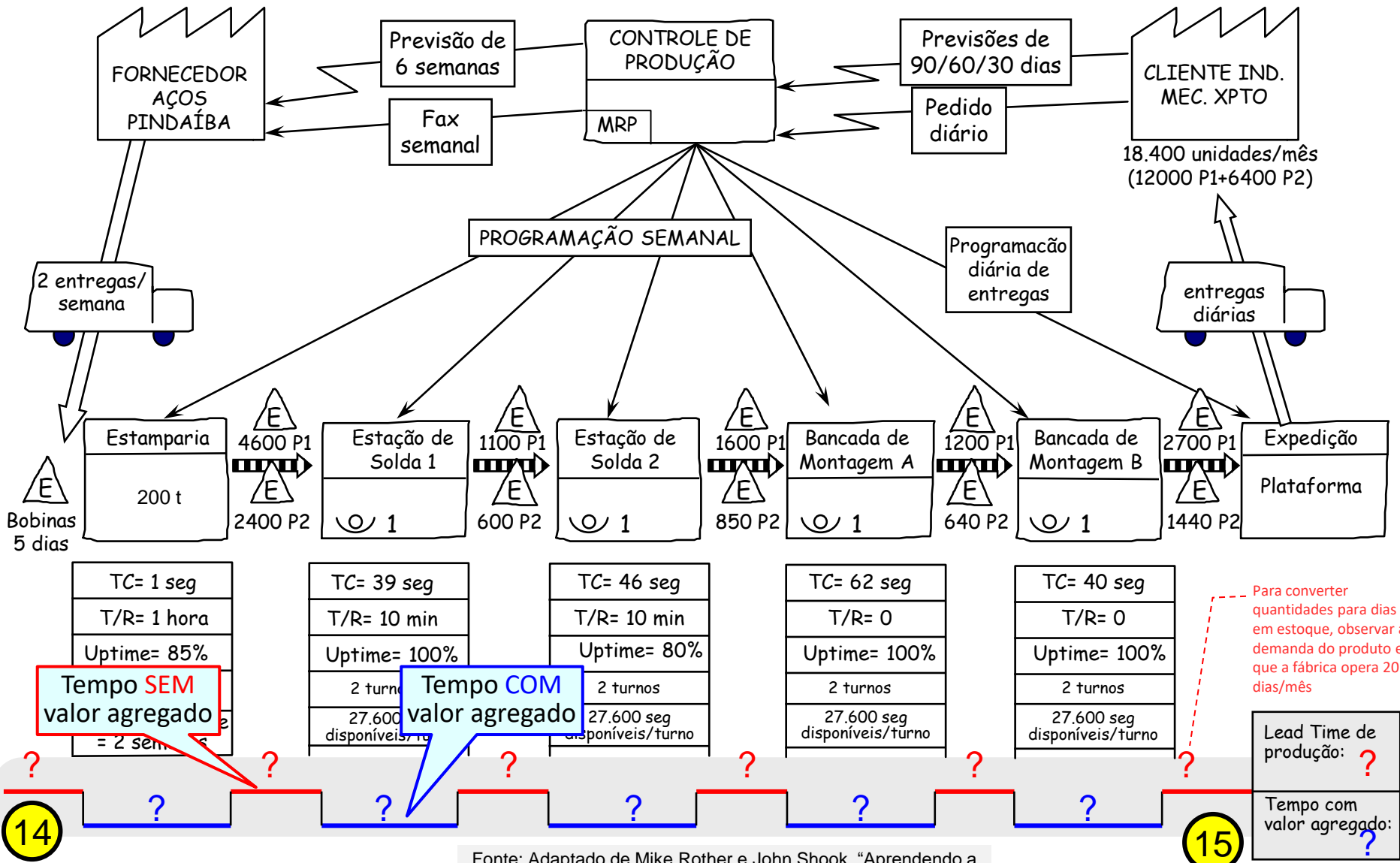
# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara



# Passos (continuação)

14. Preencher a régua de tempo na base do mapa com os Tempos de Ciclo (TC) de cada operação (**com** valor agregado) e Tempos de Espera dos materiais (**sem** agregação de valor) convertendo as quantidades em estoque em dias de consumo equivalentes.
15. Calcular o Total do Tempos de Ciclo e estimar o *Lead Time* (LT) de produção.

# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara



Para converter quantidades para dias em estoque, observar a demanda do produto e que a fábrica opera 20 dias/mês

Fonte: Adaptado de Mike Rother e John Shook, "Aprendendo a Enxergar", Lean Institute Brasil, São Paulo, 1998.

# EXERCÍCIO: Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara

## Preenchimento da régua de tempos

a) Estimação do tempo de espera (sem valor agregado) do material entre etapas de processo a partir dos dados de estoque intermediário de um dado produto (Ex. p/ P1)

<b>Demanda mensal (unidades/mês):</b>		<b>Dias de produção (dias/mês):</b>		<b>Taxa média de consumo diário (unidades/dia):</b>	
---------------------------------------	--	-------------------------------------	--	---	--

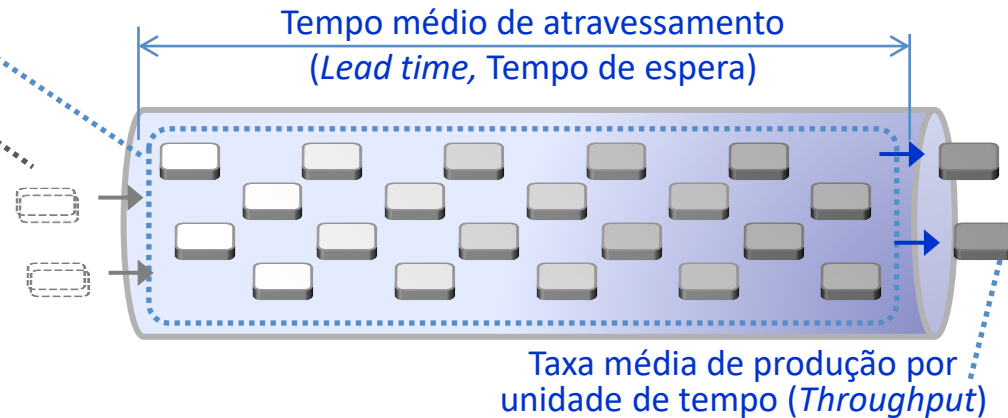
<b>Posição de estocagem</b>	<b>Quantidade de WIP (unidades)</b>	<b>Dias em estoque (tempo de espera)</b>
Entre Estamparia e Solda 1		
Entre Solda 1 e Solda 2		
Entre Solda 2 e Montagem A		
Entre Montagem A e Montagem B		
Entre Montagem B e Expedição		

b) Por convenção, o tempo com valor agregado em cada etapa de processo é estimado pelo seu tempo de ciclo (TC).

# A Lei de Little e suas aplicações

Quantidade média de produtos acumulados dentro do sistema  
(*Work in progress - WIP*)

Taxa média de chegadas por unidade de tempo ( $\lambda$ )



Segundo Dr. John D.C. Little (MIT), as 3 variáveis identificadas ao lado, num “sistema de fila” **estável**, se relacionam como indicam as seguintes equações:

Equação para estimação do **Lead Time** no sistema:

$$\text{Lead Time médio} = \frac{\text{Estoque em Processo médio}}{\text{Taxa de Produção média}}$$

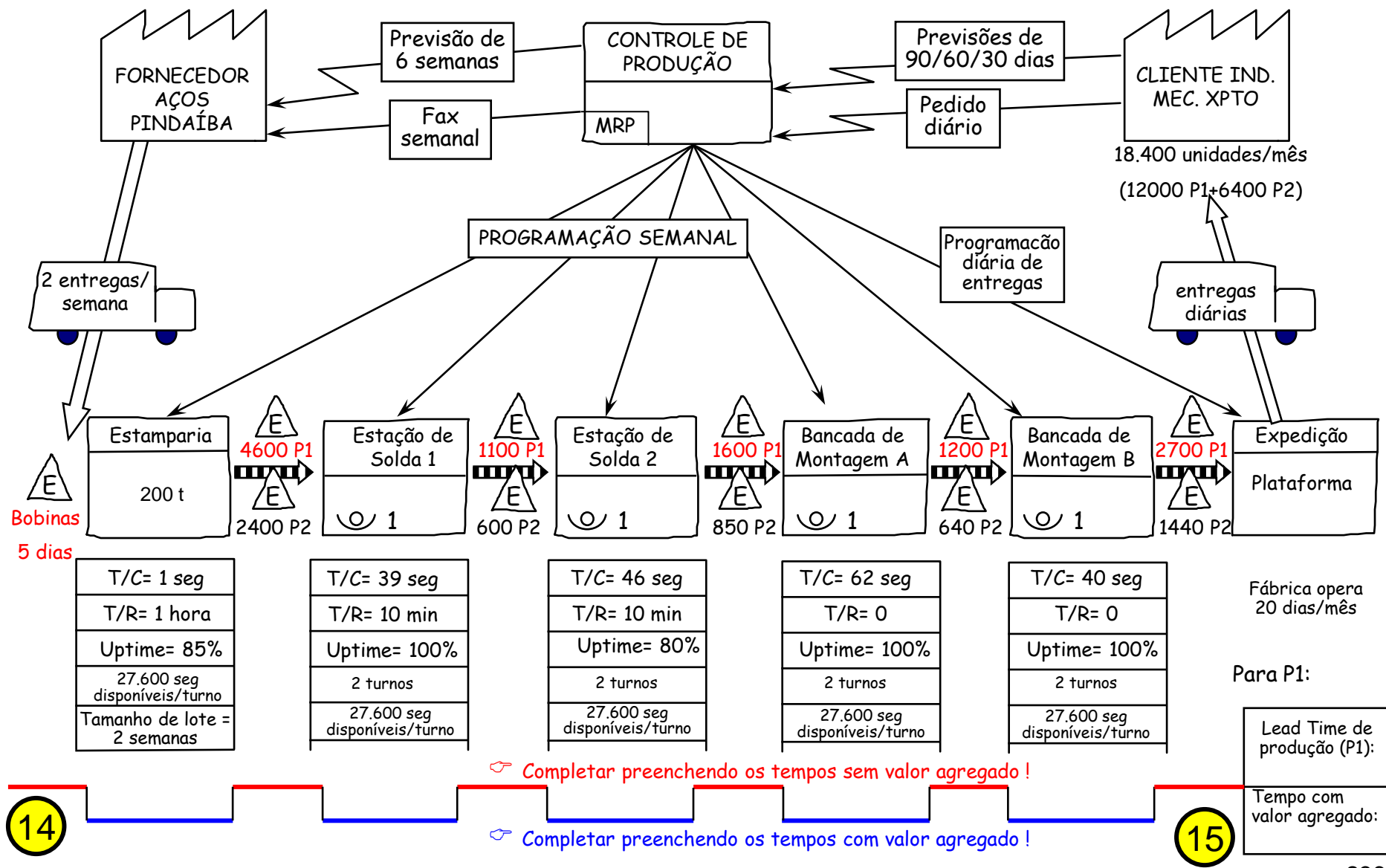
Equação para estimação da **Taxa de Produção** (*output* do sistema):

$$\text{Taxa de Produção média} = \frac{\text{Estoque em Processo médio}}{\text{Lead Time médio}}$$

Equação para estimação do **Estoque em Processo** no sistema:

$$\text{Estoque em Processo médio} = \text{Taxa de Produção média} \times \text{Lead Time médio}$$

# Mapa do Estado Atual da Ind. Tabajara



## Passos (continuação)

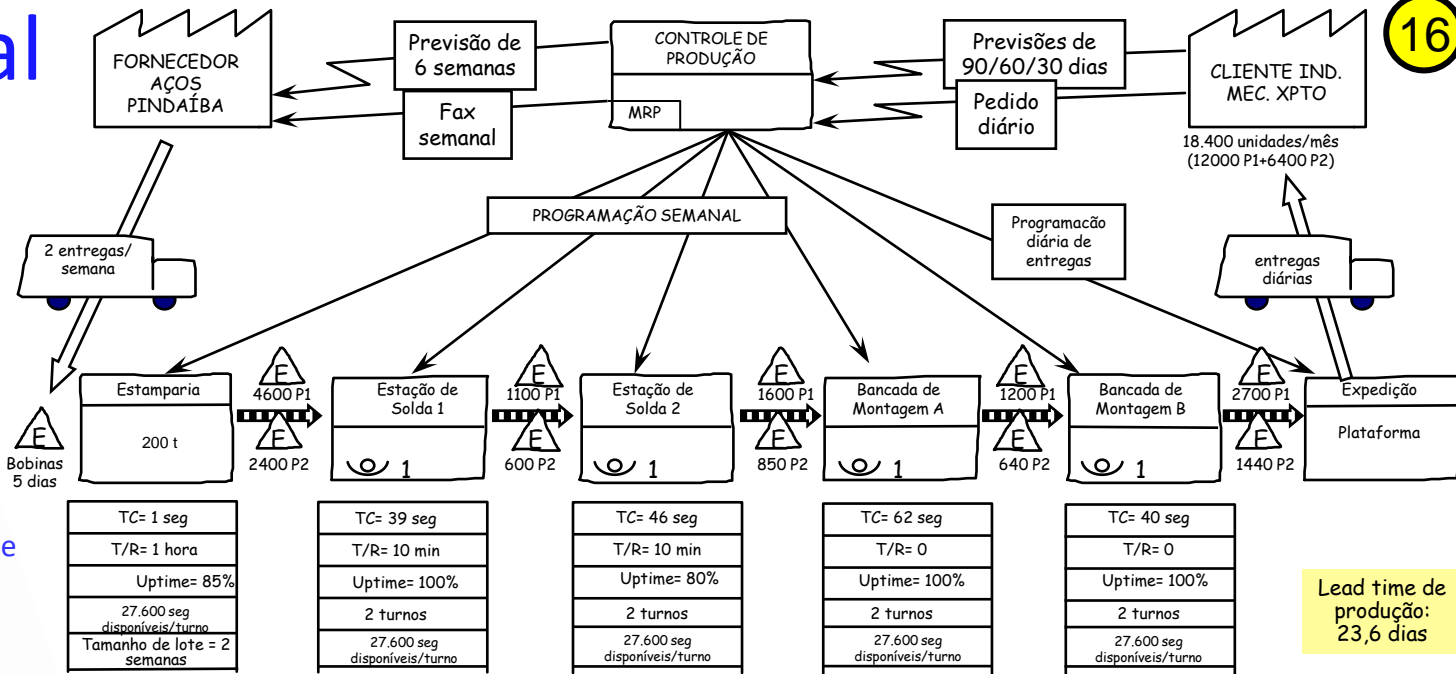
16. Analisar com a equipe de mapeamento o fluxo de valor atual e identificar os principais problemas ou pontos a serem focados para a obtenção de um fluxo de valor melhorado.
17. Propor um fluxo de valor melhorado, de forma participativa, utilizando os conhecimentos e a experiência da equipe multifuncional. Desenhar a proposta gerada num **Mapa do Estado Futuro** apontando as principais ideias de projetos de melhoria levantadas pela equipe multifuncional.



# Estado Atual

Excesso de inventário e *lead-time* muito longo devido a:

- Fluxo empurrado
- Tempo de *setup* longo na Estamparia
- Estamparia e Solda com incerteza de disponibilidade
- Tempo de *setup* longo nas estações de Solda
- Processamento e transferência de P1 e P2 em lotes entre a estação de Solda 1 e Bancada de Montagem B
- Operadores com cargas de trabalho desbalanceadas

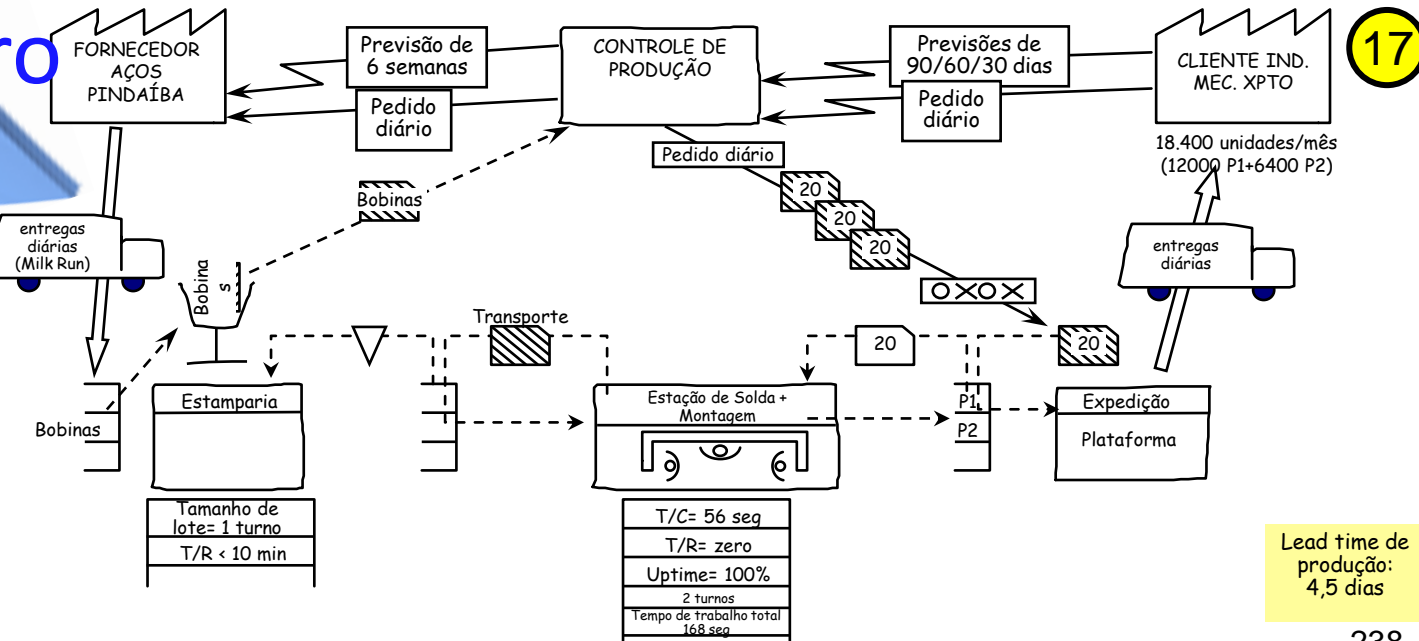


Lead time de produção: 23,6 dias

# Estado Futuro

Redução do inventário e do *lead-time* por meio de:

- Fluxo puxado com estoques em supermercados controlados por *kanbans*
- *Setup* rápido na Estamparia
- Elevação do *uptime* (redução de *downtime*) na Estamparia e Solda
- *Setup* rápido nas operações de Solda
- Organização de uma estação para operações de Solda + Montagem no formato de uma célula
- Operadores com cargas de trabalho balanceadas



Lead time de produção: 4,5 dias

# Mapa do Estado Atual da Ind.Tabajara



A análise do **Mapa do Estado Atual** pode revelar que no fluxo de valor mapeado a quantidade de materiais em estoque é muito elevada e o *lead time* muito longo ... Neste caso, é preciso investigar as possíveis causas que podem estar contribuindo para isso, por exemplo:

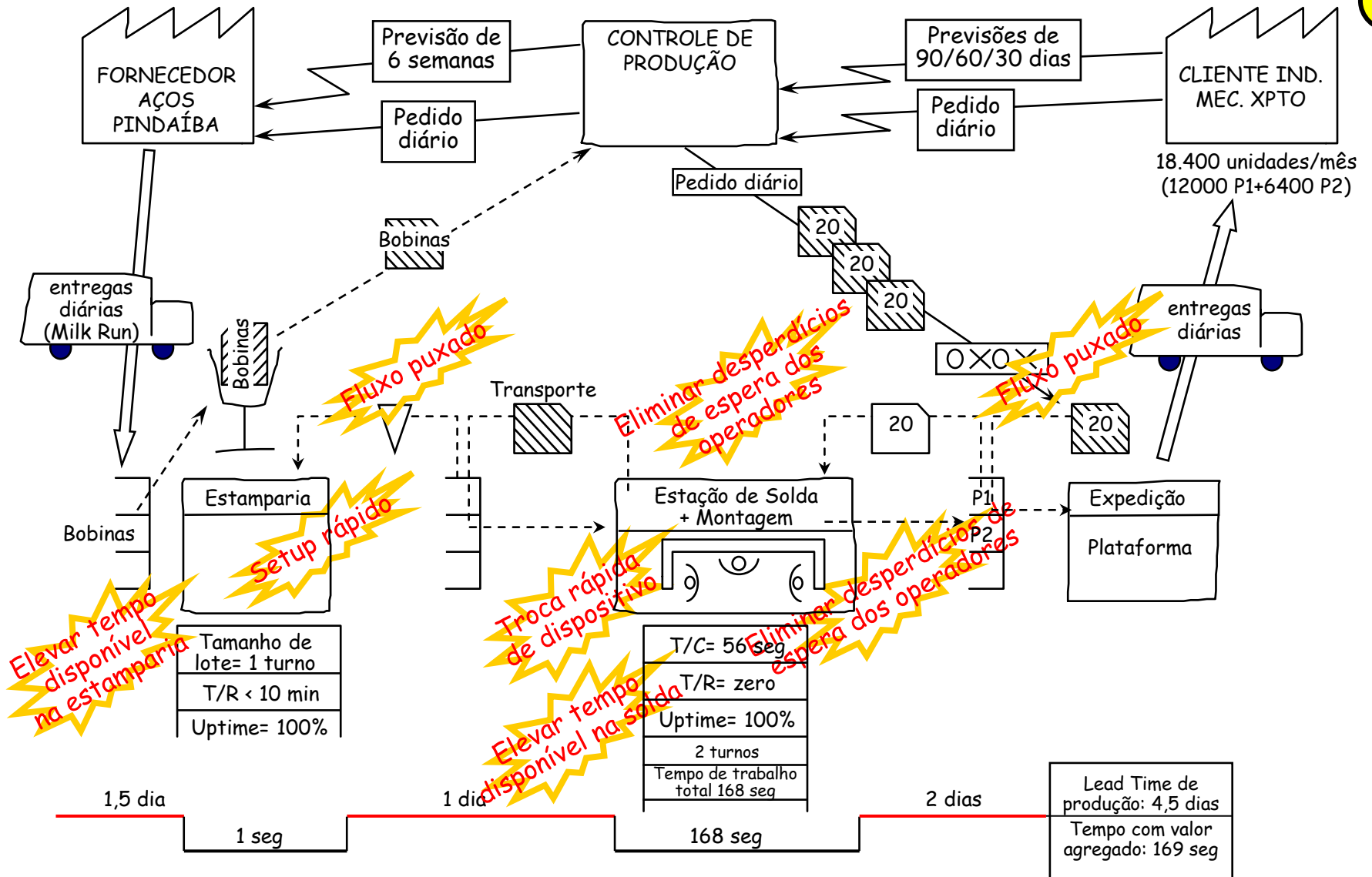
- ☹ Fluxo empurrado
- ☹ Recurso (máquina, equipamento) com baixa confiabilidade
- ☹ Tempo de manutenção longo para executar reparos ou ajustes nos recursos
- ☹ Falta de balanceamento da capacidade dos processos (recursos com diferentes capacidades/velocidades)
- ☹ Processo com variação excessiva (elevada fração de produção defeituosa)
- ☹ Tempo de *setup* longo para troca de produto
- ☹ Grande distância entre etapas de processo consecutivas
- ☹ Incerteza de suprimento motivada por todas as causas acima
- ☹ Produção em lotes de tamanho grande



Uma proposta de **Mapa do Estado Futuro** deve ser desenhada indicando possíveis planos de ação (o que fazer e onde) para remover as causas dos problemas que forem identificados

# Mapa do Estado Futuro da Ind. Tabajara

17



Fonte: Adaptado de Mike Rother e John Shook "Aprendendo a Enxergar", Lean Institute Brasil, São Paulo, 1998.

# Lead time e agregação de valor no exemplo da Ind. Tabajara

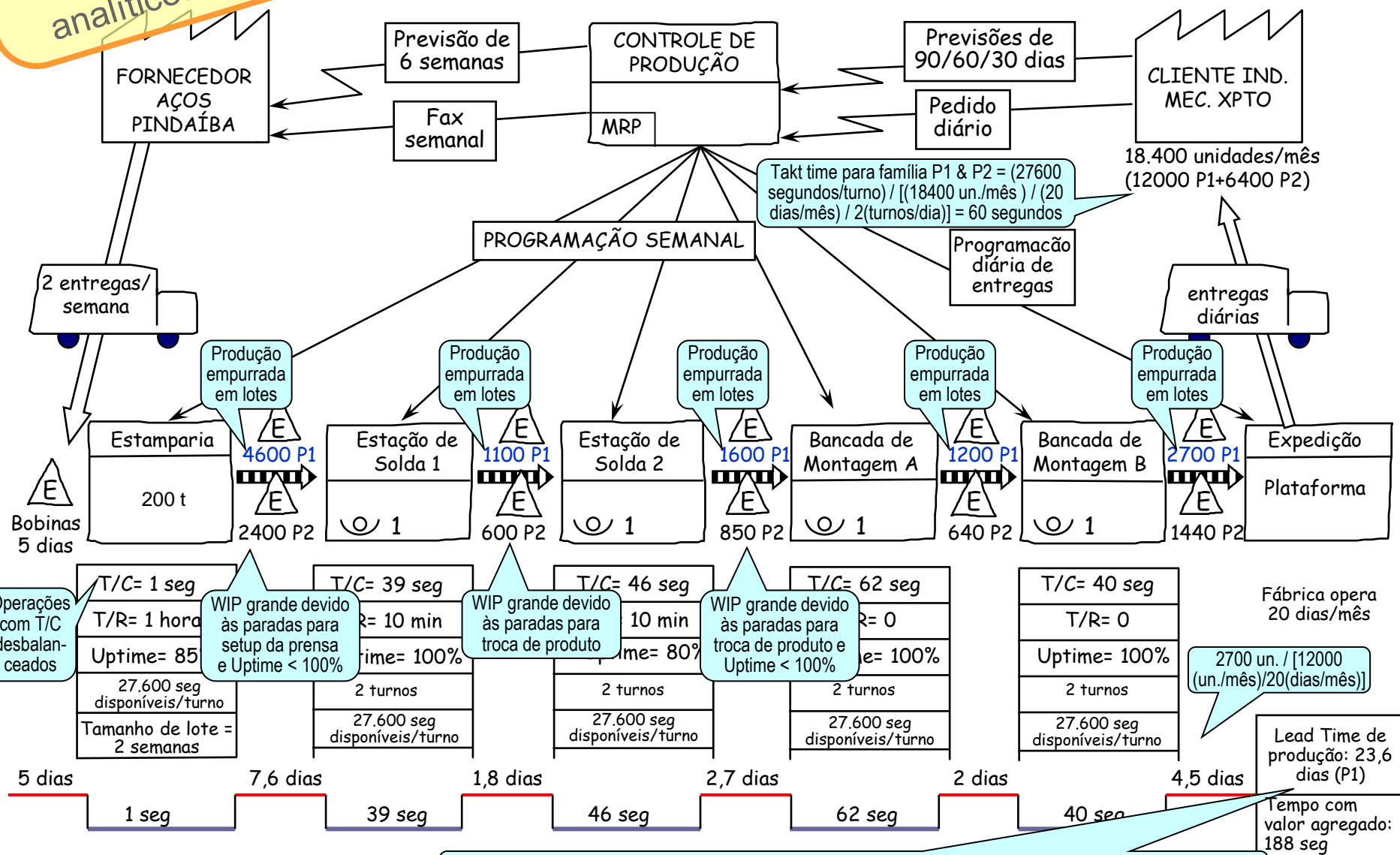
Medida	Estado Atual	Estado Futuro (planejado)	Variação	
TSVA: Tempo sem valor agregado	23,6 dias	4,5 dias	- 19,1 dias	Principal efeito das melhorias buscadas
TCVA: Tempo com valor agregado	188 seg	169 seg	- 19 seg	
TCVA / LT (%) *	0,014 %	0,068 %	+ 370 %	

\* Considerando 1 dia = 2 turnos = 2 x 27600 seg = 55200 seg

Observar que o aumento da eficiência geral do sistema e a redução do LT devem-se sobretudo à substancial redução do TSVA e não à maior rapidez na execução das atividades que agregam valor (que diminuem o TCVA)

**Mapa de comentários analíticos nos balões**

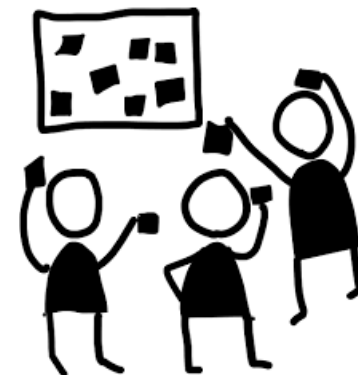
# Estado Atual da Ind. Tabajara



Mais precisamente, este valor seria o Tempo Sem Valor Agregado (TSVA) e o Lead Time (LT) = TSVA + TCVA. Contudo, como TCVA é relativamente muito pequeno, por simplificação, foi admitido que LT ≈ TSVA

# Dinâmica de realização do MFV

- A construção dos mapas requer coleta de muitos dados e conhecimento das práticas de diversos setores/deptos., portanto, normalmente é realizada em *workshops* envolvendo times multifuncionais.
- O método recomendado para a diagramação dos mapas é o de rastrear o fluxo de valor coletando dados *in loco* e ir anotando manualmente, passo a passo, os dados sobre o fluxo de valor, usando papel, prancheta e lápis.
- Blocos de notas adesivas coloridas *Post-it* podem ser usadas para registrar dados e diagramar o Mapa do Fluxo de Valor



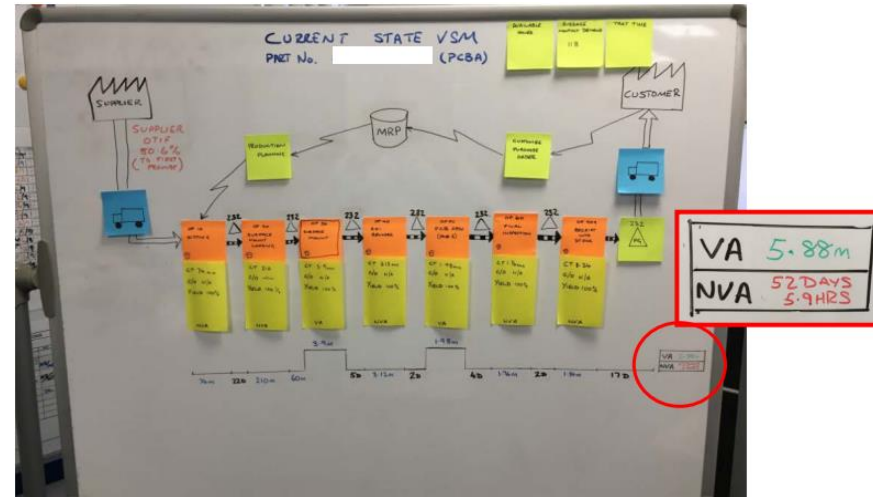
# Dinâmica de realização do MFV

Workshop prático de mapeamento com equipe multifuncional



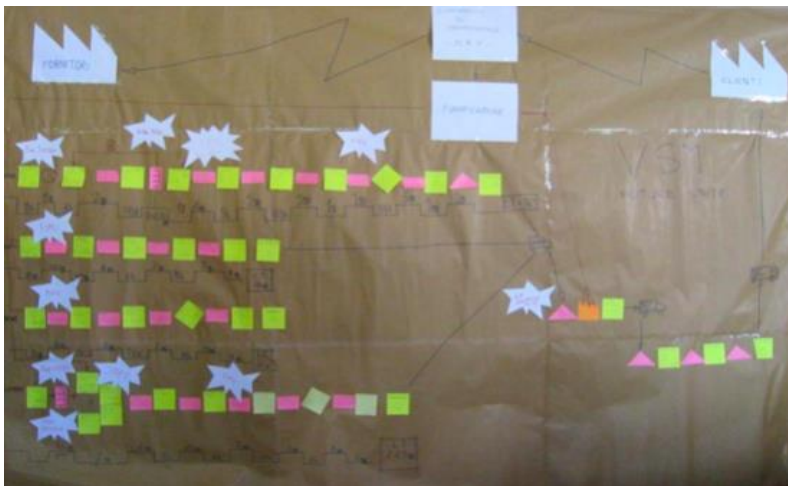
Fonte: [https://www.procesverbeteren.nl/LEAN/Value\\_stream\\_mapping\\_VUmc.php](https://www.procesverbeteren.nl/LEAN/Value_stream_mapping_VUmc.php)

Desenho de MFV do Estado Atual usando quadro branco + Post its



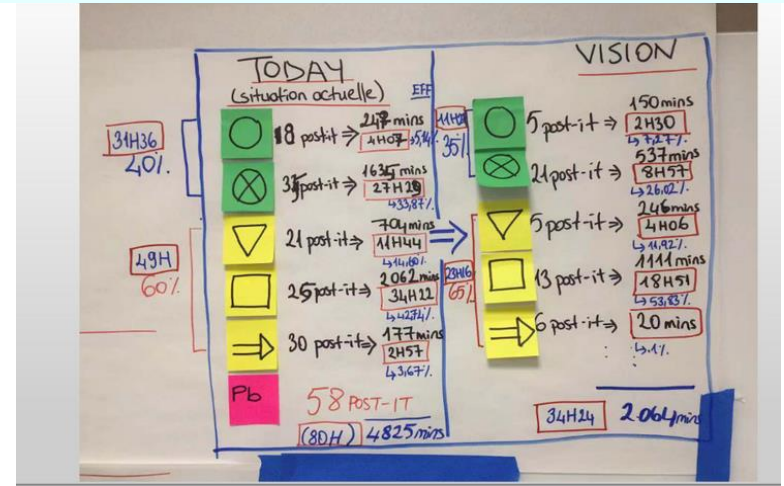
Fonte: [https://nmi.org.uk/wp-content/uploads/2017/09/Ultra\\_NMI-Process-Improvement-Presentation.pdf](https://nmi.org.uk/wp-content/uploads/2017/09/Ultra_NMI-Process-Improvement-Presentation.pdf) slide 10/16

MFV com ideias e sugestões de Kaizen



Fonte: <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html>

Codificação adotada para análise da eficiência de fluxo por cores



Fonte: <https://www.operational-excellence-decathlon.com/post/vsm-to-improve-treasury-a-tool-to-better-visualize-the-improvement-opportunities>

# Dinâmica de realização do MFV



## Passos para aplicação do MFV:



1. Definição da família de produto que será objeto de estudo
2. Coleta de dados do fluxo de valor atual
3. Desenho do mapa do fluxo de valor atual, identificando desperdícios e classificando se as atividades que compõem o fluxo de valor agregam valor ou não:

<b>AV</b>	Atividade que agrega valor: Transformação de material
<b>NAV</b>	Atividade que não agrega valor: Em estoque, em espera

4. Levantamento de ideias por *brainstorming* para melhorar o fluxo de produção, atender à demanda (*takt time*), e nivelar mix de produção
5. Desenho do mapa do fluxo de valor futuro, destacando metas para os esforços de implantação de um sistema de produção enxuto (*lean*)
6. Desenvolvimento de planos de ação para a implementação de melhorias em busca do fluxo de valor futuro