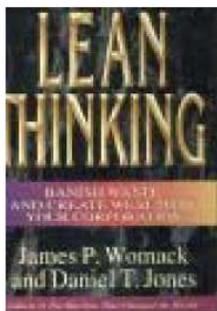


# *PRO 3415*

## *Princípios de Gestão da Produção e Logística*

Profa. Dra. Marly Monteiro de Carvalho



**LGP**  
[www.pro.poli.usp.br/lgp](http://www.pro.poli.usp.br/lgp)

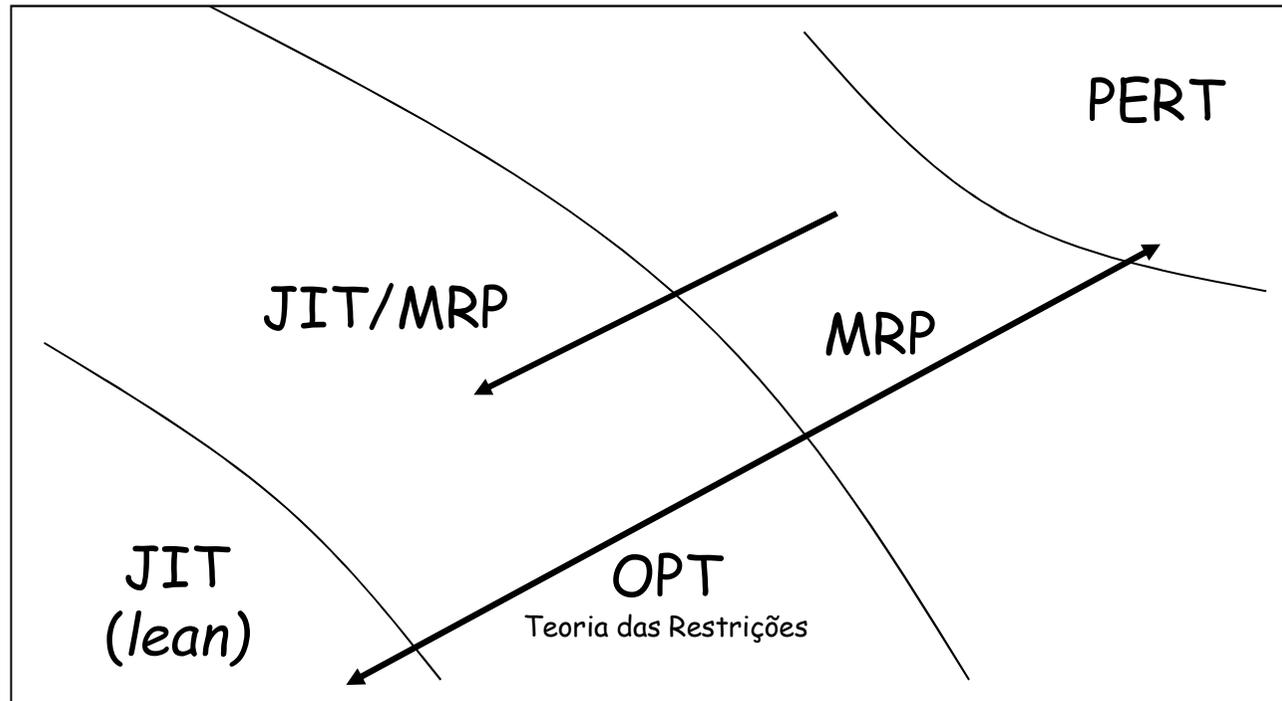


# Tipos de PPCP

Estruturas Complexas



Estruturas Simples



Roteiros Simples

Vamos agora falar sobre o Lean

Roteiros Complexos



# Agenda

## 1. Tipos de PPCP

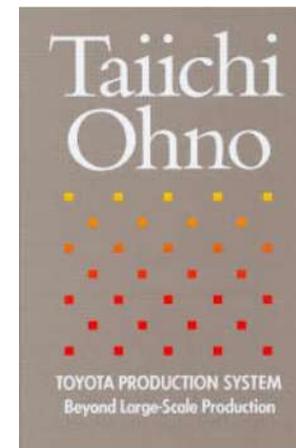
## ➔ 2. Lean, TPS e JIT

- Takt time
- Heijunka - Nivelamento
- Kanban

# Antecedentes

As primeiras publicações sobre o sistema de produção desenvolvido no pós-guerra usavam as denominações:

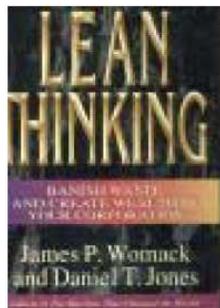
TPS - Toyota Production System  
JIT - Just in Time



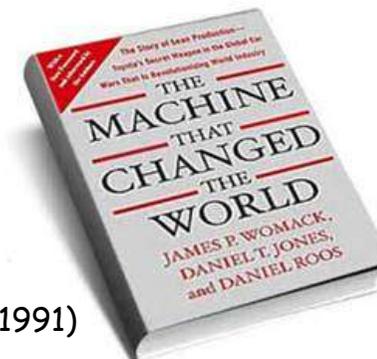
# Lean Production

Termo cunhado ao final da década de 80 em um projeto de pesquisa sobre a indústria automobilística mundial desenvolvido Massachusetts Institute of Technology (MIT).

A pesquisa gerou o livro a Máquina que mudou o mundo



Womach e Jones (1996)



Womach, Jones e Roos (1991)

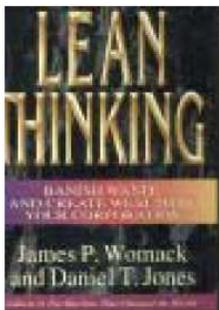
# Lean Thinking

*"Ao aprender a identificar desperdícios você descobrirá que há muito mais desperdício ao seu redor do que você jamais imaginou....Felizmente, existe um poderoso antídoto ao desperdício: o pensamento enxuto.*

*Pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar estas atividades sem interrupção toda vez que alguém solicita e realizá-las de maneira cada vez mais eficaz.*

*Em suma... é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos ... e, ao mesmo tempo, tornar-se cada vez mais capaz de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam."*

Womach e Jones (1996)



# Princípios do Pensamento Enxuto

## *Lean Thinking*

1. Especificar o **valor**

2. Identificar a **cadeia de valor** dos produtos e remover as etapas que geram desperdícios

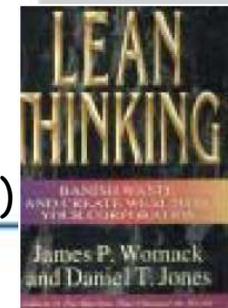
3. Fazer com que as etapas que criam valor **fluam**

4. Fazer com que a produção seja **“puxada”** pela demanda

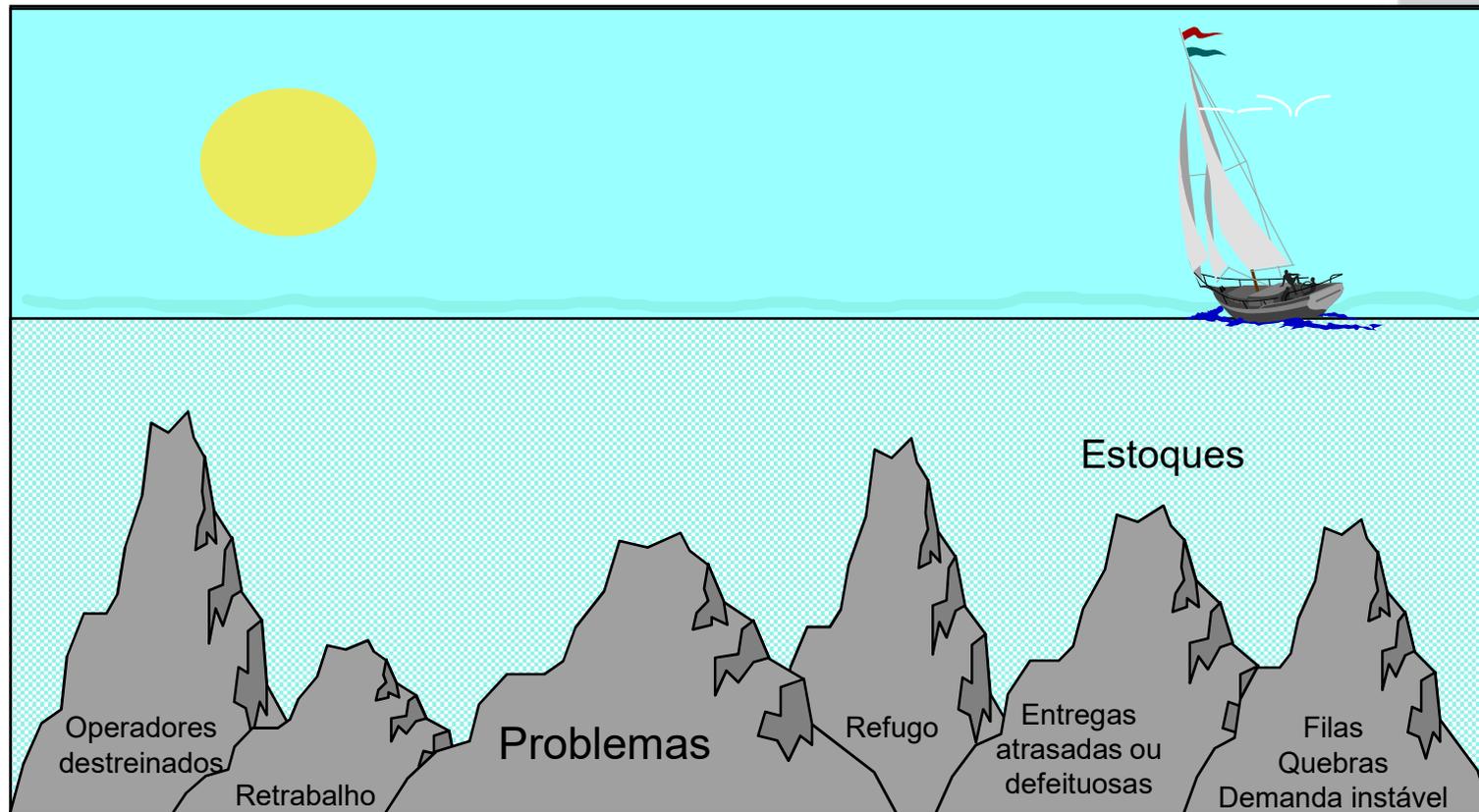
5. Gerenciar para se buscar a **perfeição**



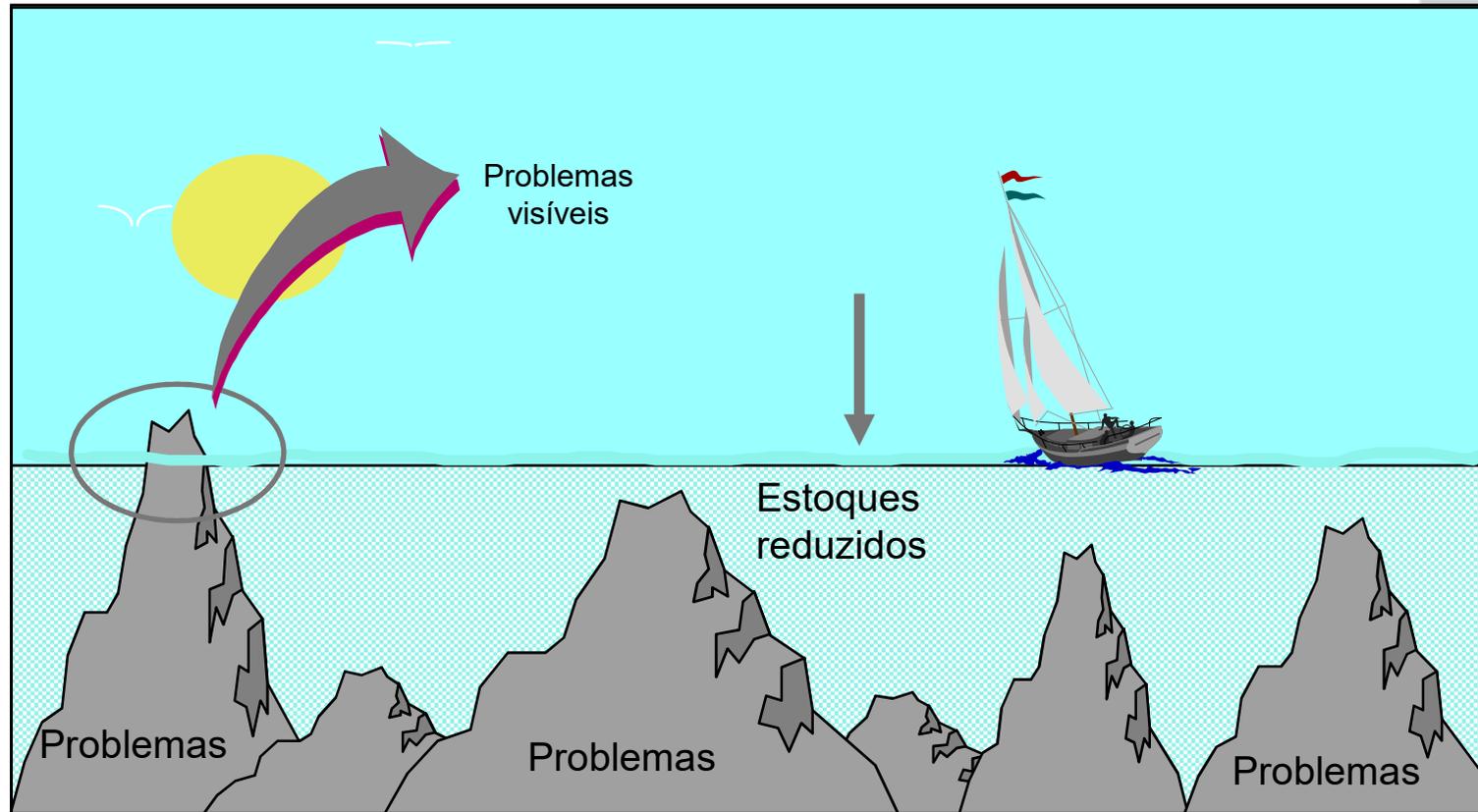
Womach e Jones (1996)



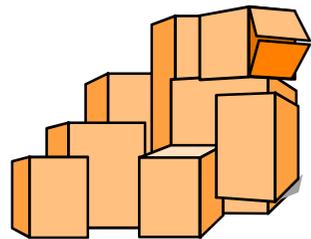
# Filosofia Just in Time



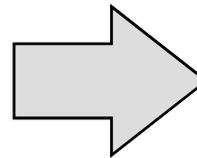
# Filosofia Just in Time



# Filosofia Just in Time

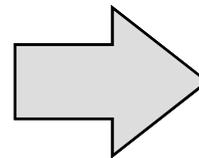


Desperdício de  
superprodução



Redução de setups  
coordenação produção-demanda  
layout celular  
projeto modular  
padronização

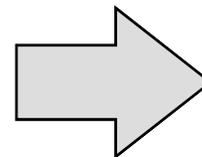
Desperdício de  
espera



Ênfase nos fluxos  
balanceamento de linhas e células  
algum excesso de capacidade

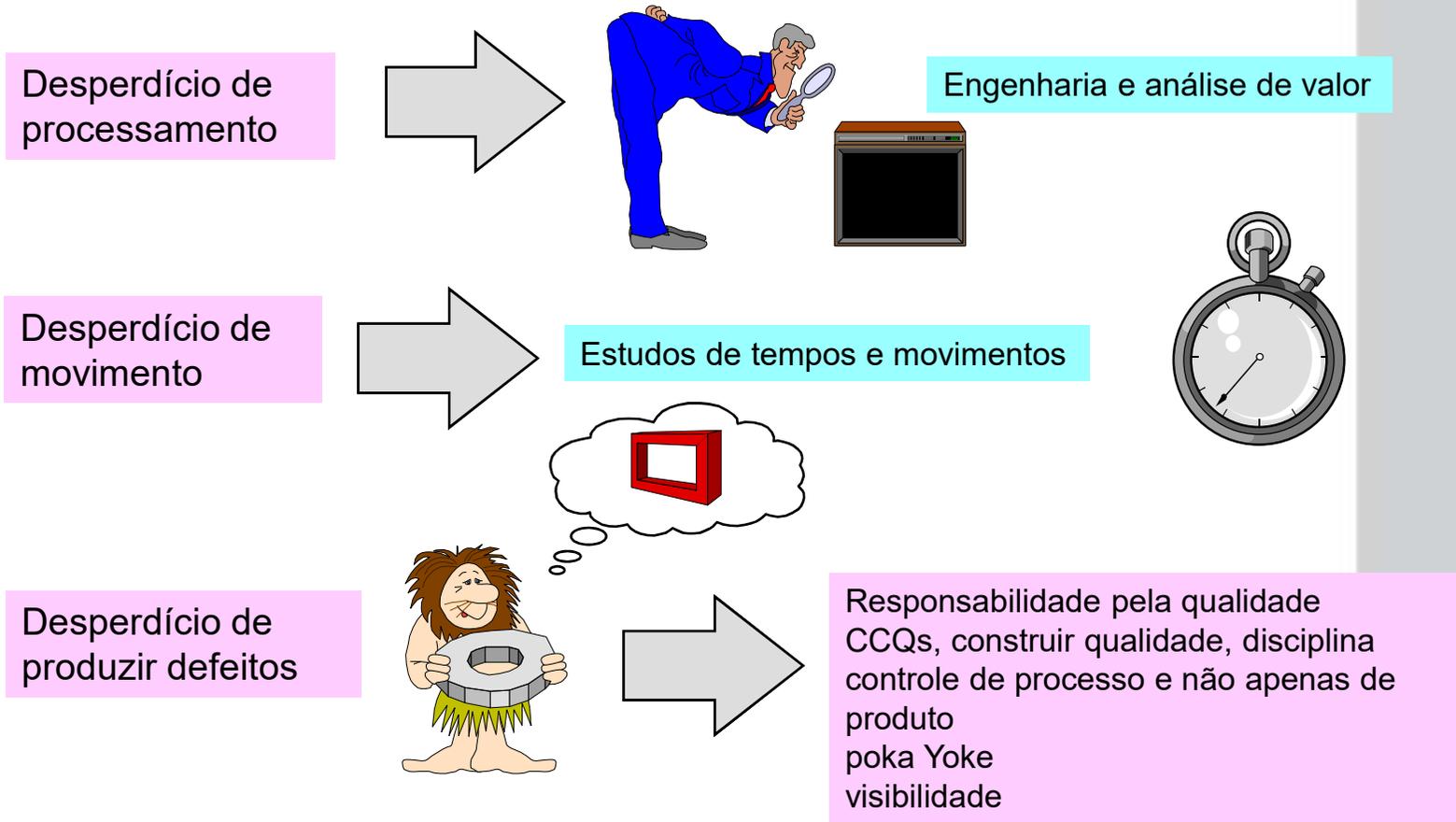


Desperdício de  
transporte

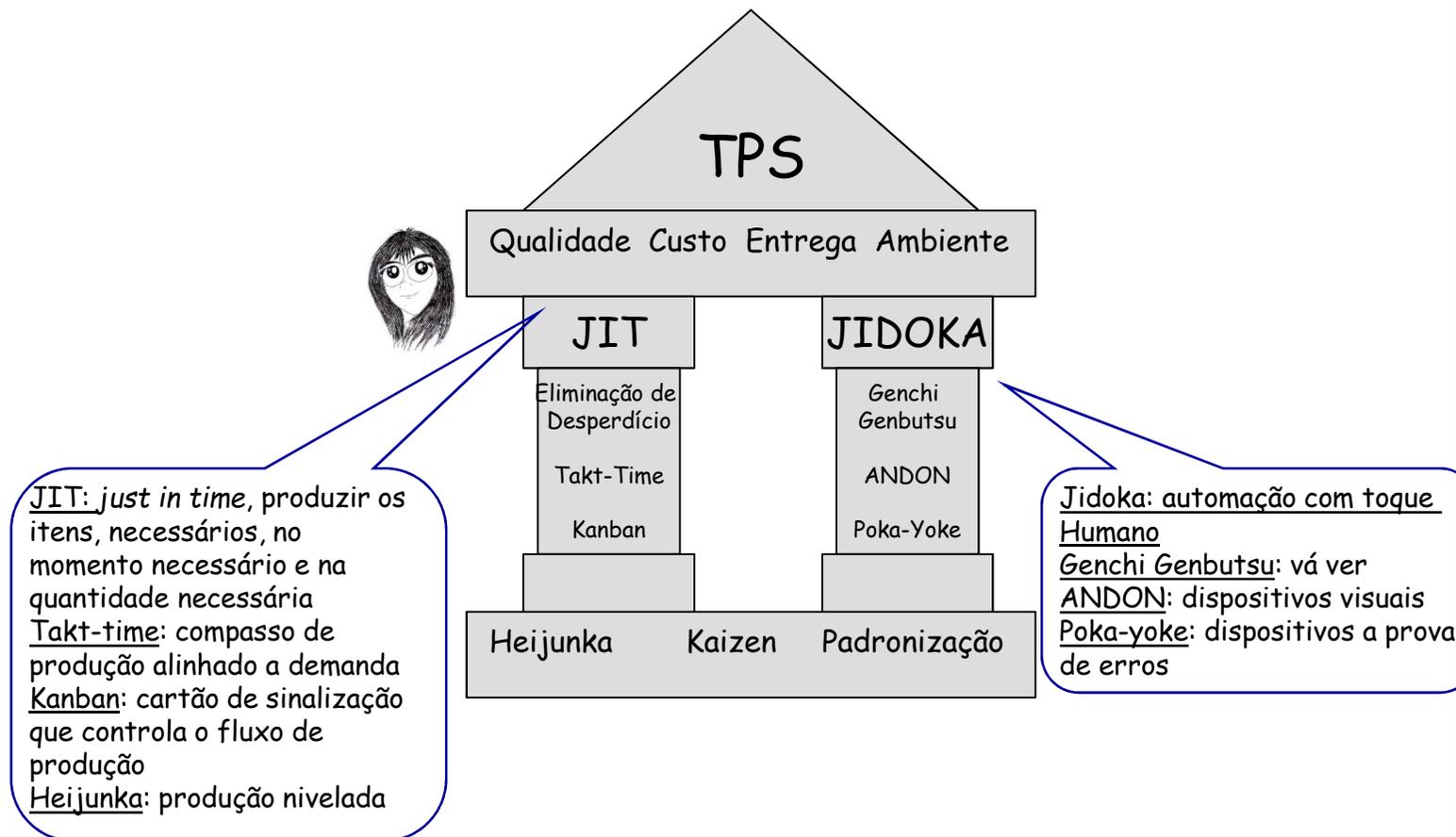


Layout celular ou em linha

# Filosofia Just in Time

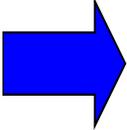


# Gênese do *Lean* é Sistema Toyota de Produção (TPS)



# Agenda

## 1. JIT

- 
- **Takt time**
  - Heijunka
  - Kanban

# Takt time

- *Takt* : palavra alemã para velocidade, compasso ou ritmo, figurativamente comparada à “batuta do maestro”
  - Fluxo de Produção ↔ Demanda do Mercado
- Indica o ritmo com que as “saídas” de um sistema de produção precisam ser entregues para satisfazer a demanda:



$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Líquido Disponível para Produção} \text{ (num dado período de tempo)}}{\text{Quantidade de Unidades Demandadas} \text{ (num dado período de tempo)}}$$

- O inverso do *Takt Time* define o Ritmo *Takt*:

$$\text{Ritmo Takt} = \frac{\text{Quantidade de Unidades Demandadas}}{\text{Tempo Líquido Disponível para Produção}}$$



# Takt time – ex.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Líquido Disponível para Produção} \\ (\text{num dado período de tempo})}{\text{Quantidade de Unidades Demandadas} \\ (\text{num dado período de tempo})}$$

- **Exemplo 1:** Produção de uma usina para atender a demanda de 72000 t de aço recozido por mês (30 dias) em bobinas de 20 t, operando em regime contínuo de 24h/dia.

$$\text{Takt Time} = \frac{24 \text{ h/dia} \times 60 \text{ min/h}}{(72000 \text{ t/mês} : 30 \text{ dias/mês}) : 20 \text{ t/bobina}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{1440 \text{ min/dia}}{120 \text{ bobinas/dia}} = 12 \text{ min/bobina}$$

2.400 t/dia

# Agenda

## 1. JIT

- Takt time
- ➔ • **Heijunka**
- Kanban

# Heijunka X Lote: ex.

Exemplo de diferentes alternativas de programação para a produção dos produtos A, B e C admitindo meses com 4 semanas e semanas de 5 dias (20 dias por mês)

| Item | Tamanho do lote |
|------|-----------------|
| A    | 2000            |
| B    | 1200            |
| C    | 800             |

1 lote grande de cada item/mês

Produção não- enxuta...

No. Setups/mês: 3



| Item | Tamanho do lote |
|------|-----------------|
| A    | 500             |
| B    | 300             |
| C    | 200             |

4 lotes médios de cada item/mês

Um pouco melhor...

No. Setups/mês: 12



| Item | Tamanho do lote |
|------|-----------------|
| A    | 100             |
| B    | 60              |
| C    | 40              |

20 lotes pequenos de cada item/mês

Bem melhor...

No. Setups/mês: 60



Pondere a importância do parâmetro setup

Miyake (2011)

# Heijunka - ex

Exemplo de diferentes alternativas de programação para a produção dos produtos A, B e C admitindo meses com 4 semanas, semanas de 5 dias, 2 turnos de trabalho por dia e 8 horas (480 min.) de produção por turno

Um lote de cada item por turno

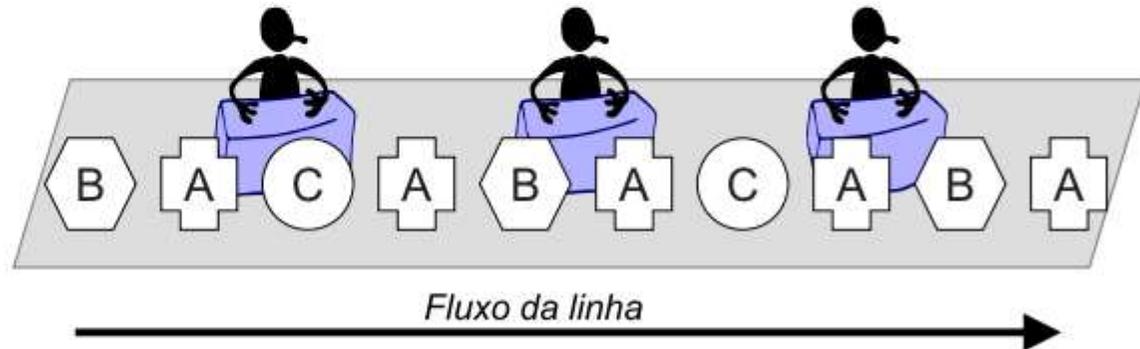
| Item | Tamanho do lote |
|------|-----------------|
| A    | 50              |
| B    | 30              |
| C    | 20              |

40 lotes bem pequenos de cada item/mês

Muito melhor!

No. Setups/mês: 120

Se os 3 itens são montados numa mesma linha flexível o **IDEAL** seria completar uma unidade a cada 4,8 min. em lotes "unitários" conforme o seguinte ciclo:



Este ciclo deve ser repetido 10 vezes por turno

**Proporção - 5A, 3B e 2C**

# Nivelamento da Produção (Heijunka)

Conceito:

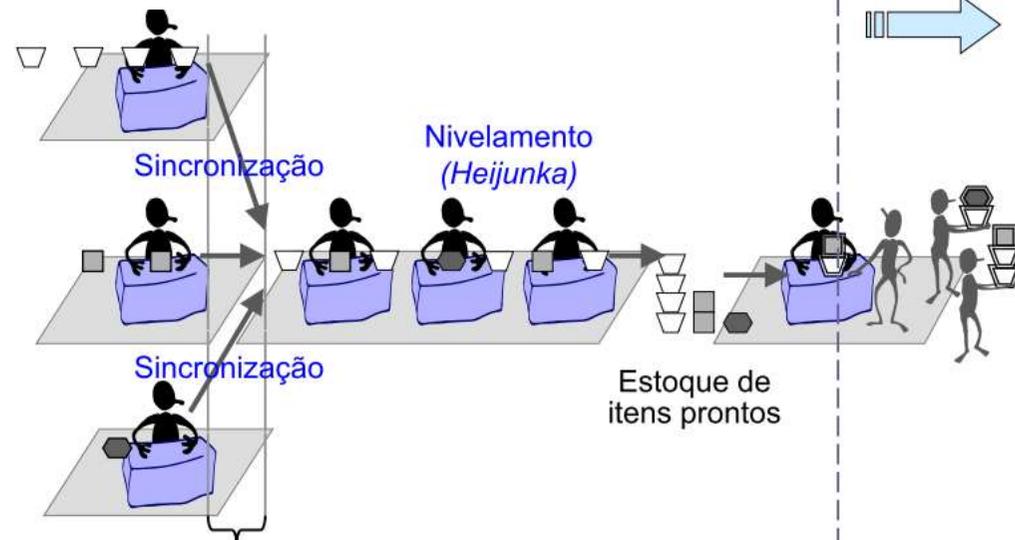
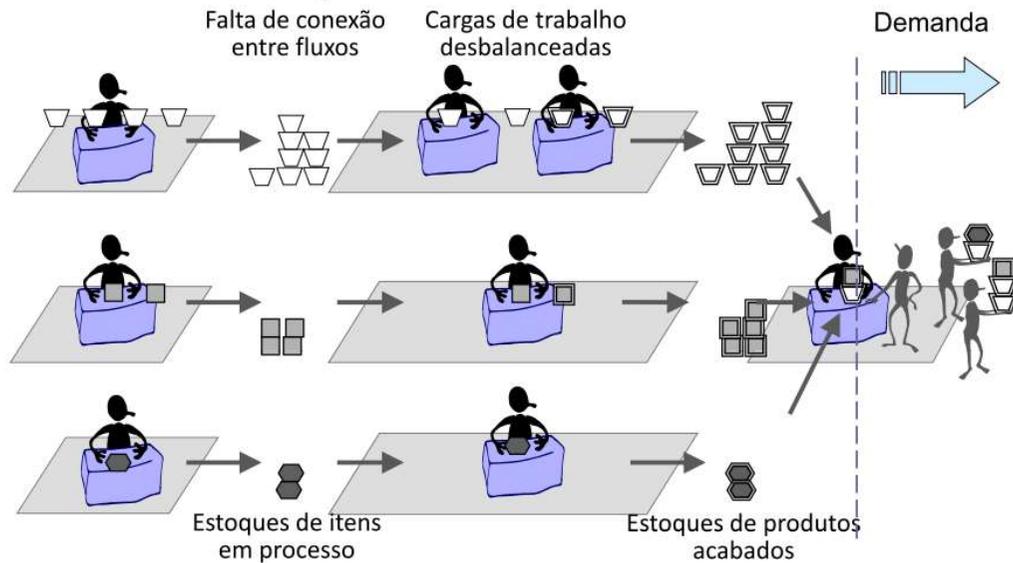
- Sistema de produção que visa a fabricação de produtos/modelos mesclados, em lotes unitários, na mesma linha de montagem.
- Produção por lotes: fabricação de um grande número de peças iguais em seqüência.
- *Heijunka* se opõe à idéia de produção em grandes lotes.

Miyake (2011)

# Heijunka



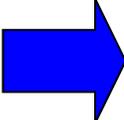
## Produção em Linhas Dedicadas



Aproximação de etapas de processo

# Agenda

1. JIT
2. Takt time
3. Heijunka

 **4. Kanban**

# O Que é Kanban?

- # Palavra de origem Japonesa que significa etiqueta ou cartão
- # Dispositivo sinalizador que fornece instruções para a produção de itens.
- # Método para programação de produção, que se utiliza de um quadro e cartões.

# Sistema Kanban - Supermercado

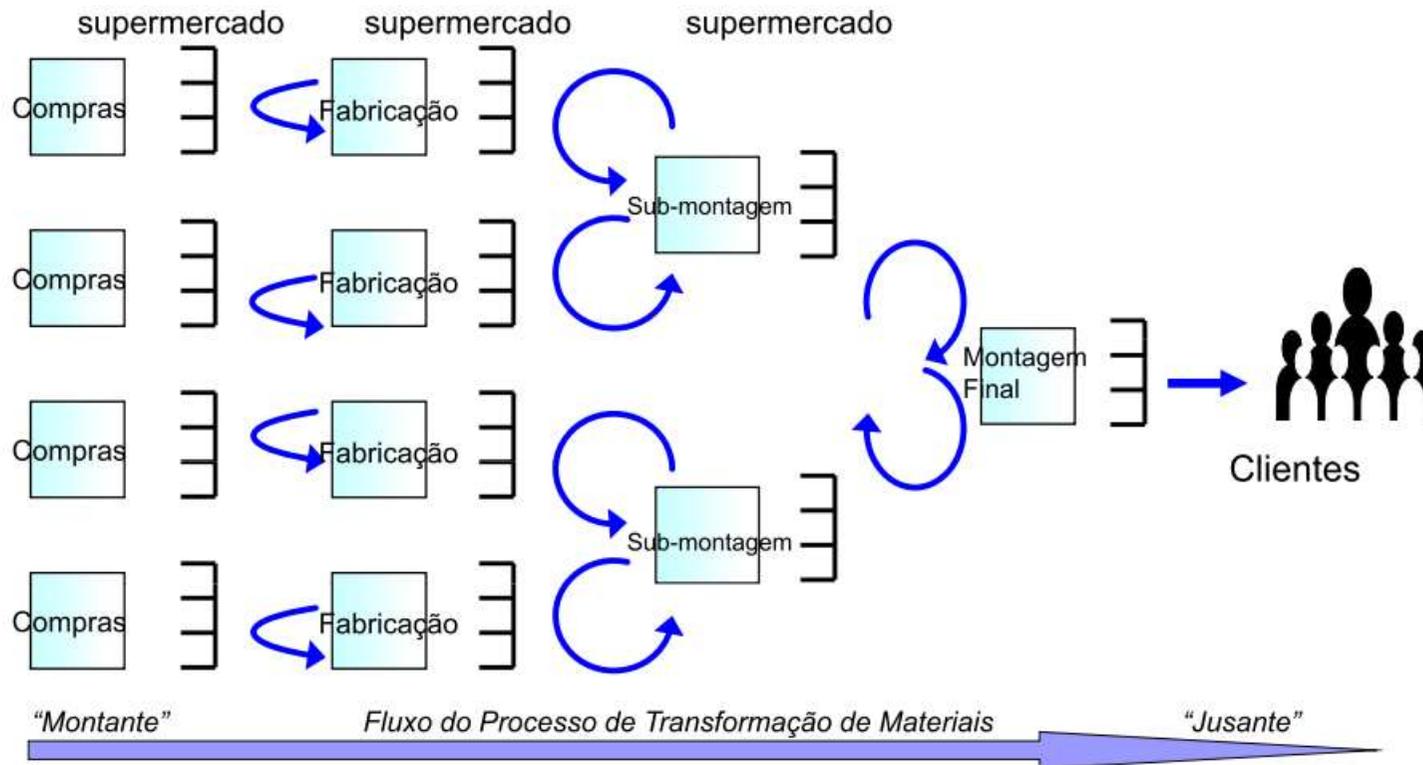
O funcionamento do abastecimento puxado nos supermercados:

1. Manter as prateleiras abastecidas (não perder vendas)
2. Só reabastecer se o cliente consumir (conforme a demanda)
3. Encher primeiro as prateleiras que estiverem mais vazias
4. Só repor a quantidade de mercadoria que cabe no espaço vago das prateleiras



Miyake (2011)

# Sistema Kanban



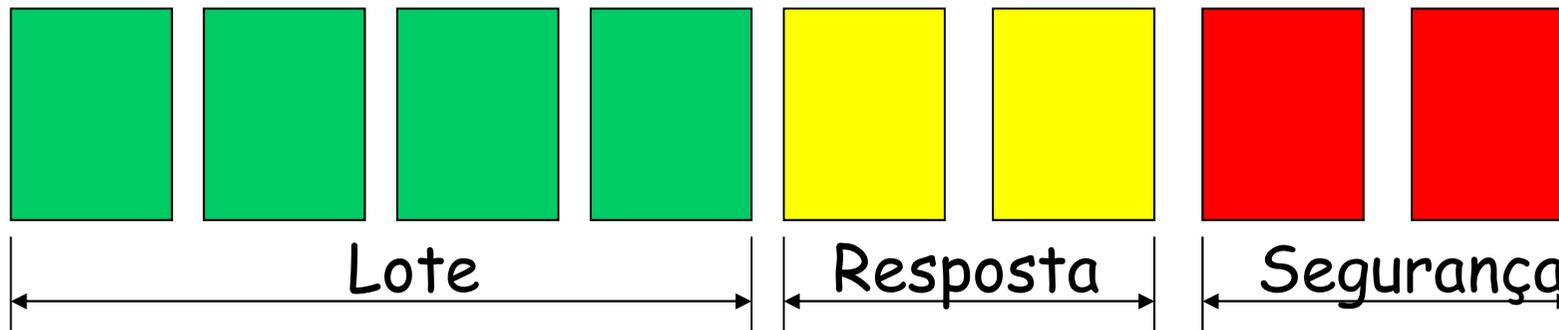
Miyake (2011)

# Regras do Kanban

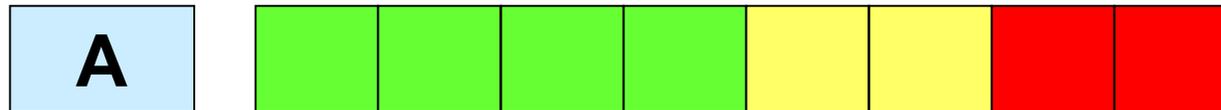
- # **Regra 1:** O cliente somente retirar peças do estoque quando isto realmente for necessário.
- # **Regra 2:** O fornecedor só pode produzir peças dos quais possui kanbans de produção e nas quantidades definidas nestes.
- # **Regra 3:** Somente peças boas podem ser colocadas em estoque.
- # **Regra 4:** Os cartões devem ficar nas embalagens cheias ou no Quadro Kanban.

# Funcionamento do Kanban

- # Para cada peça temos uma sequência de posições, onde são colocados os cartões;
- # As posições vazias indicam o estoque disponível (Embalagens Cheias) e cada cor indica o grau de urgência da reposição.
- # Os cartões são colocados do verde para o vermelho.



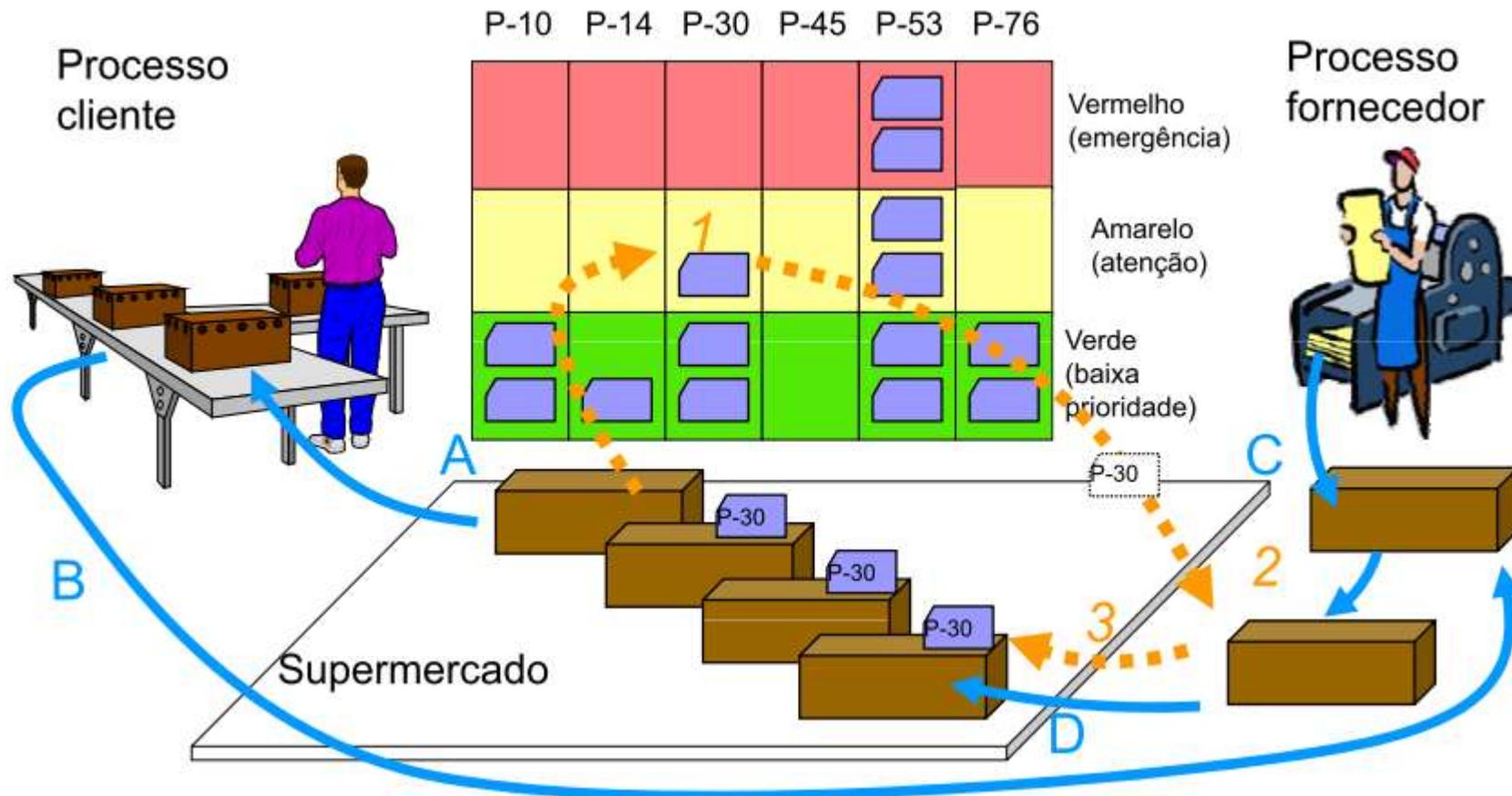
- # O estoque de cada peça é dividido em três faixas:



- # A medida em que os cartões chegam ao quadro eles são inseridos primeiramente sobre a faixa verde, depois amarela e por fim a vermelha:



# Sistema Kanban



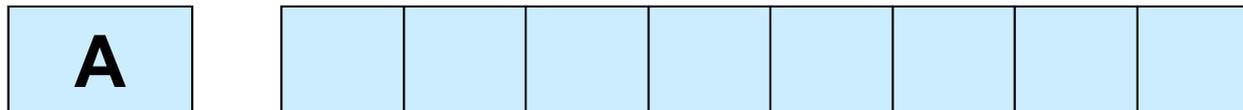
Miyake (2011)

# Funcionamento do Kanban

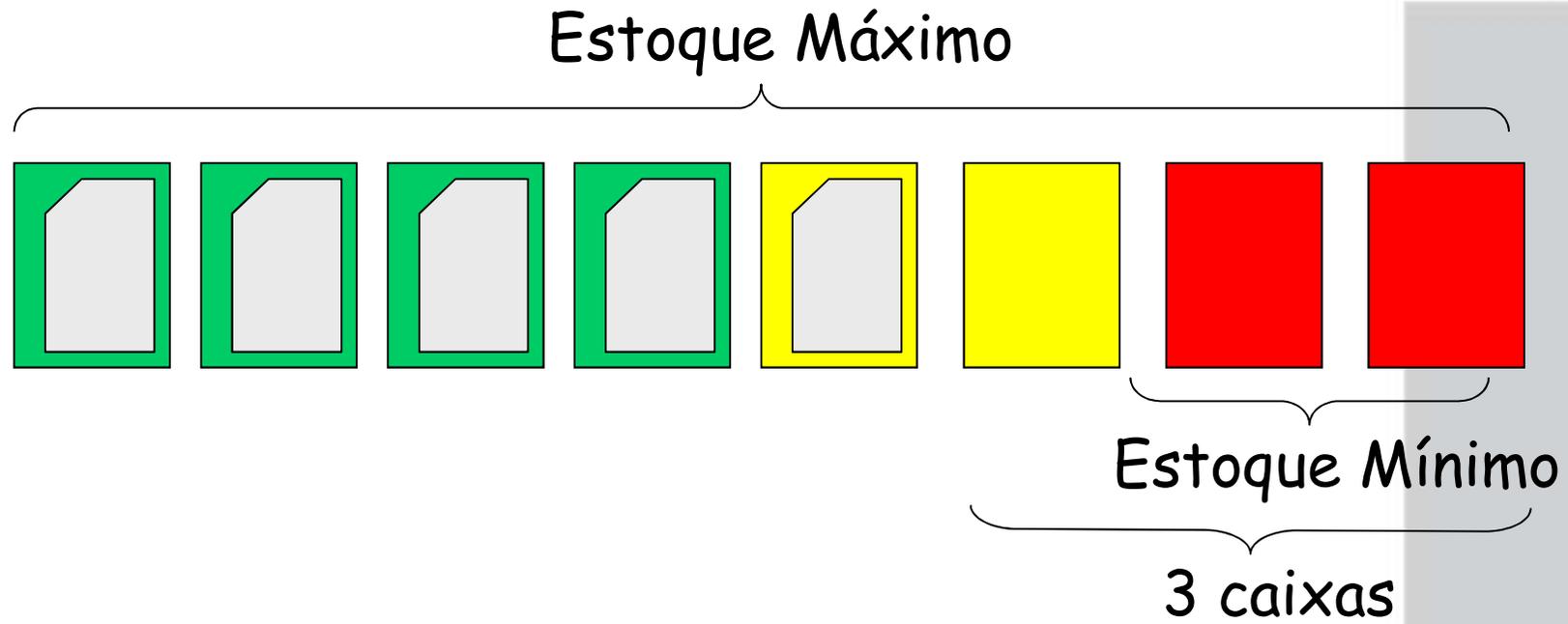
- # Os cartões que não estão no quadro estão no estoque acompanhando de embalagens cheias de peças



- Quando o quadro está cheio de cartões o estoque está vazio e vice-versa.



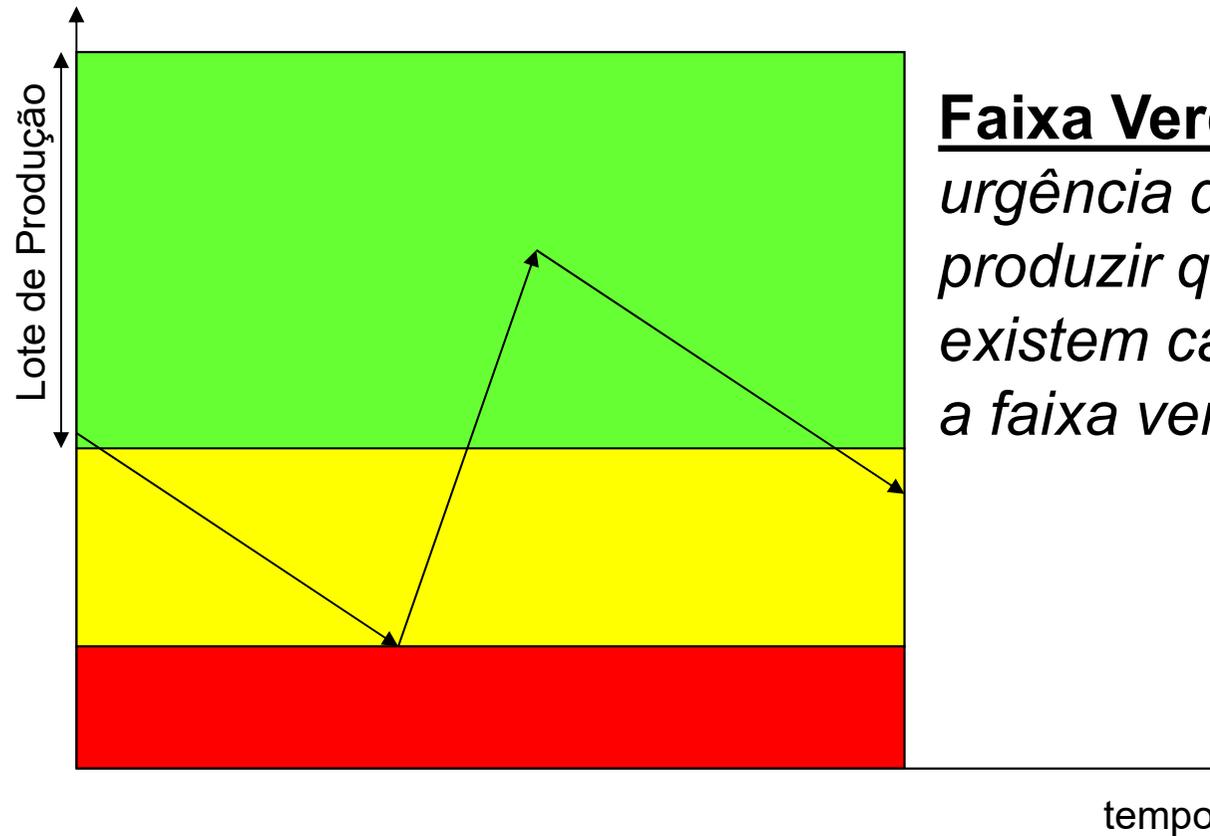
# Funcionamento do Kanban



Quantos caixas temos no supermercado agora?

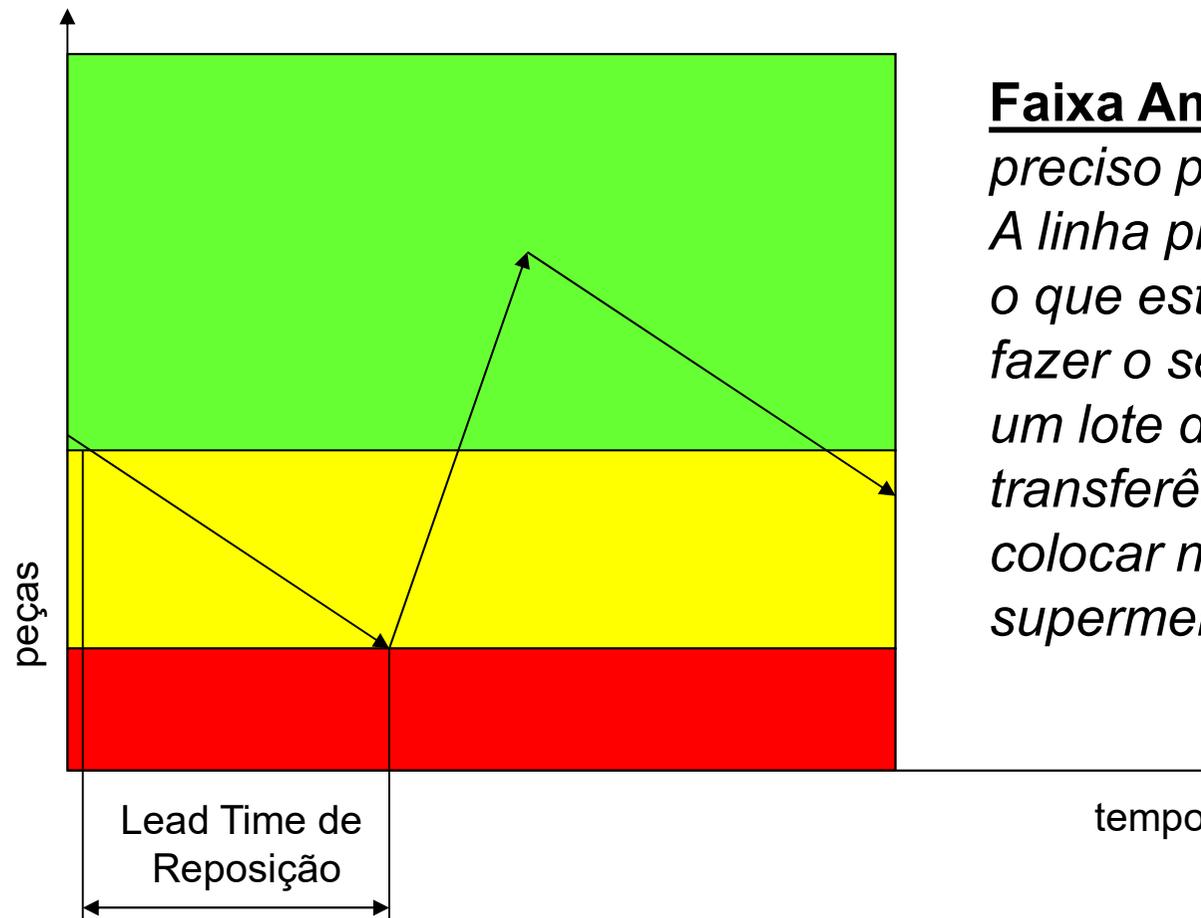
Sentido de Colocação  
dos Cartões

# Kanban x Estoques



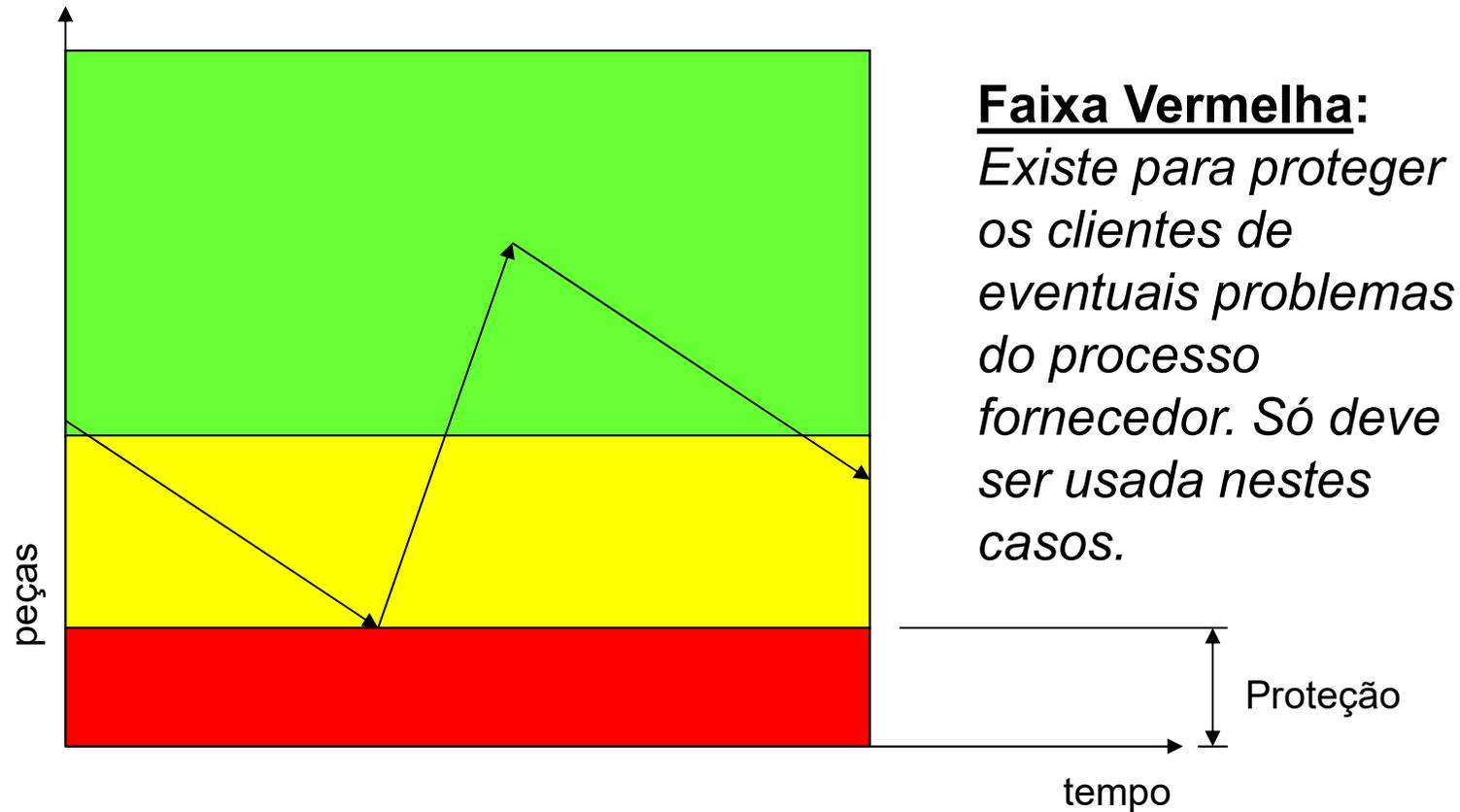
**Faixa Verde:** Não há urgência de se produzir quando só existem cartões sobre a faixa verde.

# Kanban x Estoques

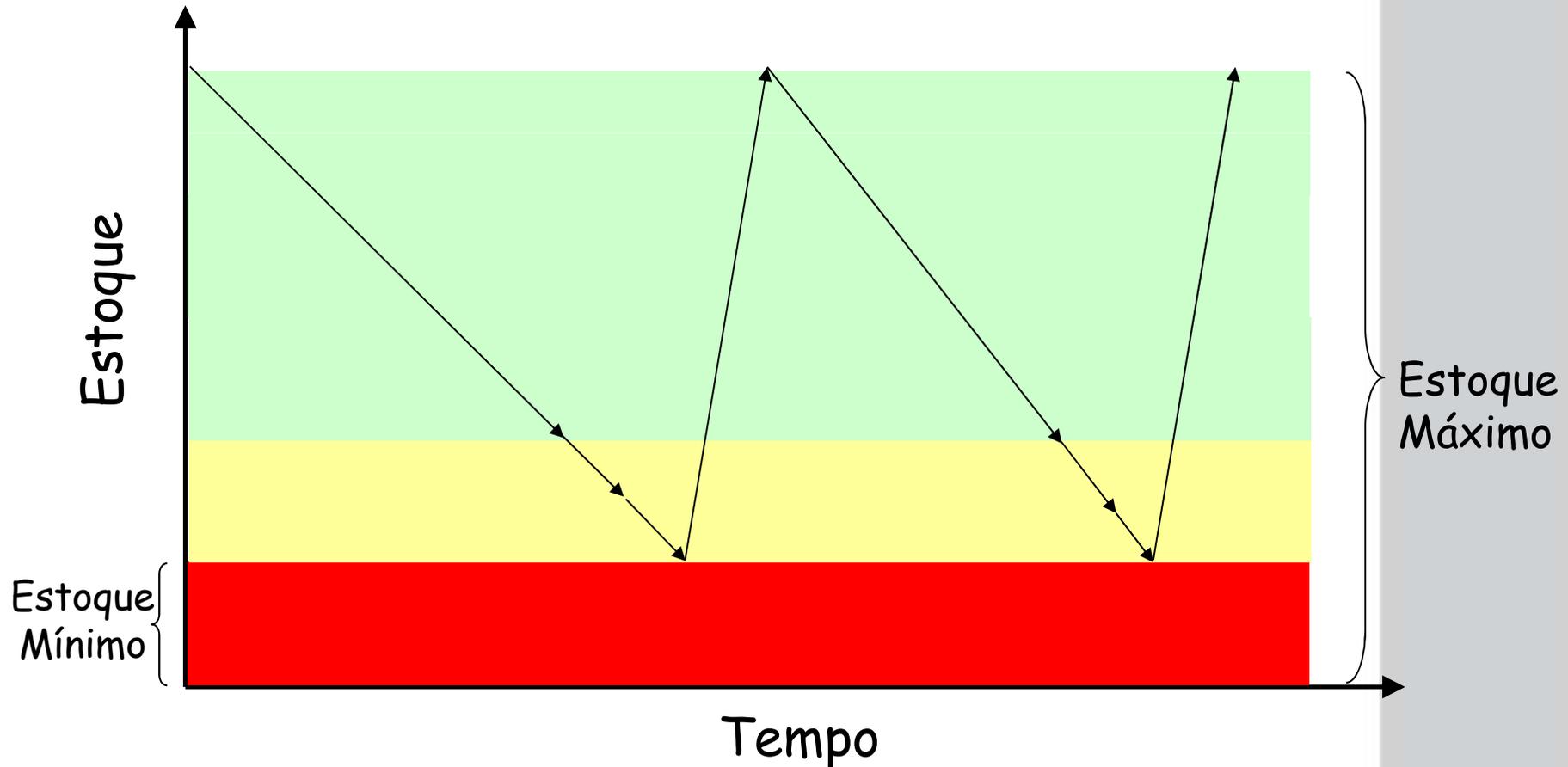


**Faixa Amarela:** É preciso produzir o item. A linha precisa terminar o que está fazendo, fazer o setup, produzir um lote de transferência e o colocar no supermercado.

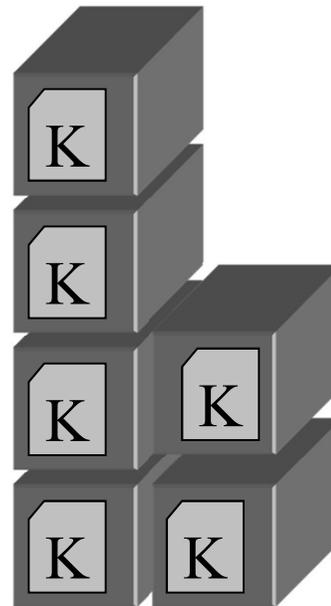
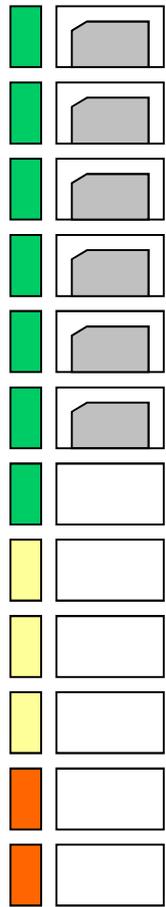
# Kanban x Estoques



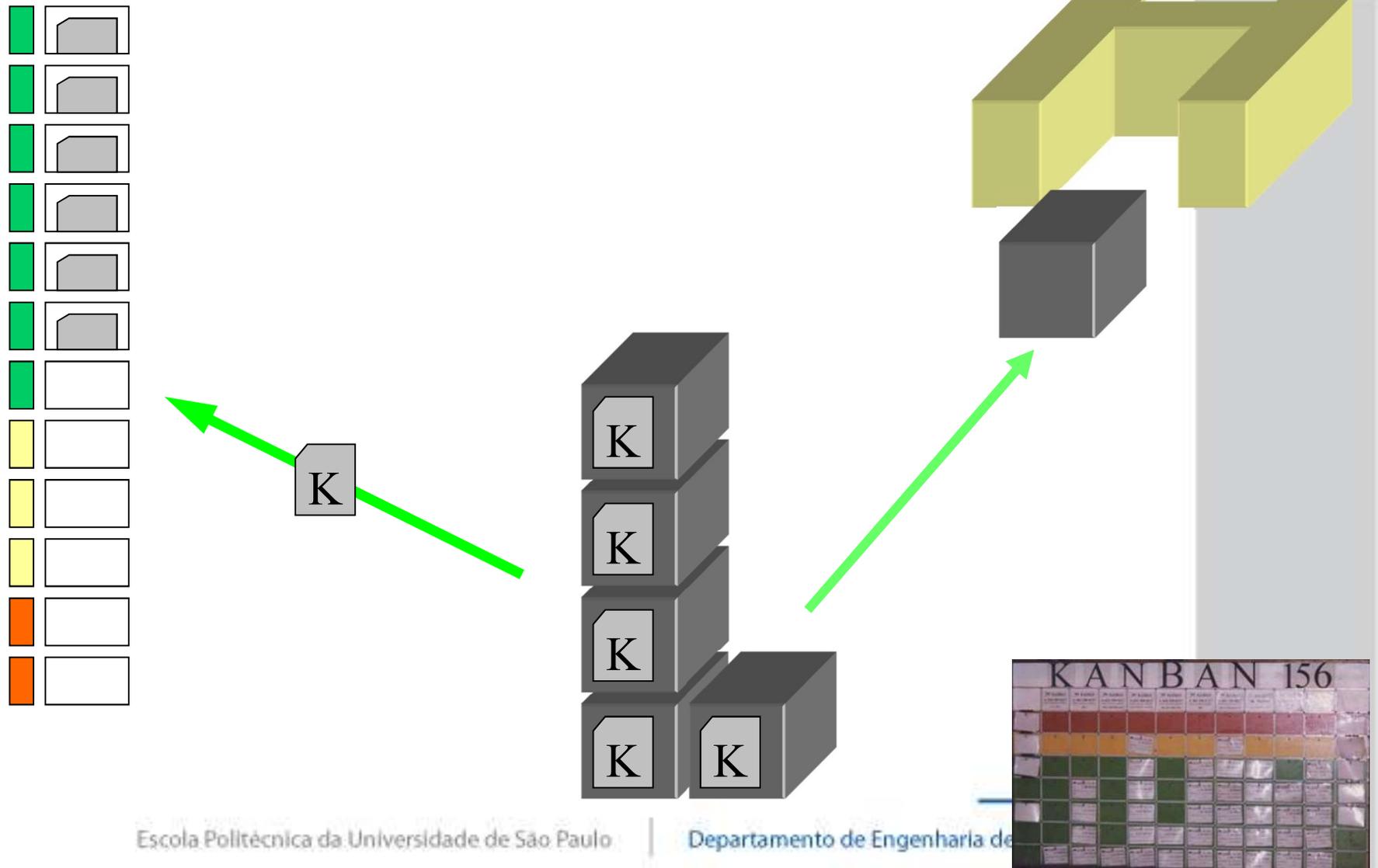
# Kanban x Estoques



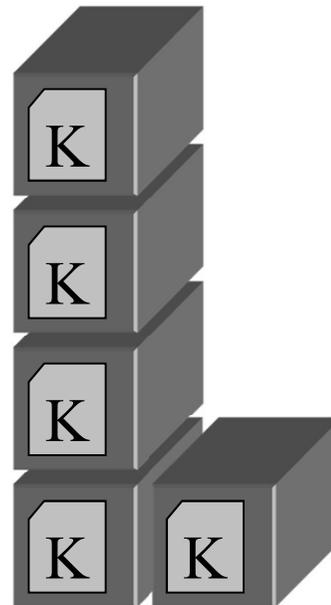
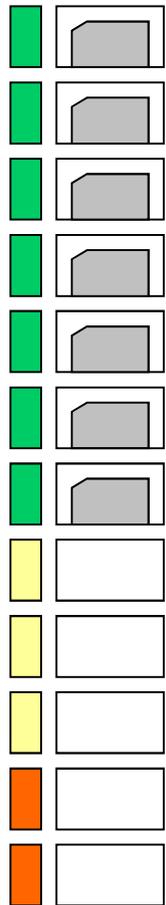
# Simulação Kanban



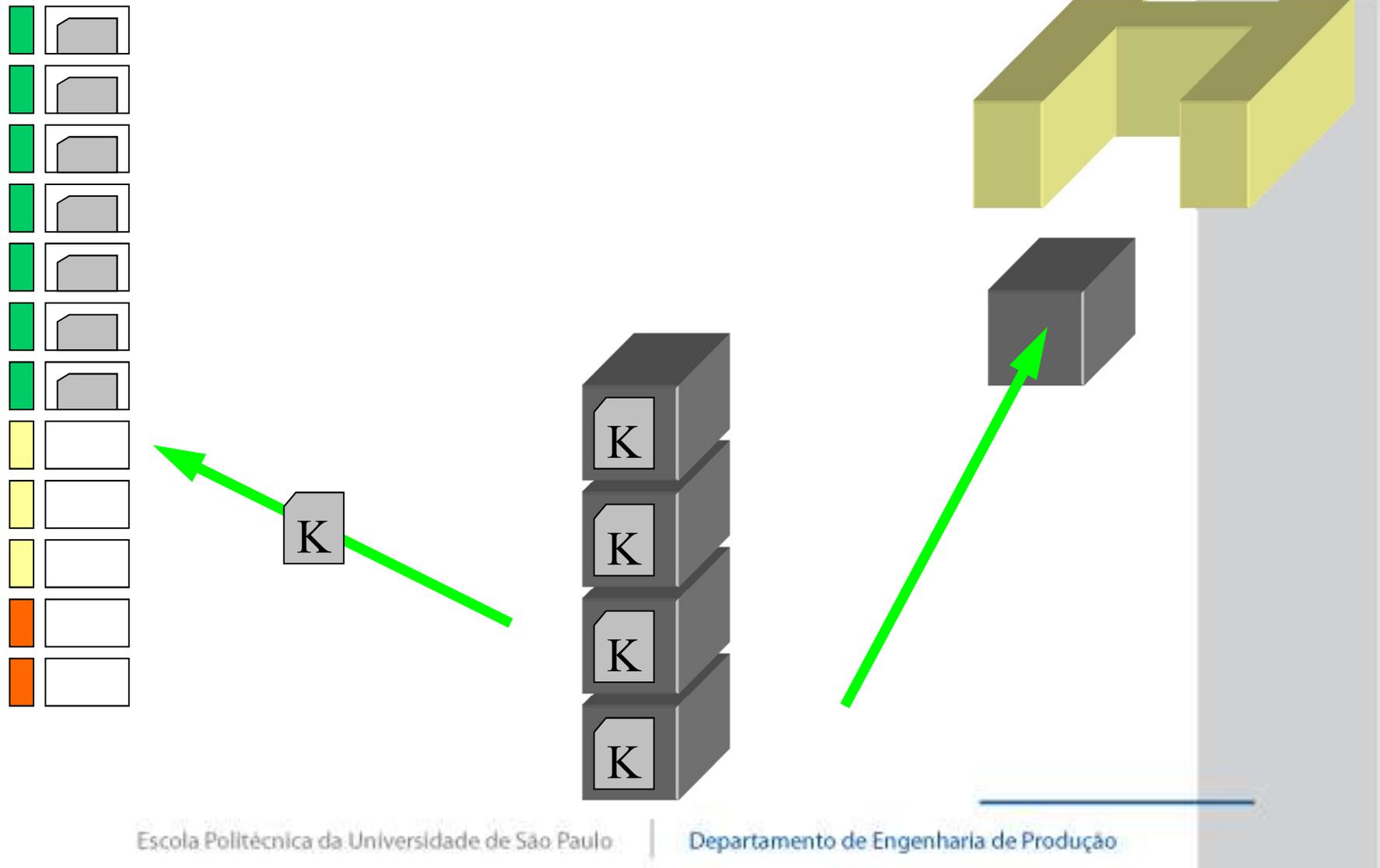
# Simulação Kanban



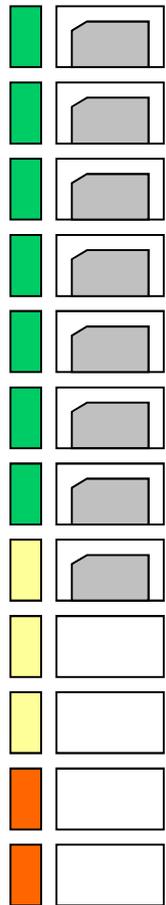
# Simulação Kanban



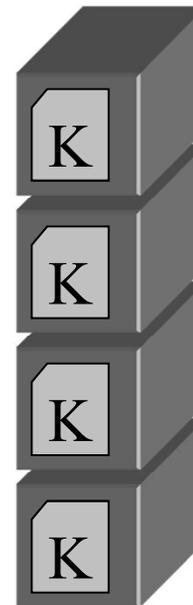
# Simulação Kanban



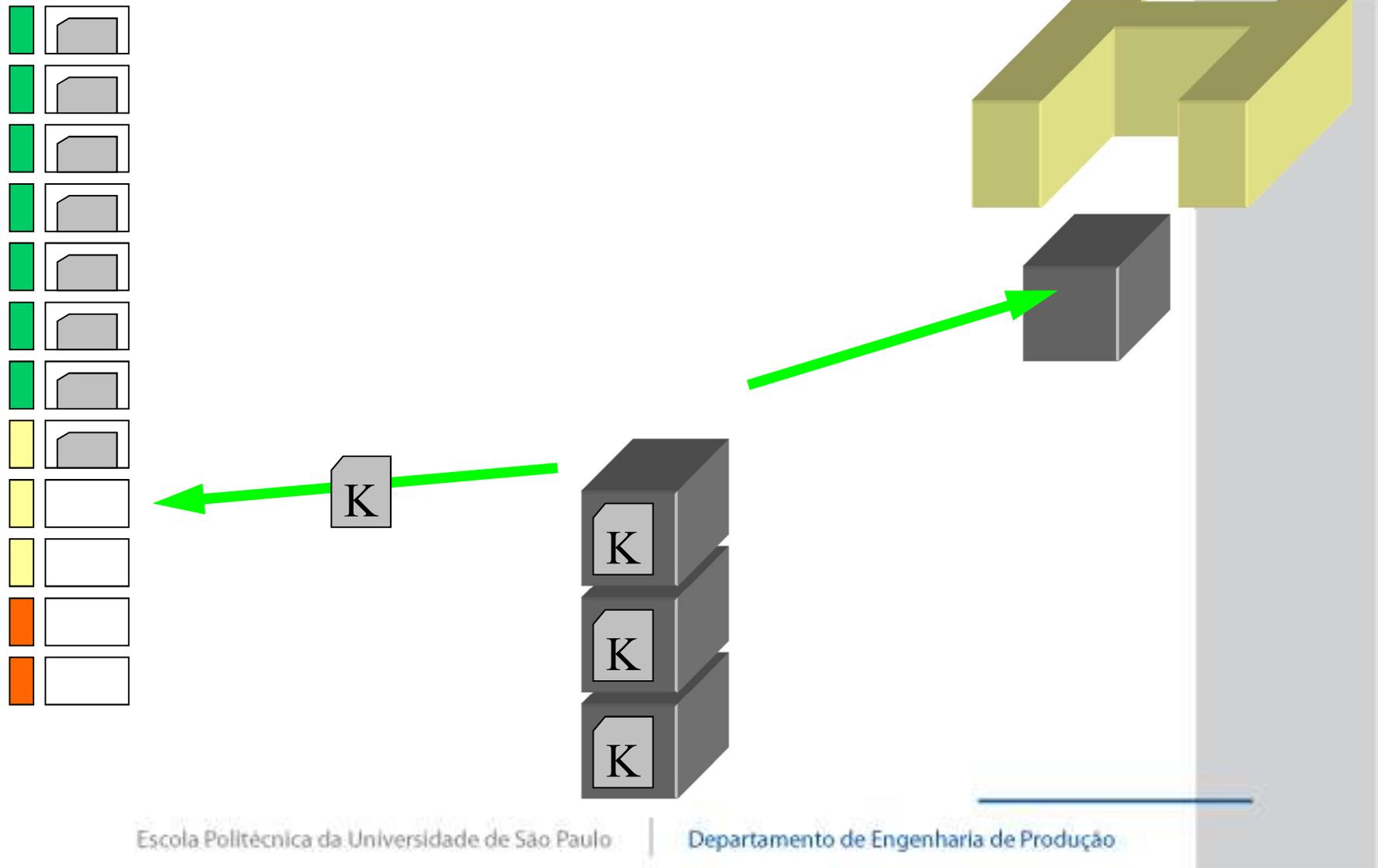
# Simulação Kanban



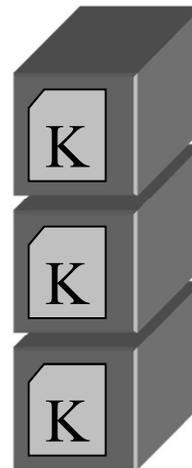
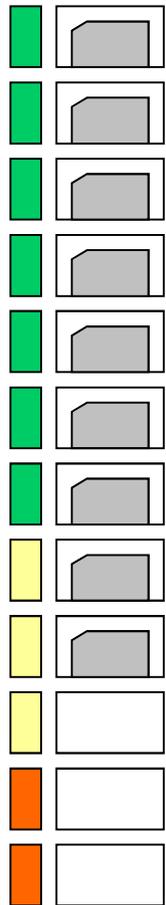
Preparar para produzir material



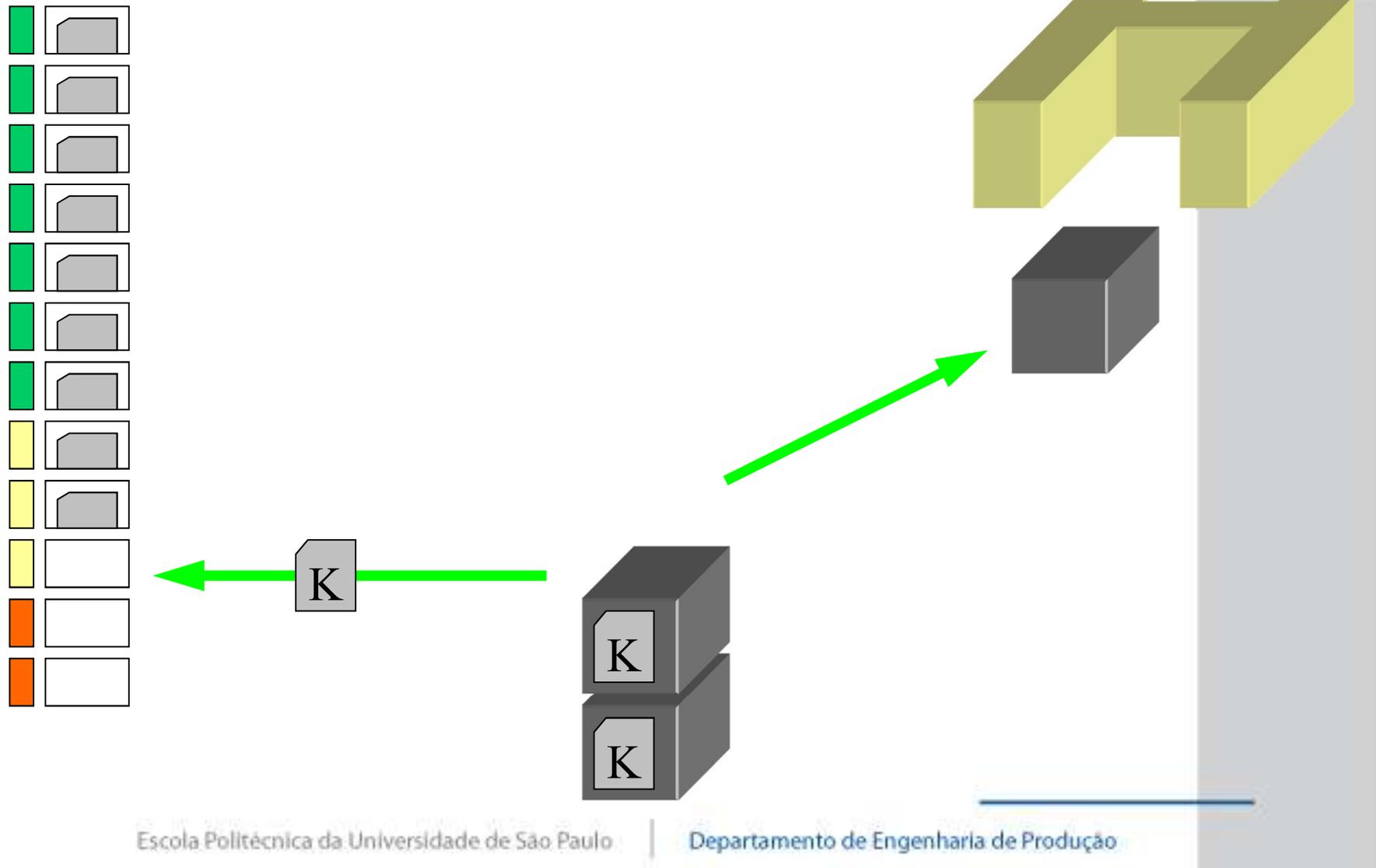
# Simulação Kanban



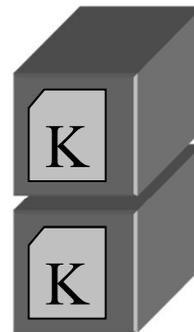
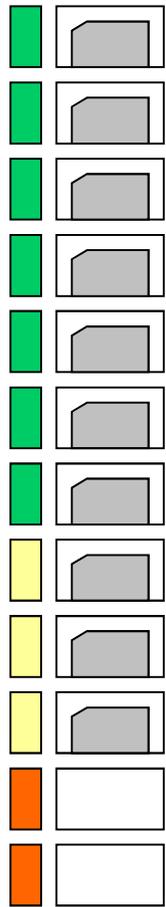
# Simulação Kanban



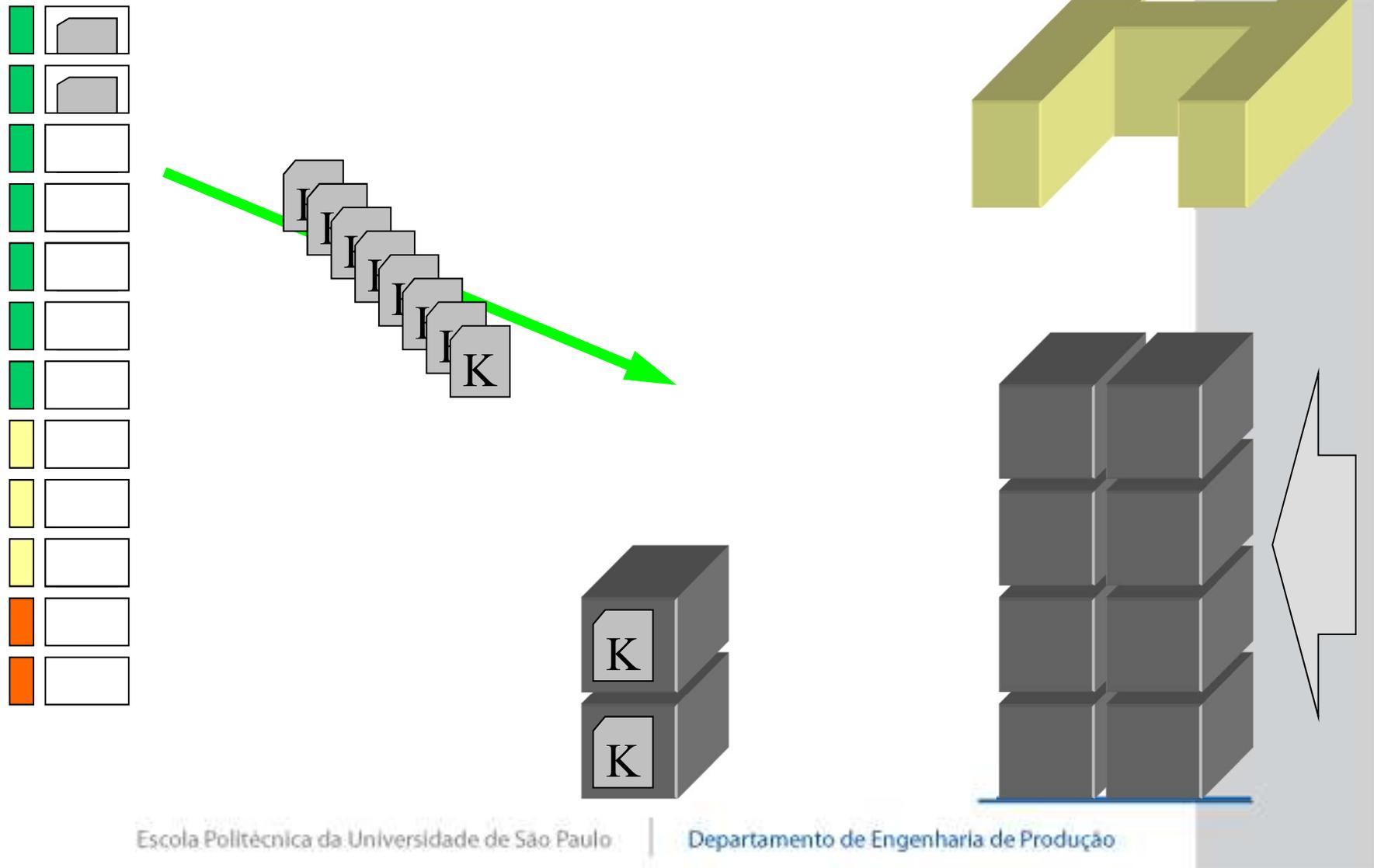
# Simulação Kanban



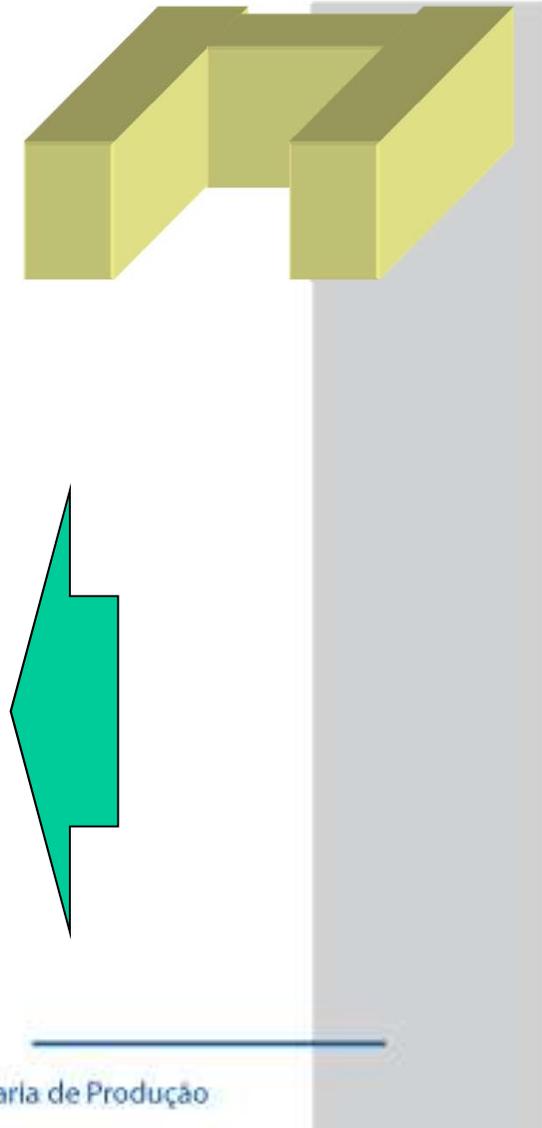
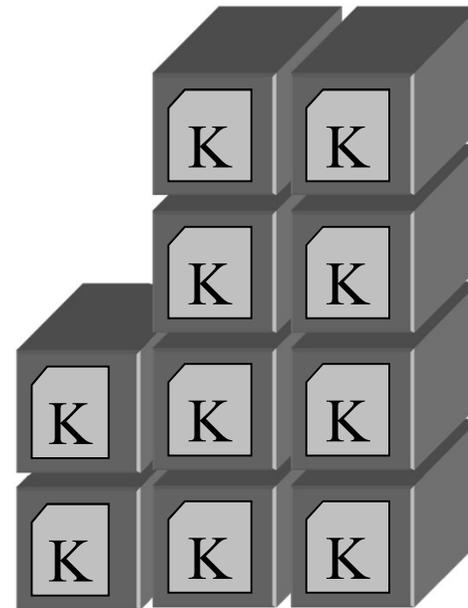
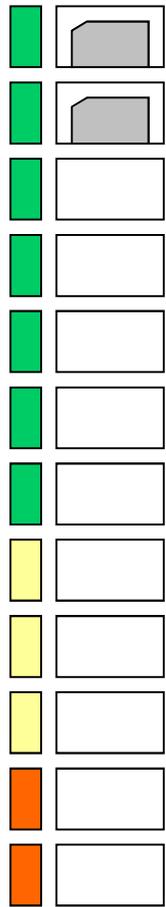
# Simulação Kanban



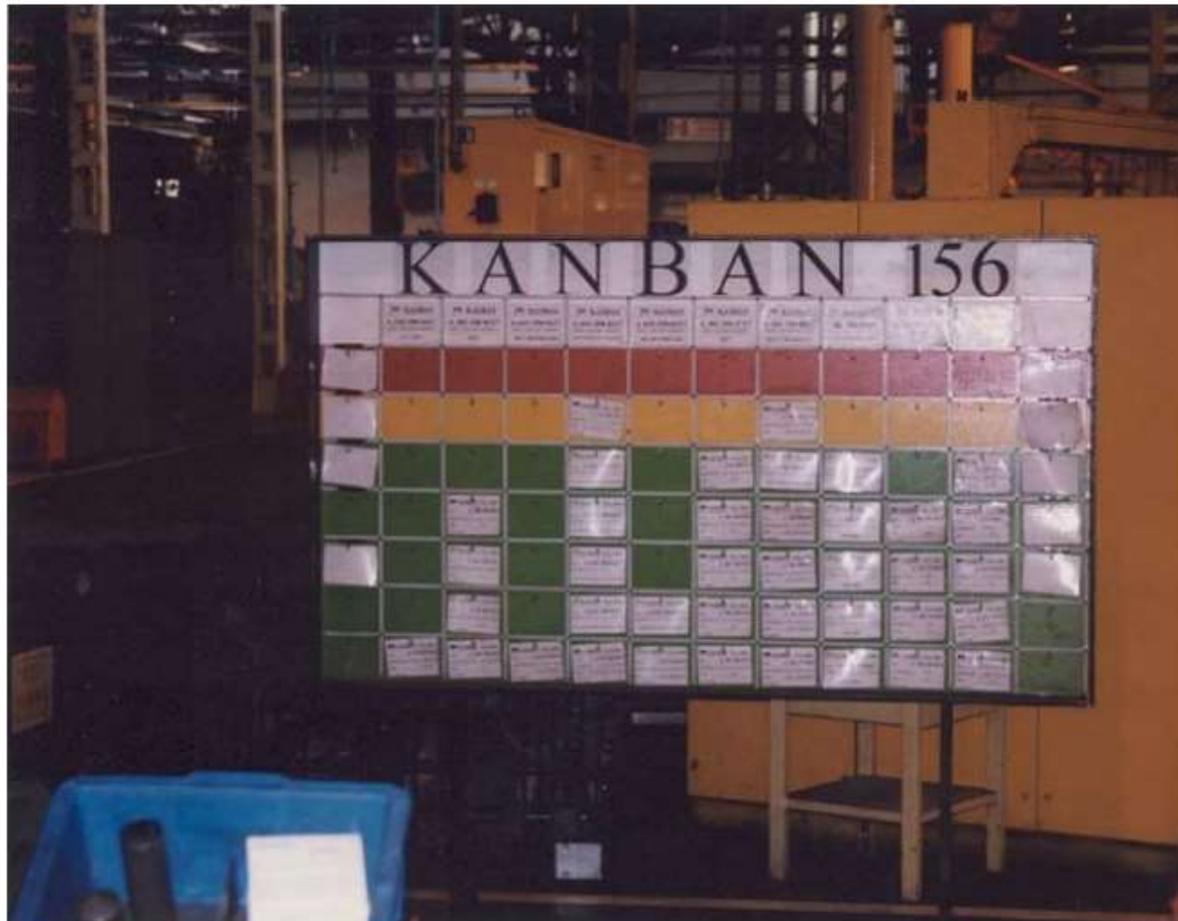
# Simulação Kanban



# Simulação Kanban



# Sistema Kanban – ex



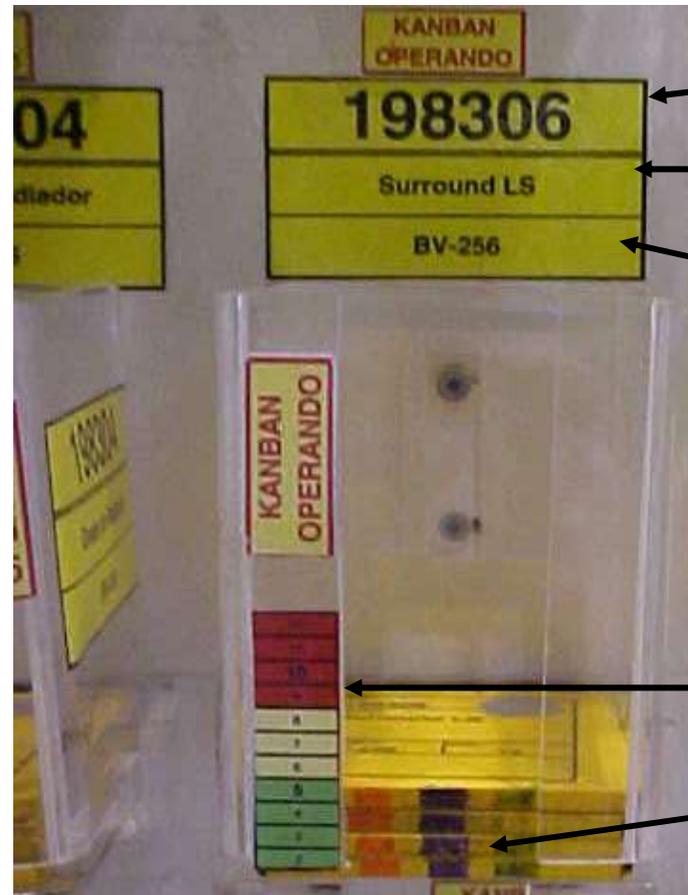
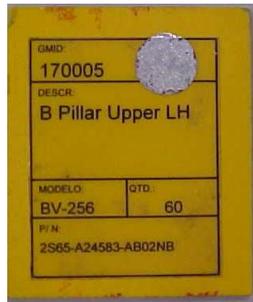
VERMELHO  
(emergência)

AMARELO  
(atenção)

VERDE  
(prioridade  
baixa)

O próprio operador pode decidir o ajuste fino da programação de produção em seu posto de trabalho simplesmente consultando o Quadro *Kanban*

# Quadro Kanban



Código da peça

Item

Modelo

Escala Kanban

Código de Cores

# Kanban em circulação

# Número de containers em circulação é calculado da seguinte forma:

$$N = \frac{DT (1 + X)}{C}$$

*N= Número total de containers*

*D= ritmo takt*

*T="lead time" médio (tempo médio que transcorre desde o momento em que um cartão kanban é recebido, até que o container seja devolvido vazio)*

*X: Coeficiente de segurança*

*C: Capacidade de um container padrão*

*Obs: D e T devem estar na mesma dimensão*

# Número de Kanbans = 2\*N

**Cada contêiner tem 1 KT e 1 KP**

# Kanban em circulação

Ex.: Em um centro de produção, o ritmo é de 300 peças por dia, e um container-padrão tem capacidade para 25 peças. O circuito completo de um container dura em média 0,12 dia, desde o momento em que um cartão kanban é recebido, até que o container seja devolvido vazio. Calcule o número de cartões kanban (contêiner) necessários se  $X = 0,20$ .

$$N = \frac{DT (1 + X)}{C}$$

$$N = ?$$

$$D = 300 \text{ peças por dia}$$

$$T = 0,12 \text{ dia}$$

$$C = 25 \text{ peças por contêiner}$$

$$X = 0,20$$

$$N = \frac{300(0,12)(1 + 0,20)}{25} = 1,728$$

(arredondamos para 2 contêineres)

# Estudo de Caso