

# SIMULAÇÃO

## EVENTOS DISCRETOS – INDÚSTRIA

### AUTOMOBILÍSTICA

*Lego*, uma expressão criada a partir da frase em [dinamarquês](#) *leg godt*, com o significado de "brincar bem". De acordo com a versão do LEGO Group., anos mais tarde, a palavra *lego*, em [latim](#) significa *eu ponho junto* ou *eu uno*, embora isso seja, na realidade, uma tradução demasiado livre de uma forma verbal traduzida academicamente como "eu leio" ou "eu reúno".



**Fornecedor**

**Montagem Carreta Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$**

Montagem Chassi Dianteiro Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$

Montagem Cavalo Q / semana =  $((60 / 16) * 7.5) * 5 = 140$

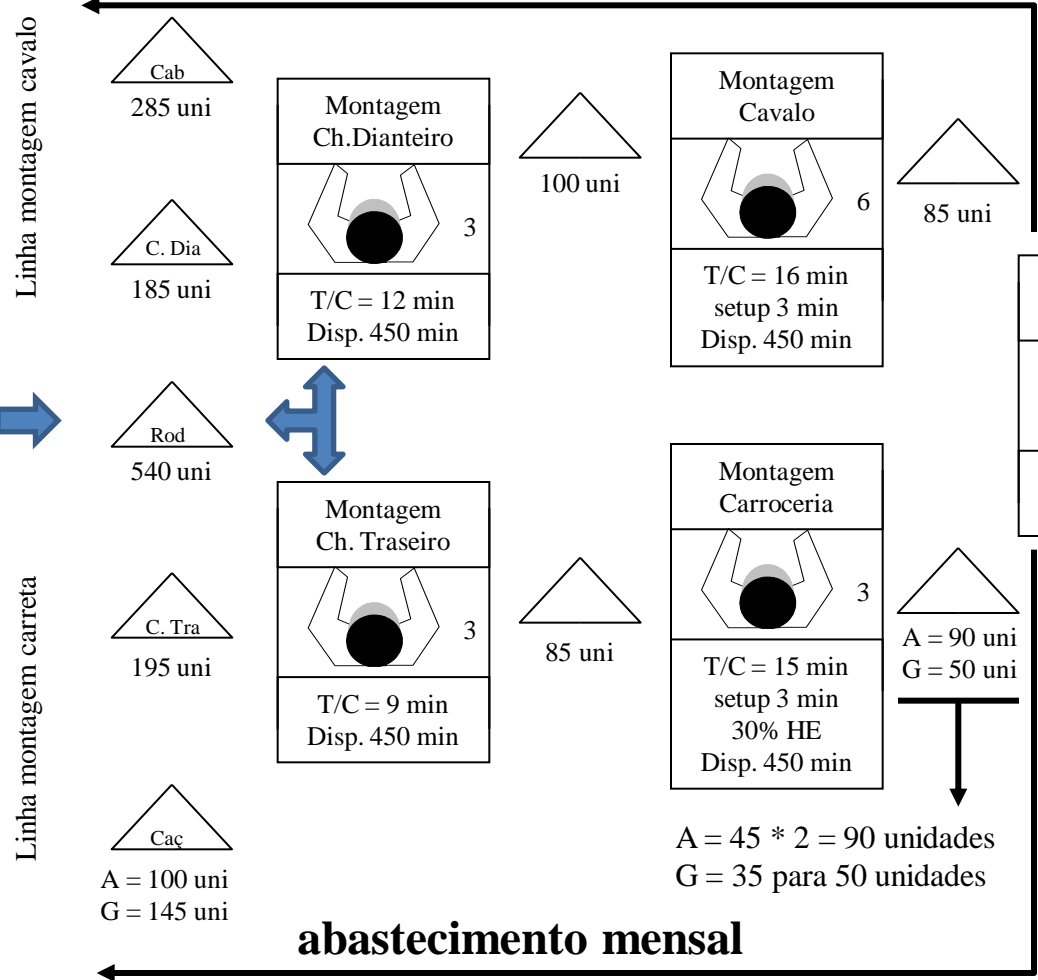
Montagem Chassi Traseiro Q / semana =  $((60 / 9) * 7.5) * 5 = 250$

Montagem Carroceria Q / semana =  $((60 / 15) * 7.5) * 5 = 150$

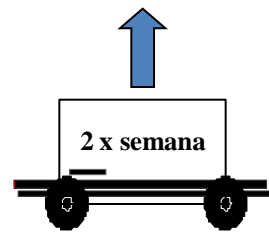
**Cliente**

600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia

**abastecimento quinzenal**



45 + 35 = 80 unidades  
85 unidades



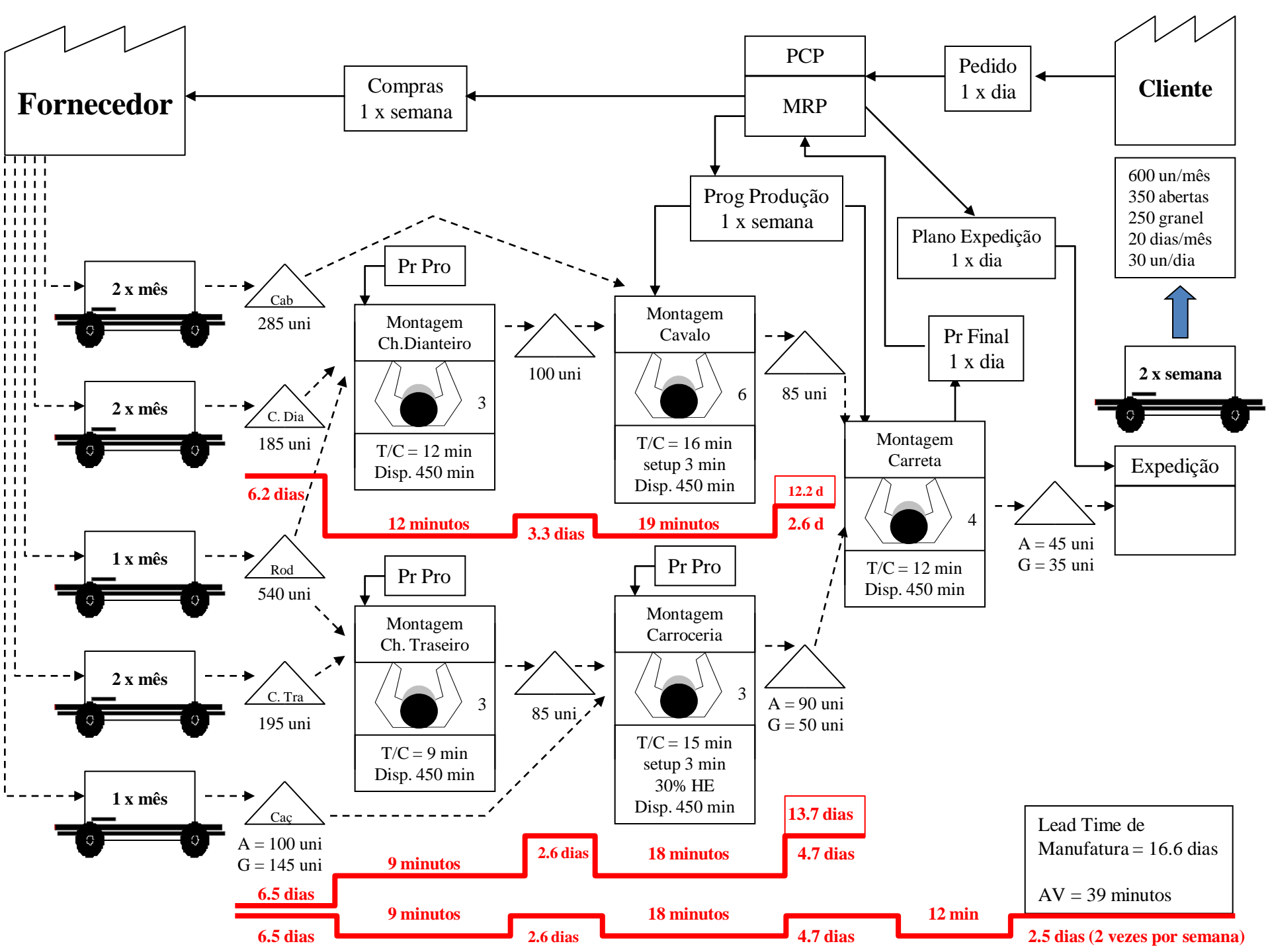
**Expedição**

**HORIZONTE SEMANA**

Aberta – 350 / 20 = 17.5 por dia = 18 unid. por dia  
Granelero – 250 / 20 = 12.5 por dia = 13 unid. por dia

Semana com 5 dias úteis, entrega duas vezes por semana:  
5 dias / 2.5 – frequência de abastecimento

Quantidade a ser disponibilizada por entrega:  
Aberta – 18 \* 2.5 = 45 unidades  
Granelero – 13 \* 2.5 = 32.5 = 35 unidades





A sueca Scania, uma das líderes na venda de caminhões pesados no Brasil, foi buscar inspiração no Lego, o brinquedo de montar, para criar um sistema modular de fabricação de veículos. Juntando as diferentes peças, a Scania pode fazer 6 milhões de combinações. Com o objetivo de tornar a operação viável do ponto de vista comercial, a montadora reduziu o número de alternativas no catálogo, mas manteve a quantidade de opções em cerca de 100 modelos de caminhão. É essa variedade que permite à fábrica em São Bernardo do Campo, na Grande São Paulo, vender caminhões sob medida para países espalhados por todos os continentes. Os veículos exportados para a Coreia do Sul, o principal mercado na Ásia, por exemplo, recebem abafadores de ruído extras por causa da legislação local, mais exigente. Os destinados à Europa têm um sistema de aquecimento auxiliar que permite esquentar a cabine mesmo com o motor desligado.

Por ser uma empresa de tamanho médio no setor automobilístico mundial, a Scania não tinha muitas alternativas. Ou apostava tudo no sistema modular ou corria o risco de perder fatias vitais de mercado. Com a redução do número de peças de cerca de 30.000 para 12.000, conseguiu baixar os custos de estocagem. Já a aplicação do sistema modular em âmbito mundial permitiu a montagem dos mesmos produtos no Brasil, na Argentina, na Suécia, na Holanda e na França, todos os países em que a empresa tem fábricas.



Há cinco alternativas de cabine



Os motores têm potência de 220 a 480 cavalos



Há várias opções de eixo dianteiro e traseiro

As três alternativas de caixa de câmbio vão de oito a catorze marchas



Existem três opções de chassi de aço com espessura de 8 a 17,5 milímetros

# SIGLAS & DEFINIÇÕES

- MFP – Mecanismo da Função de Produção
- STP – Sistema Toyota de Produção
- Estamparia – *Pressing*
- Soldagem – *Welding*
- Pintura – *Painting*
- Forjaria - *Forjing*
- Tratamento Térmico – *Heat treatment*
- Fundição – *Casting*
- Usinagem – *Machining*
- Submontagem – *Kitting*
- Montagem - *Assembly*

# SISTEMAS DE PRODUÇÃO

• SHINGO (1996a) postula que os sistemas de produção podem ser entendidos como redes de processos e operações:

1. Função Processo – refere-se ao acompanhamento dos objetos de trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.
2. Função Operação – refere-se ao acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

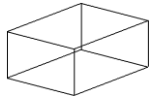
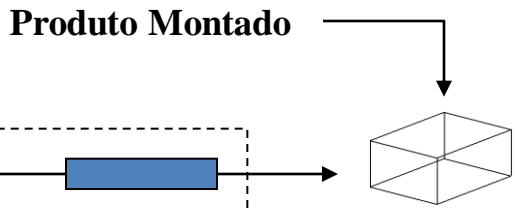
Gestão da Fábrica com base no Subsistema de operação padrão que busca atender três propósitos básicos:

1. “obtenção de alta produtividade através de trabalho dedicado” – entenda-se “trabalho dedicado” como “trabalho eficiente, sem qualquer perda de movimentos”;
2. “balanceamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção” – neste caso, o termo “processo” utilizado por MONDEN (1984) se refere às interseções entre as funções Processo e Operação do MFP; trata-se, de fato, do “processamento” (transformação das características de qualidade) dos materiais;
3. Manutenção de uma “...quantidade mínima de material em processo”.

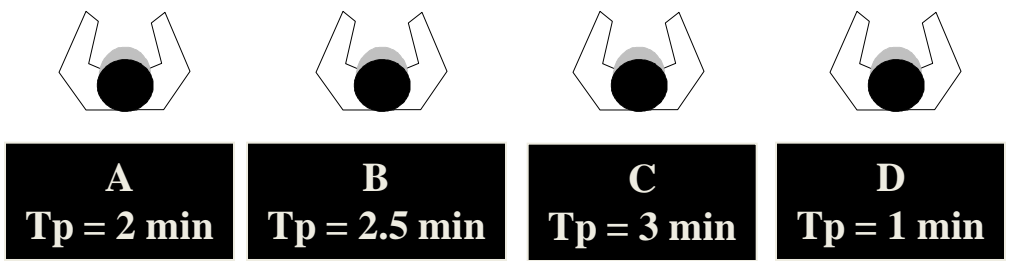
# Tempo de ciclo para uma linha ou célula de produção

De acordo com ROTHER & SHOOK (1998) o tempo de ciclo é “o tempo transcorrido entre a saída de uma peça e a saída da seguinte, em segundos”

**Tempo disponível para produção = 8 horas**

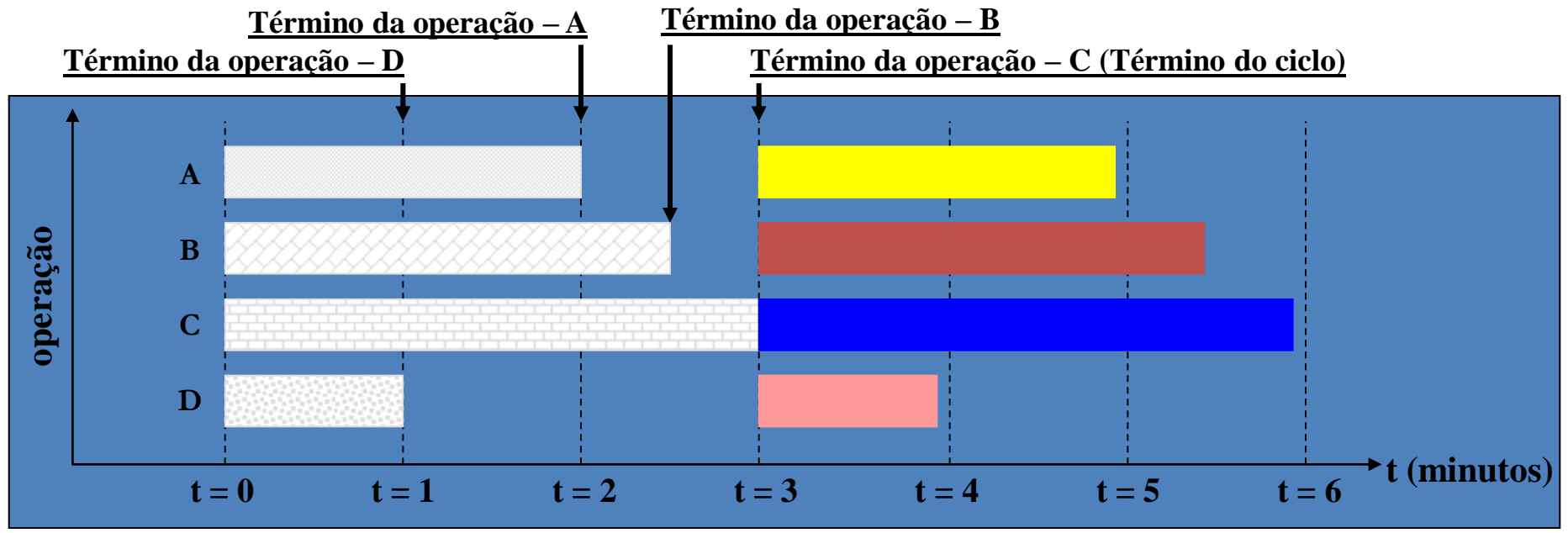


Considerando um operário alocado a cada máquina/posto, não é possível produzir mais que 20 peças por hora nessa linha.



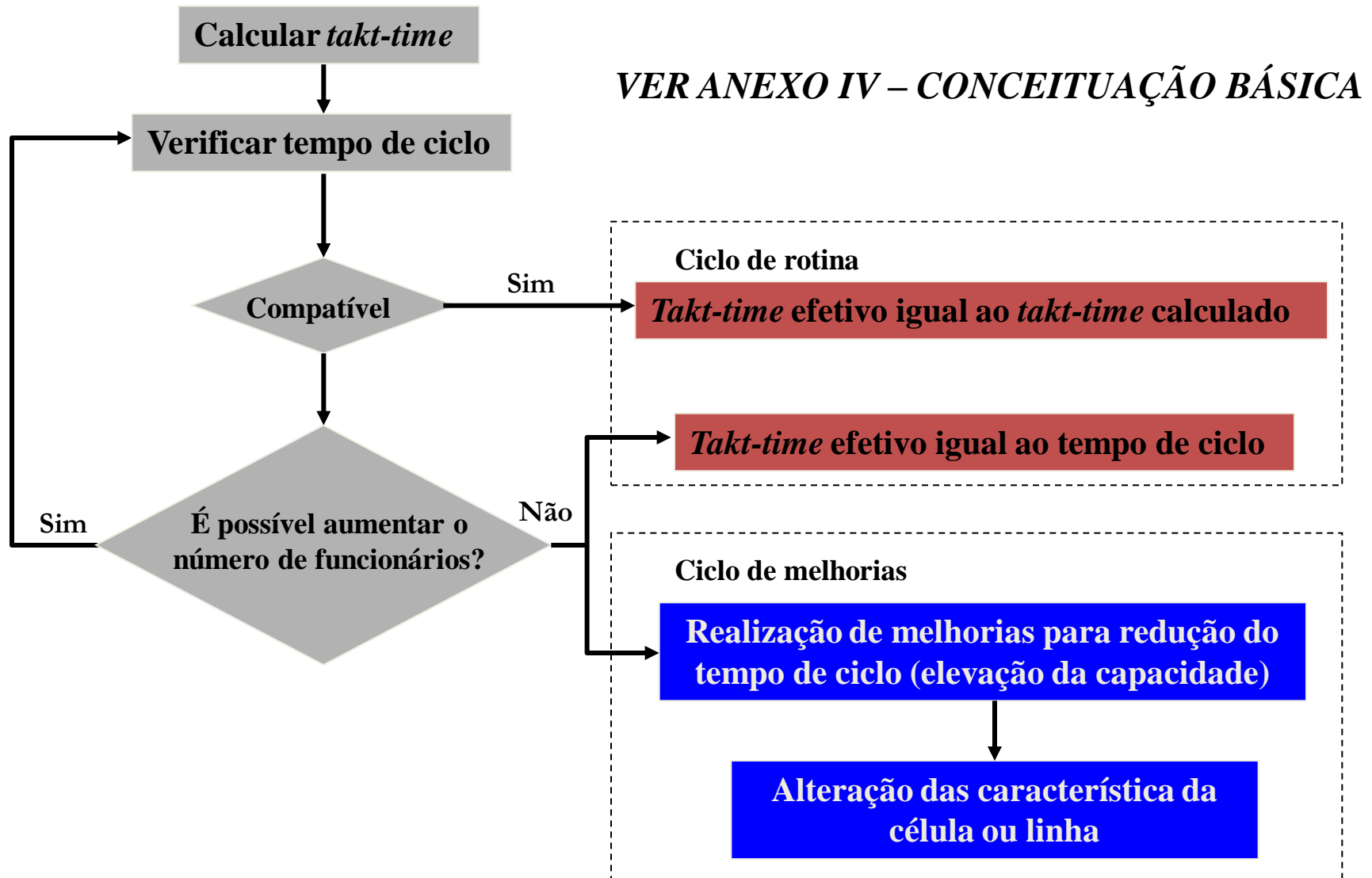
$$Takt-time = \frac{(8 * 60)}{3 \text{ (min.)}} = 160 \text{ peças / dia}$$

$$peças / hora = 160 / 8 = 20 \text{ peças}$$



**Tempo de ciclo para o exemplo**

# GESTÃO COM BASE NO *TAKT-TIME*: OS CICLOS DE ROTINA E DE MELHORIAS





# MAPA DA SITUAÇÃO ATUAL MECANISMO DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO – MFP

## FÁBRICA DE CARRETAS

**“HÁ QUE SE RECONHECER QUE, DO PONTO DE VISTA DA OPERAÇÃO DO STP (SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO), A LINEARIZAÇÃO E O ENCADEAMENTO DO FLUXO DE MATERIAIS TÊM FUNDAMENTAL RELEVÂNCIA”. ALVAREZ, R. DOS REIS (2001).**

**Conforme MONDEN (1984), isso é realizado de duas formas gerais:**

- 1. Com a utilização do sistema *kanban* para conexão de células de produção;**
- 2. Através da produção em fluxo unitário em linha (*one piece flow*) – transferência de materiais entre postos de trabalho se dá em lotes de tamanho igual a uma unidade (peça).**

**A Gestão pelo tempo assume papel primordial na medida em que a fábrica como um todo se adapta ao ritmo definido para a linha de montagem.**

# SISTEMAS DE PRODUÇÃO

• SHINGO (1996a) postula que os sistemas de produção podem ser entendidos como redes de processos e operações:

1. Função Processo – refere-se ao acompanhamento dos objetos de trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.
2. Função Operação – refere-se ao acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

Gestão da Fábrica com base no Subsistema de operação padrão que busca atender três propósitos básicos:

1. “obtenção de alta produtividade através de trabalho dedicado” – entenda-se “trabalho dedicado” como “trabalho eficiente, sem qualquer perda de movimentos”;
2. “balanceamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção” – neste caso, o termo “processo” utilizado por MONDEN (1984) se refere às interseções entre as funções Processo e Operação do MFP; trata-se, de fato, do “processamento” (transformação das características de qualidade) dos materiais;
3. Manutenção de uma “...quantidade mínima de material em processo”.

# COMPORTAMENTO DA DEMANDA

“no caso do Sistema Toyota de Produção (STP) o tempo é entendido como uma variável sistêmica, associada ao fluxo dos materiais, e não simplesmente referente à análise e controle local de cada operação específica na fábrica”



# CARACTERÍSTICAS DE DEMANDA

Clientes	concessionárias	observação
Quantidade mensal média	600	550 a 650 unidades
carrocerias abertas	350	300 a 400 unidades
graneleiros	250	200 a 300 unidades
dias úteis do mês	20	dias
entrega	2	vezes por semana

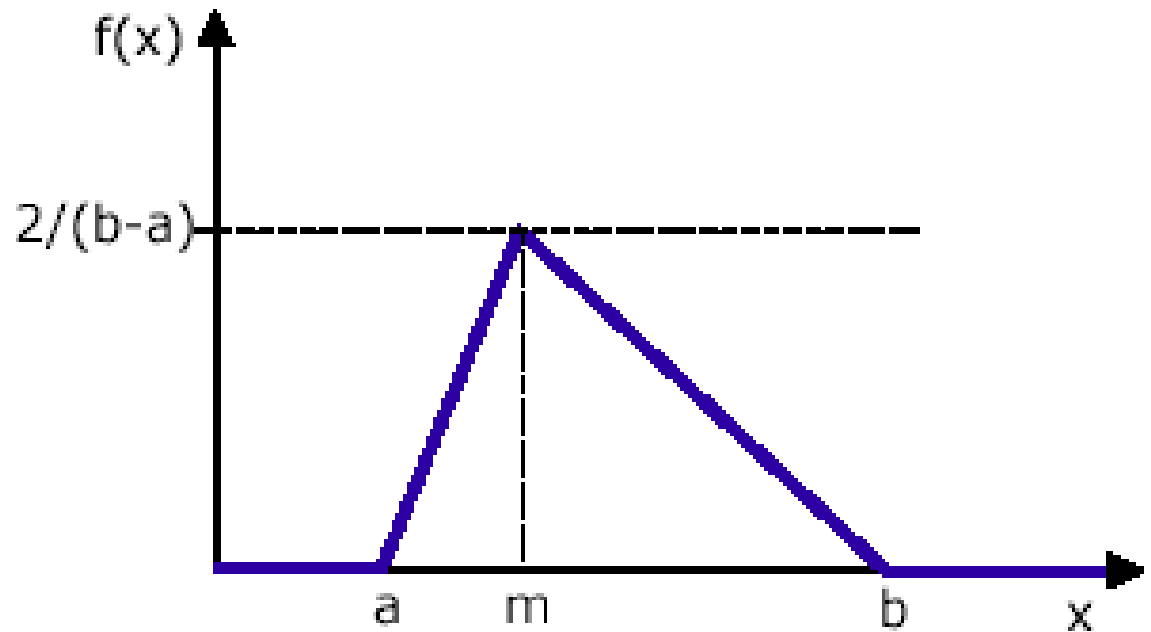


# DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA ADOTADA

# Distribuições de Probabilidade

## Distribuições Contínuas

**Triangular**  
**Aproximação de**  
**dados que**  
**permitam obter**  
**uma distribuição**  
**adequada.**



# TRIANGULAR

- A distribuição Triangular não é identificada com nenhum tipo de operação específica, mas é útil quando se deseja uma primeira aproximação na falta de dados específicos. Além dos valores mínimo e máximo característico da distribuição uniforme, o conhecimento de um valor mais provável, valor modal, permite o uso desta distribuição, no lugar da uniforme. É muito utilizada quando não existem dados suficiente e é necessária uma estimativa.

# CARACTERÍSTICAS DE DEMANDA DE CARRETAS (GRANELEIRO + ABERTA)

$$\textit{taxa de abastecimento} = \frac{\textit{Tempo disponível para a produção}}{\textit{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(550 / 20)} = 16.36 \textit{ min / produto}$$

$$\textit{taxa de abastecimento} = \frac{\textit{Tempo disponível para a produção}}{\textit{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(600 / 20)} = 15 \textit{ min / produto}$$

$$\textit{taxa de abastecimento} = \frac{\textit{Tempo disponível para a produção}}{\textit{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(650 / 20)} = 13.85 \textit{ min / produto}$$



# CARACTERÍSTICAS DE DEMANDA DE CARRETAS (GRANELEIRO)

$$\text{taxa de abastecimento} = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(200 / 20)} = 45.00 \text{ min / produto}$$

$$\text{taxa de abastecimento} = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(250 / 20)} = 36 \text{ min / produto}$$

$$\text{taxa de abastecimento} = \frac{\text{Tempo disponível para a produção}}{\text{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(300 / 20)} = 30.00 \text{ min / produto}$$

# CARACTERÍSTICAS DE DEMANDA DE CARRETAS (ABERTA)

$$\textit{taxa de abastecimento} = \frac{\textit{Tempo disponível para a produção}}{\textit{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(300 / 20)} = 30.00 \textit{ min / produto}$$

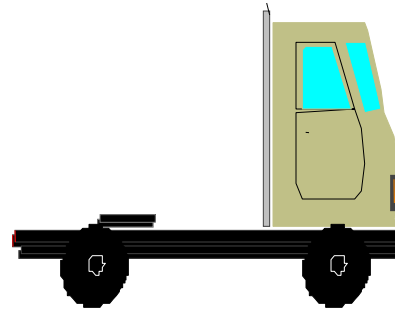
$$\textit{taxa de abastecimento} = \frac{\textit{Tempo disponível para a produção}}{\textit{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(350 / 20)} = 25.7143 \textit{ min / produto}$$

$$\textit{taxa de abastecimento} = \frac{\textit{Tempo disponível para a produção}}{\textit{Quantidade a ser produzida}} = \frac{(7.5 * 60)}{(400 / 20)} = 22.5 \textit{ min / produto}$$

# ÁREAS DE SUPRIMENTOS

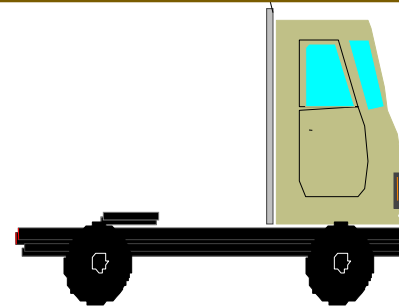
Área de Suprimentos	Taxa Mínima	Taxa Moda Média	Taxa Máxima	Distribuição
1. Chassis dianteiro	13.85	15	16.36	TRIA(13.85,15,16.36)
2. Sistema de Rodagem Dianteiro	13.85	15	16.36	TRIA(13.85,15,16.36)
3. Chassis traseiro	13.85	15	16.36	TRIA(13.85,15,16.36)
4. Sistema de Rodagem Traseiro	13.85	15	16.36	TRIA(13.85,15,16.36)
5. Cabine	13.85	15	16.36	TRIA(13.85,15,16.36)
6. Caçamba aberta	22.5	25.7143	30	TRIA( 22.5 , 25.7143 , 30 )
7. Caçamba graneleira	30	36	45	TRIA( 30 , 36 , 45 )

## 2 conjunto



***Tempo de ciclo = 16 minutos (maior tempo de processo)***

***Número de estágios =  $70 (9 + 15 + 3 + 12 + 16 + 3 + 12) / 16 = 4.375 = 5$  estágios***



### ***SUPRIMENTOS***

- 10 – Chassis – fornecimento quinzenal
- 20 – Sistema de rodagem – fornecimento mensal
- 30 – Caçambas – fornecimento mensal
- 40 – Cabines – fornecimento quinzenal

### ***PROCESSOS***

- 10 – Montagem do chassi traseiro – 9 minutos
- 20 – Montagem da carroceria – 15 minutos  
Setup de posicionamento – 03 minutos
- 30 – Montagem do chassi dianteiro – 12 minutos
- 40 – Montagem do cavalo – 16 minutos  
Setup de posicionamento – 03 minutos
- 50 – Montar a carreta – 12 minutos



600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia

**2 x semana**

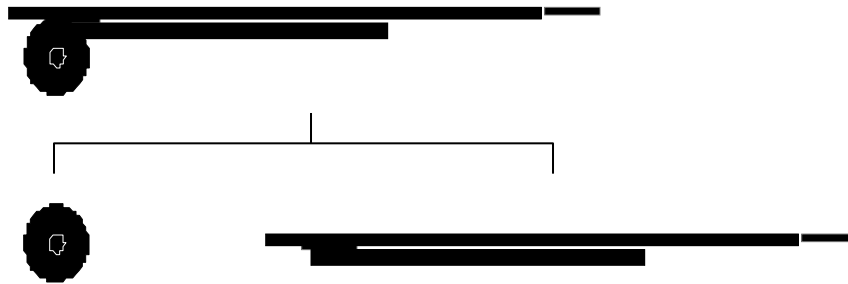




A  
Montar chassi traseiro

A

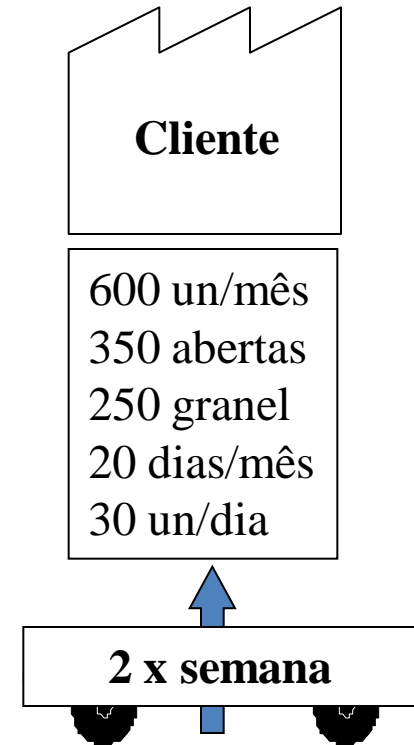
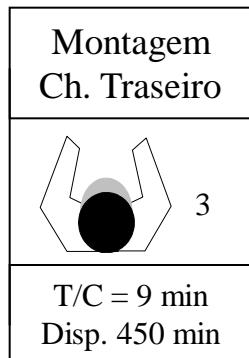
Montar chassi traseiro



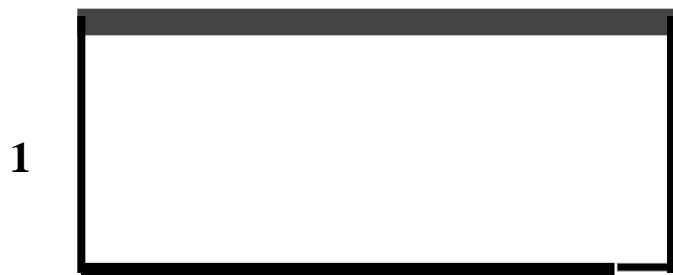
**Tempo padrão: 9 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**





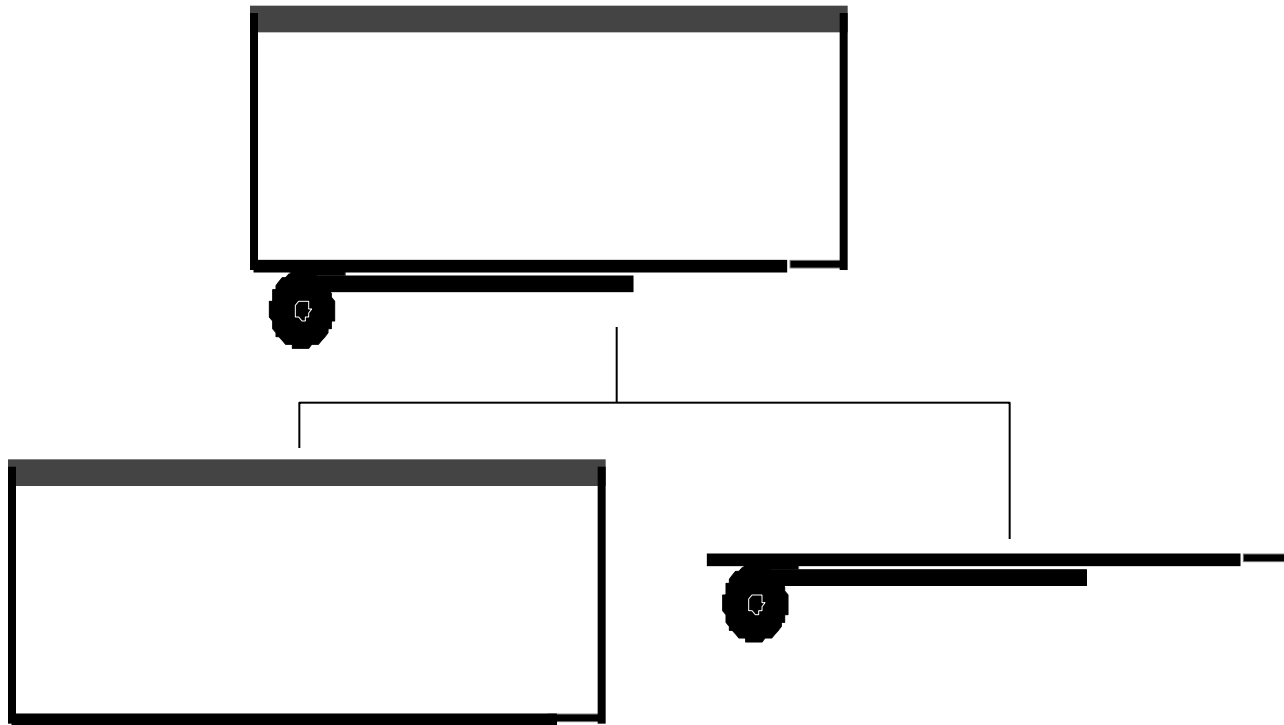


B  
Montar carroceria

A  
Montar chassi traseiro

B

Montar carroceria



**Tempo padrão: 15 minutos**

**Setup de posicionamento: 3 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**

**30% dos dias com 2 horas extras**

# ALTERAR NA CAPACITY

- 30% dos dias 2 horas extras, ou seja,  $0.3 * 20 = 6$  dias sendo  $7.5 + 2.0 = 9.5$  horas por dia

# EXCEÇÃO DE CALENDÁRIO

- 30% horas extras
- Dias =  $0.3 * 20 = 6$  dias
- Minutos =  $20 * 7.5 * 60 * 3 = 27000$  minutos,  $6 * 2 * 60 * 3 = 2160$  a mais em um mês de trabalho para o processo de montagem da carroceria
- Logo:  $(2160 / 2700) * 100\% = 8\%$   
*Capacity* =  $3 * 1.08 = 3.24$

Linha de montagem da Carroceria						
unidade de tempo	jornada	número de recursos	tempo total	jornada extra	tempo total + jornada extras	aumento de disponibilidade (recursos)
minutos	9000	3	27000	2160	29160	3.24
horas	150	3	450	36.00 (2 horas extras por dia)	486	3.24
dias	20	3	60	18	78	
				30% (aumento da jornada)		

# ALTERAR NO CALENDÁRIO

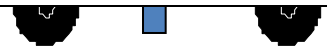
- No *run setup*, corrigir *Replication Length* de 450 minutos (7.5 horas) para 570 minutos (9.5 horas)
- No calendário montar as escalas dos recursos, contemplando os recursos de todas as linhas durante 7.5 horas, todos os dias, e colocando as duas horas restantes, em 6 dias no mês, com a capacidade do recurso correspondente a uma linha só.

**Cliente**

600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia



**2 x semana**

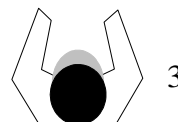


Montagem  
Ch. Traseiro

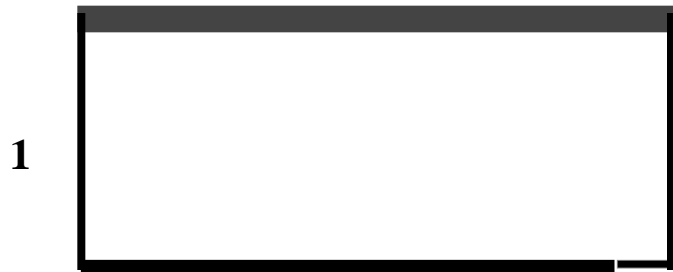


T/C = 9 min  
Disp. 450 min

Montagem  
Carroceria



T/C = 15 min  
setup 3 min  
30% HE  
Disp. 450 min



1



2

**B**  
Montar carroceria



3



1



2

**A**  
Montar chassi  
traseiro

**C**  
Montar chassi  
dianteiro



3



1



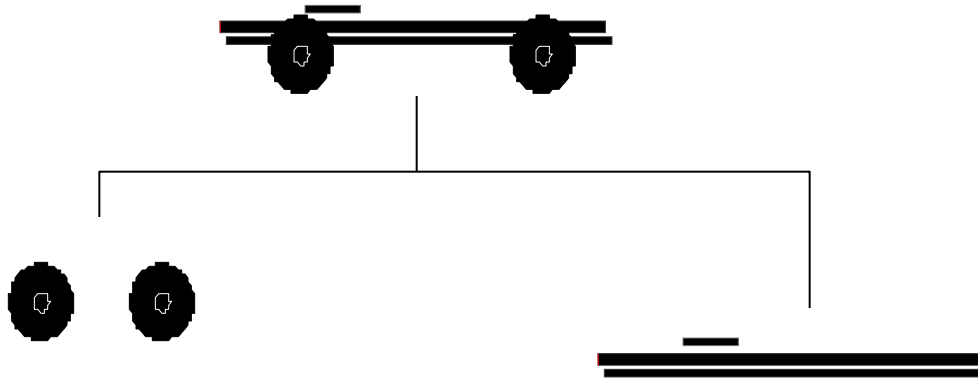
2



3

C

Montar chassi dianteiro

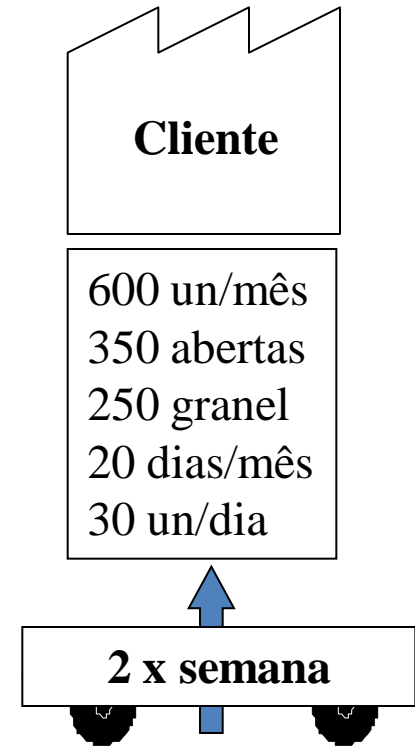
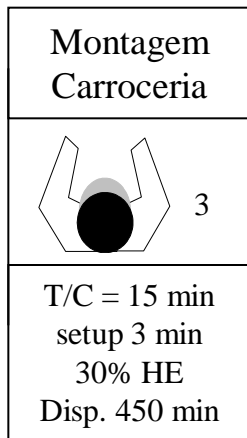
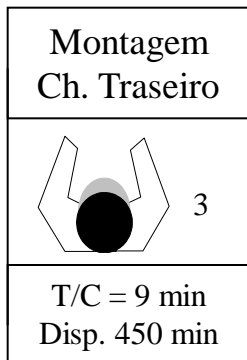
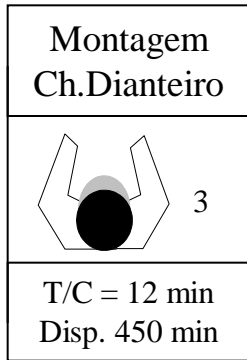


**Tempo padrão: 12 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**







**B**

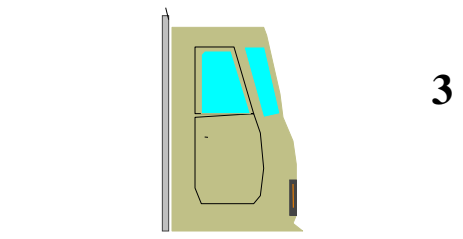
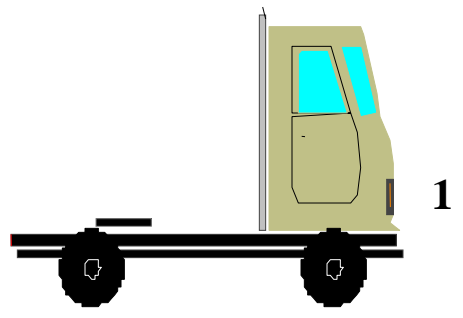
Montar carroceria Montar cavalo



**A**

Montar chassi traseiro

**D**



**C**

Montar chassi dianteiro



1

2

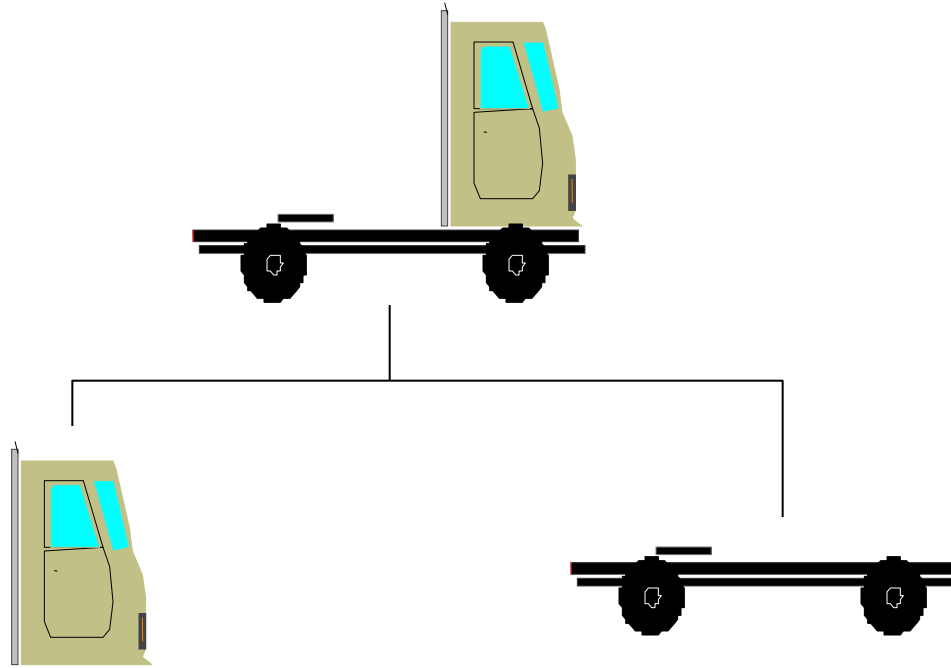
3

1

2

3

D  
Montar cavalo



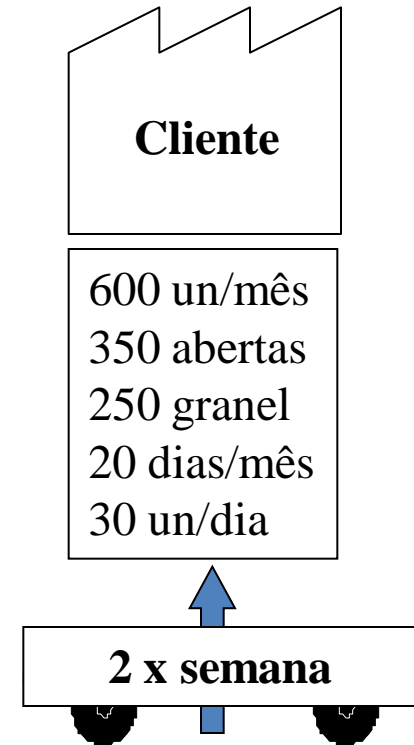
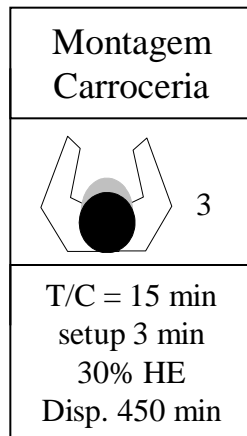
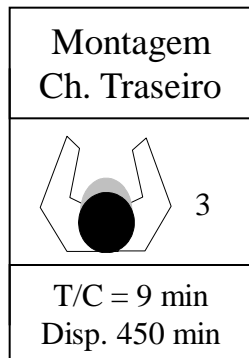
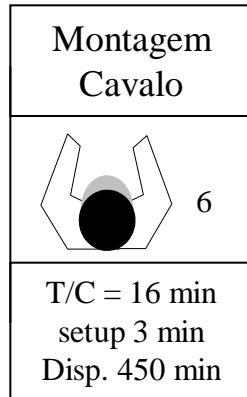
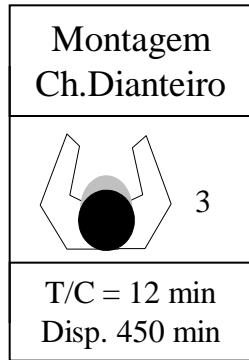
**Tempo padrão: 16 minutos**

**Setup de posicionamento: 3 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

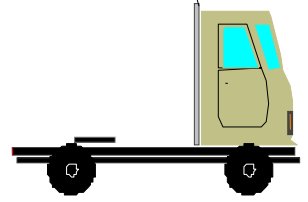
**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**







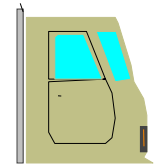
**E**  
Montar carreta



1



2

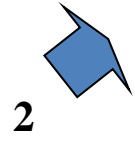


3

**B**  
Montar carroceria

Montar cavalo

**D**



1



2



3



1



2



3

**A**  
Montar chassi  
traseiro

Montar chassi  
dianteiro

**C**



1



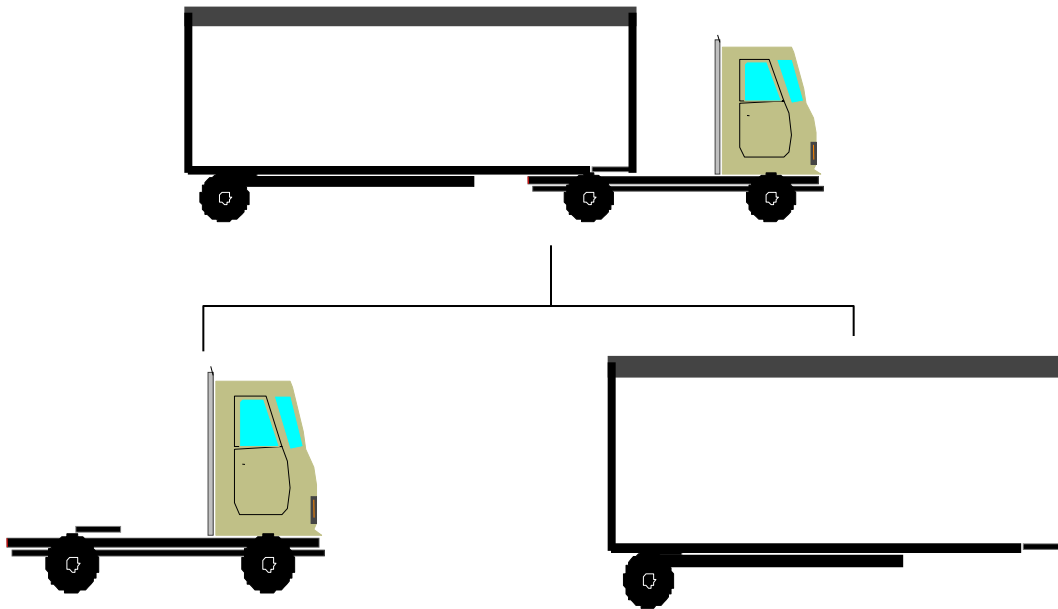
2



3



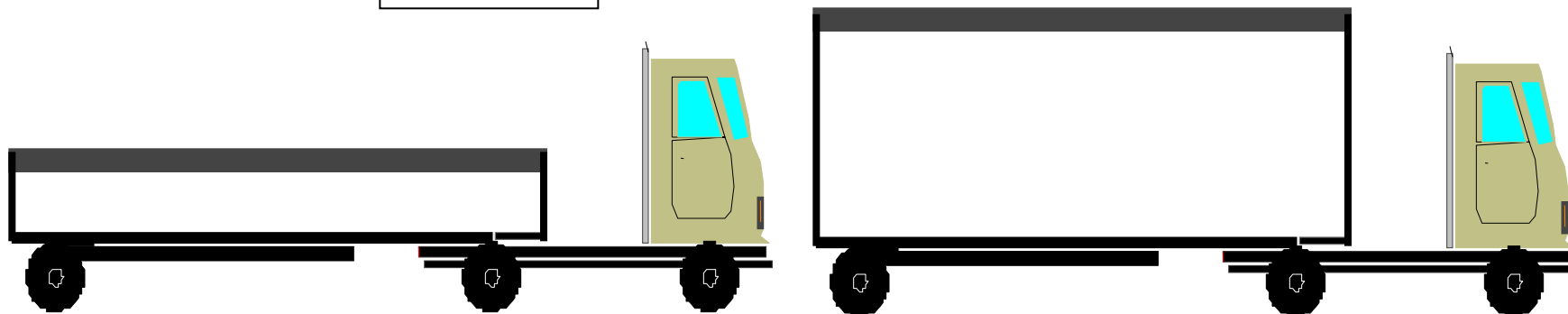
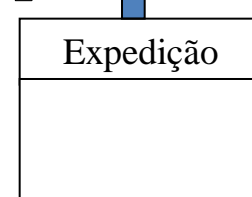
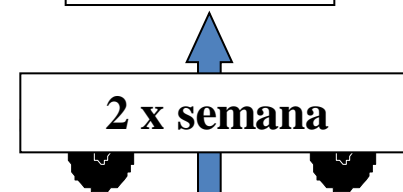
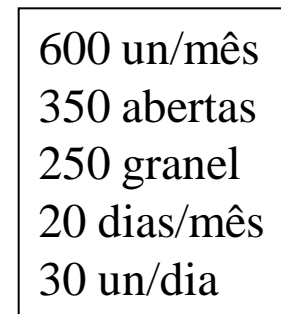
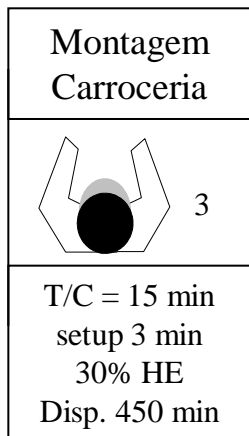
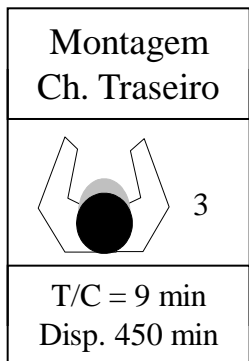
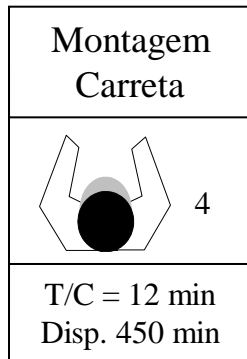
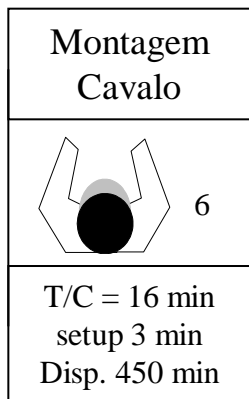
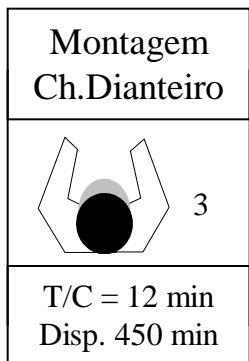
**E**  
**Montar carreta**



**Tempo padrão: 12 minutos**

**Turno de 8 horas com 30 minutos de descanso**

**Turno =  $(8 * 60) - 30 = 450$  minutos**



# Dimensionamento de estoques

- Componentes básicos (comprados)
- Inventário em processo (submontagens)
- Produtos acabados (montagens)



**Fornecedor**

**Montagem Carreta Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$**

Montagem Chassi Dianteiro Q / semana =  $((60 / 12) * 7.5) * 5 = 187$

Montagem Cavalo Q / semana =  $((60 / 16) * 7.5) * 5 = 140$

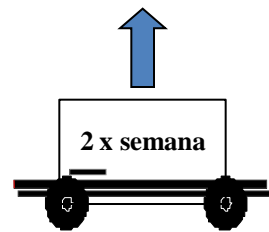
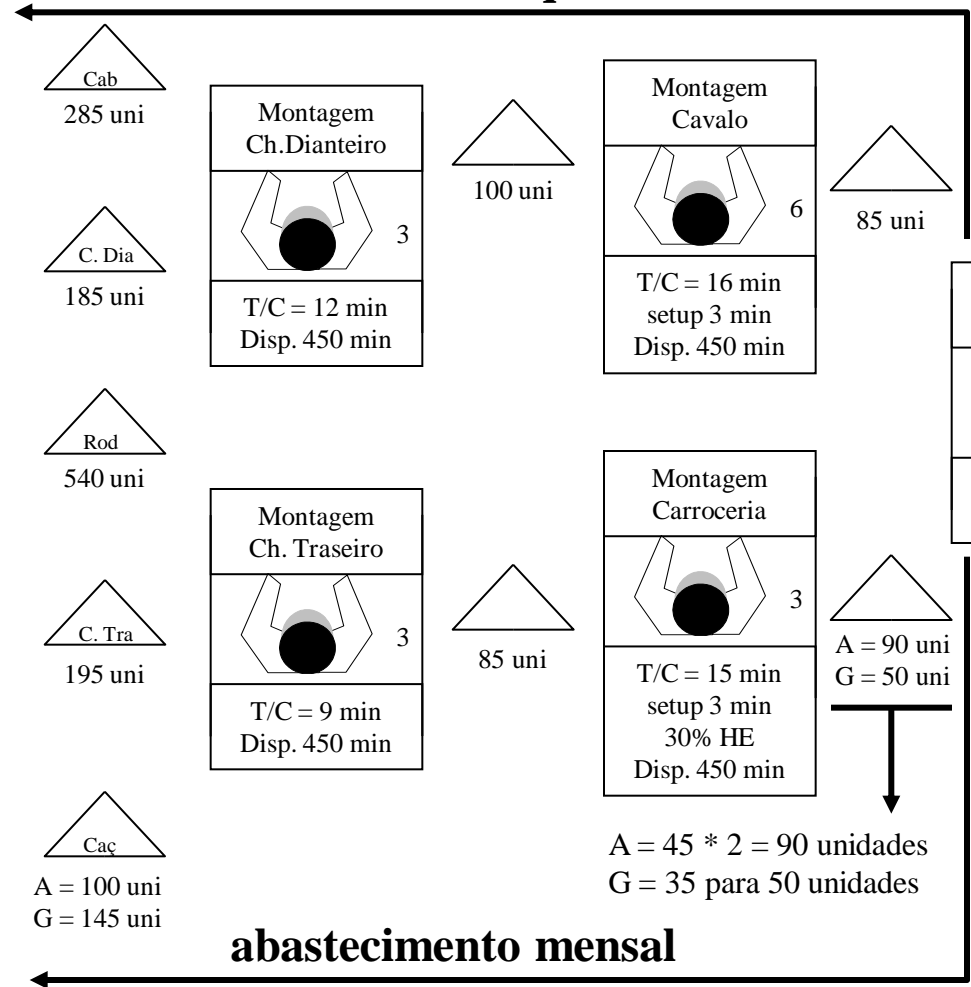
Montagem Chassi Traseiro Q / semana =  $((60 / 9) * 7.5) * 5 = 250$

Montagem Carroceria Q / semana =  $((60 / 15) * 7.5) * 5 = 150$

**Cliente**

600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia

**abastecimento quinzenal**



**Expedição**

**HORIZONTE SEMANA**

Aberta –  $350 / 20 = 17.5$  por dia = 18 unid. por dia  
Granelero –  $250 / 20 = 12.5$  por dia = 13 unid. por dia

Semana com 5 dias úteis, entrega duas vezes por semana:  
5 dias / 2.5 – frequência de abastecimento

Quantidade a ser disponibilizada por entrega:  
Aberta –  $18 * 2.5 = 45$  unidades  
Granelero –  $13 * 2.5 = 32.5 = 35$  unidades

**abastecimento mensal**

# CONSUMO & PRODUÇÃO sem balanceamento

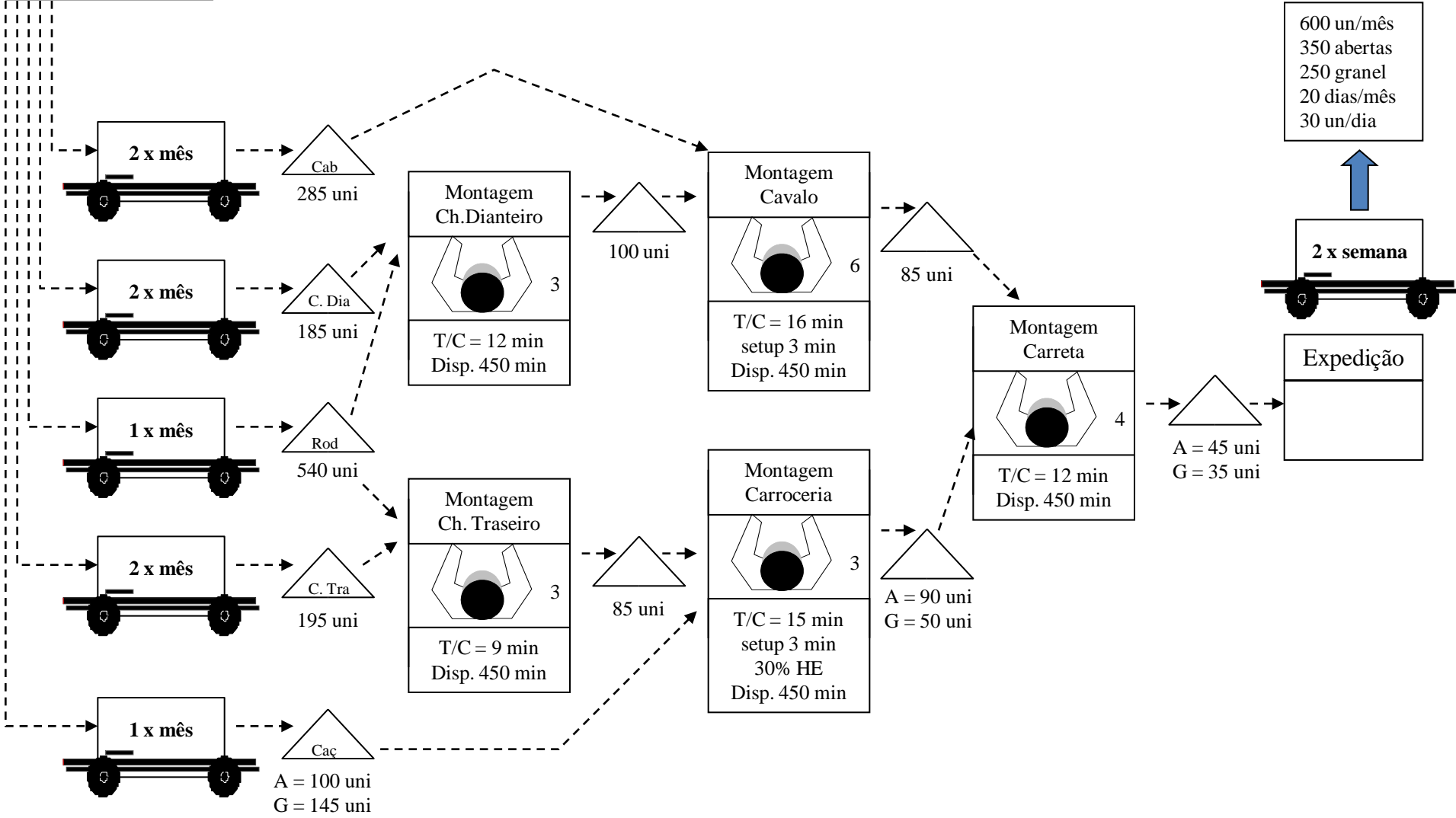
- Chassi dianteiro
- Cavalo
- Carreta
- Horizonte de tempo – 15 dias

# Características de Fornecimento de Componentes

- Fornecimento mensal de sistemas de rodagem
- Fornecimento quinzenal de chassis
- Fornecimento quinzenal de cabines
- Fornecimento mensal de caçambas

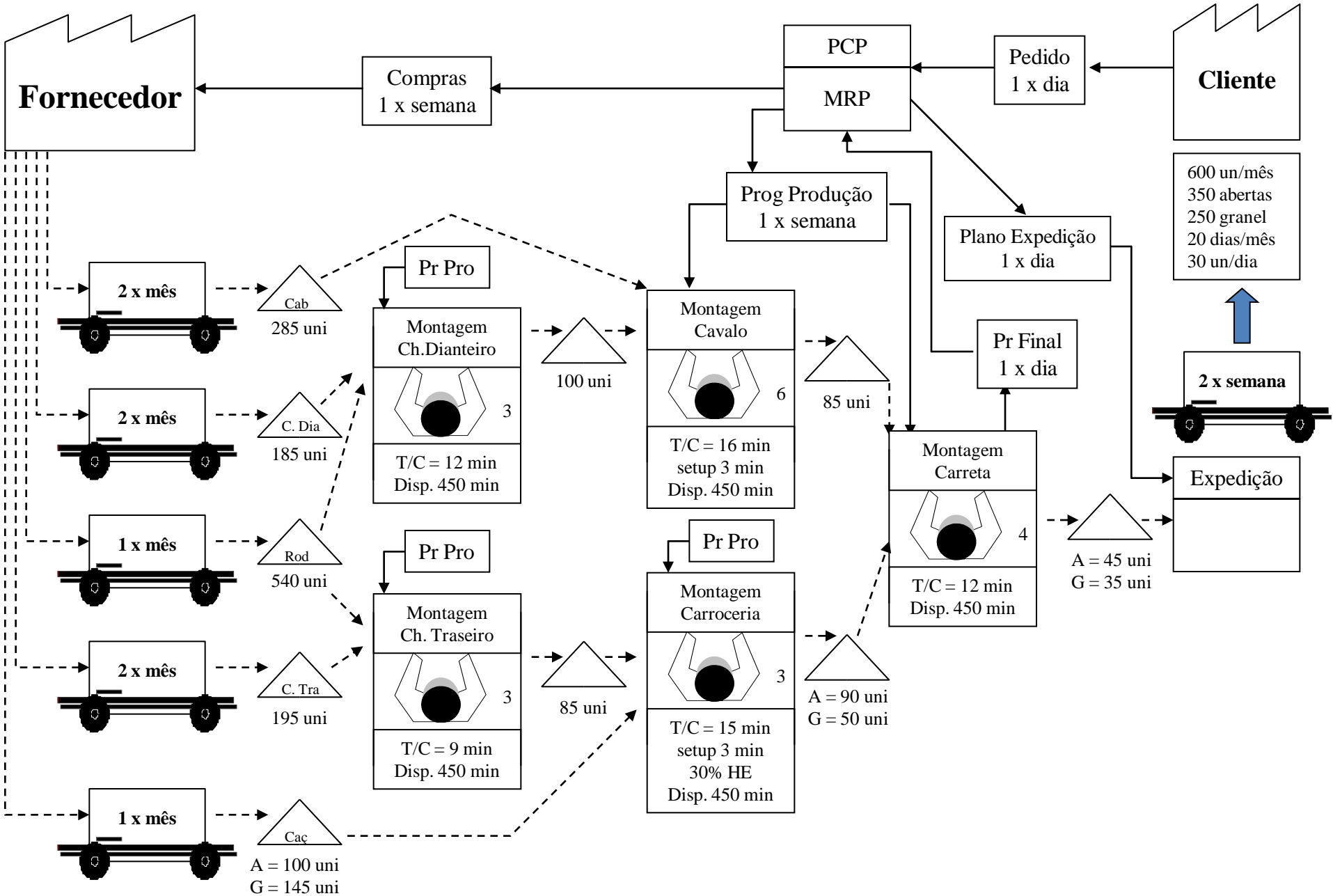
**Fornecedor**

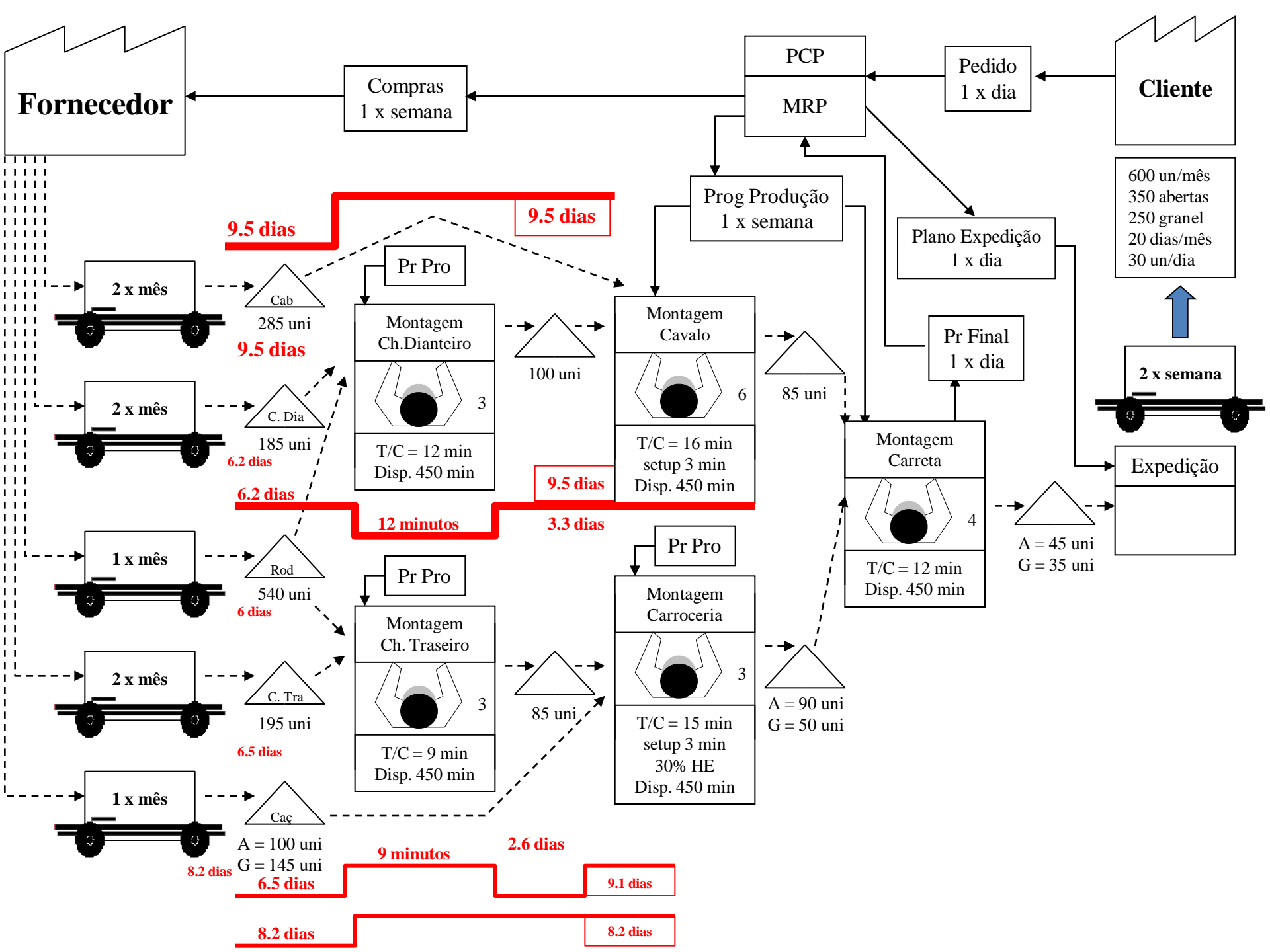
**Cliente**

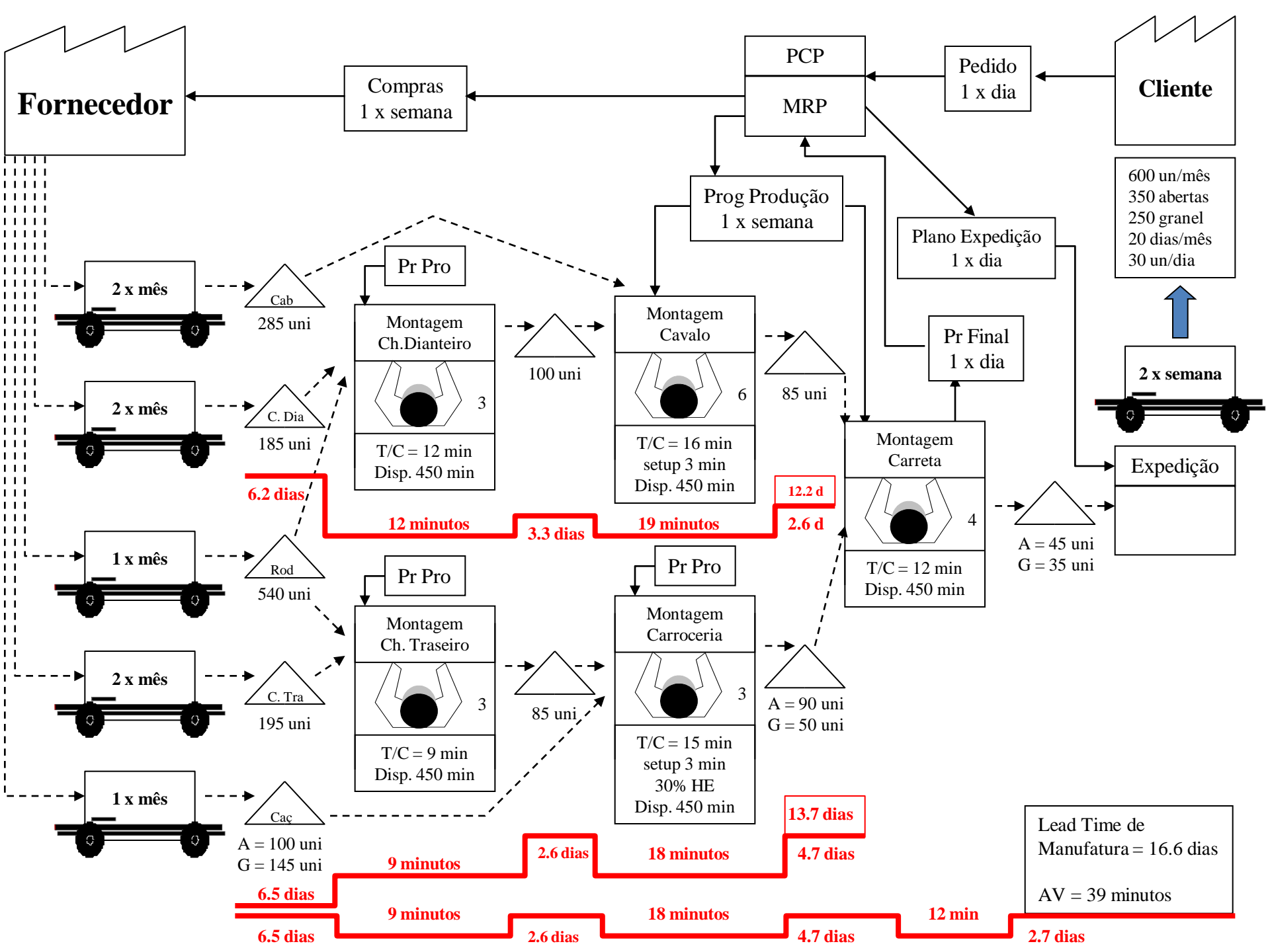


# Características do Processo da Informação

- Clientes pedem produto todos os dias
- Planejamento da Produção roda MRP semanalmente, gerando:
  - ⇒ Programa de produção semanal
  - ⇒ Ordens de compra semanais para componentes de terceiros
- Planejamento roda Programa de Expedição diário, baseado nos produtos que ficaram prontos nos dias anteriores (Montagem final informa diariamente os produtos finalizados)









# Produção na quantidade certa

- Qual é o *Takt Time*?

$$\textit{Takt-time} = \frac{\textit{tempo disponível para produção}}{\textit{quantidade a ser produzida no período}}$$

$$\textit{Tempo disponível para produção} = \textit{período de trabalho} - \textit{paradas programadas}$$

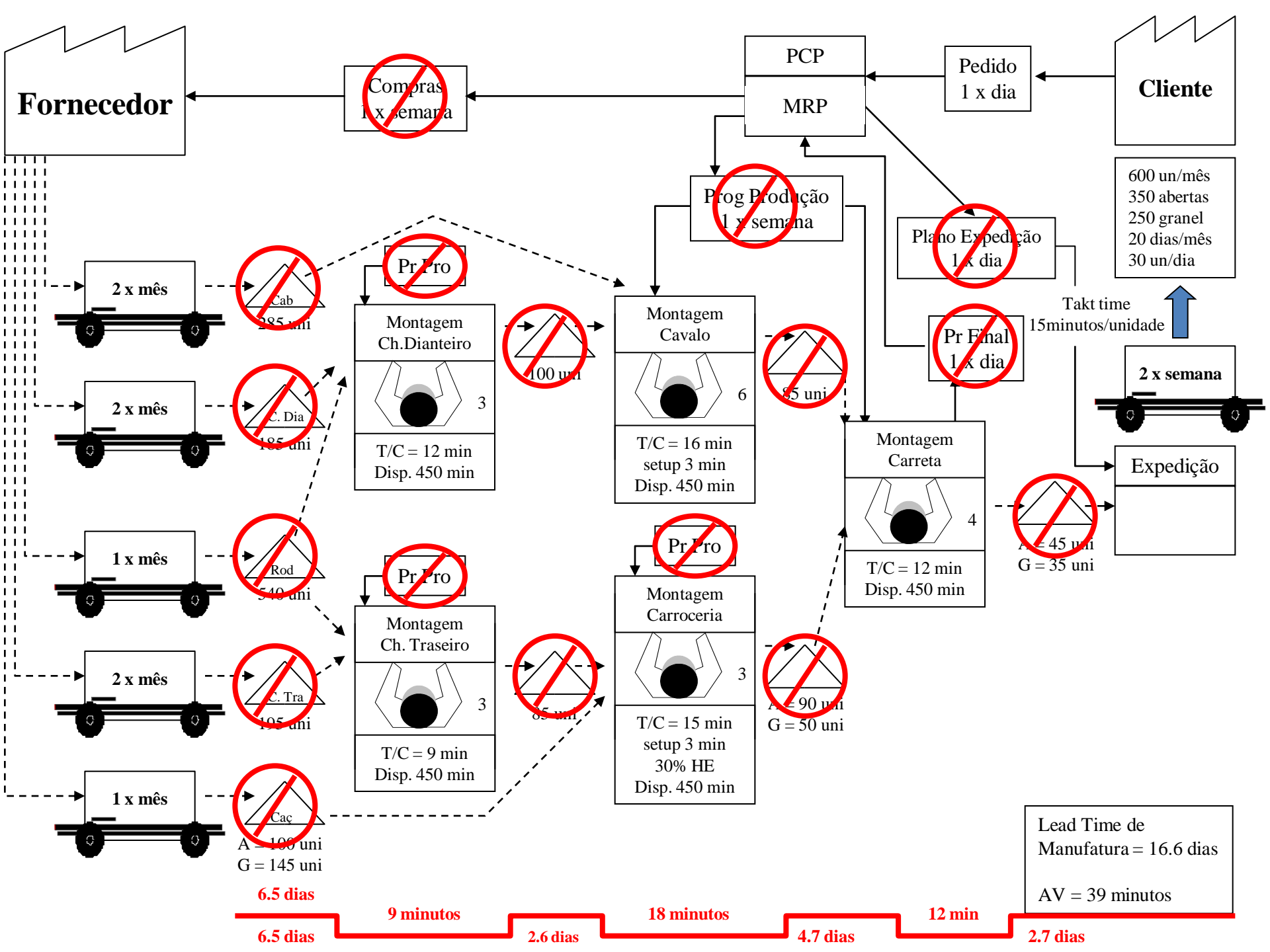
- Em uma linha de produção, a cada intervalo definido pelo *takt-time*, uma unidade deve ser terminada
- Para uma linha de montagem de automóveis com demanda diária de 300 unidades e tempo disponível para produção de 10 horas (600 minutos), o *takt-time* será de 2 minutos (600 / 300), ou seja, a cada 2 minutos deve sair um carro pronto no final da linha.

# Quantidade necessária

- *Takt time*
  - ⇒ Velocidade com que se deve produzir para atender ao mercado
  - ⇒ 600 unidades por mês
  - ⇒ 20 dias no mês
  - ⇒ 30 unidades por dia
  - ⇒ 7.5 horas por dia = 450 minutos
  - ⇒ *Takt time* = disponível / quantidade a ser produzida
  - ⇒ *Takt time* = 450 minutos / 30 unidades
  - ⇒ *Takt time* = 15 minutos / unidade

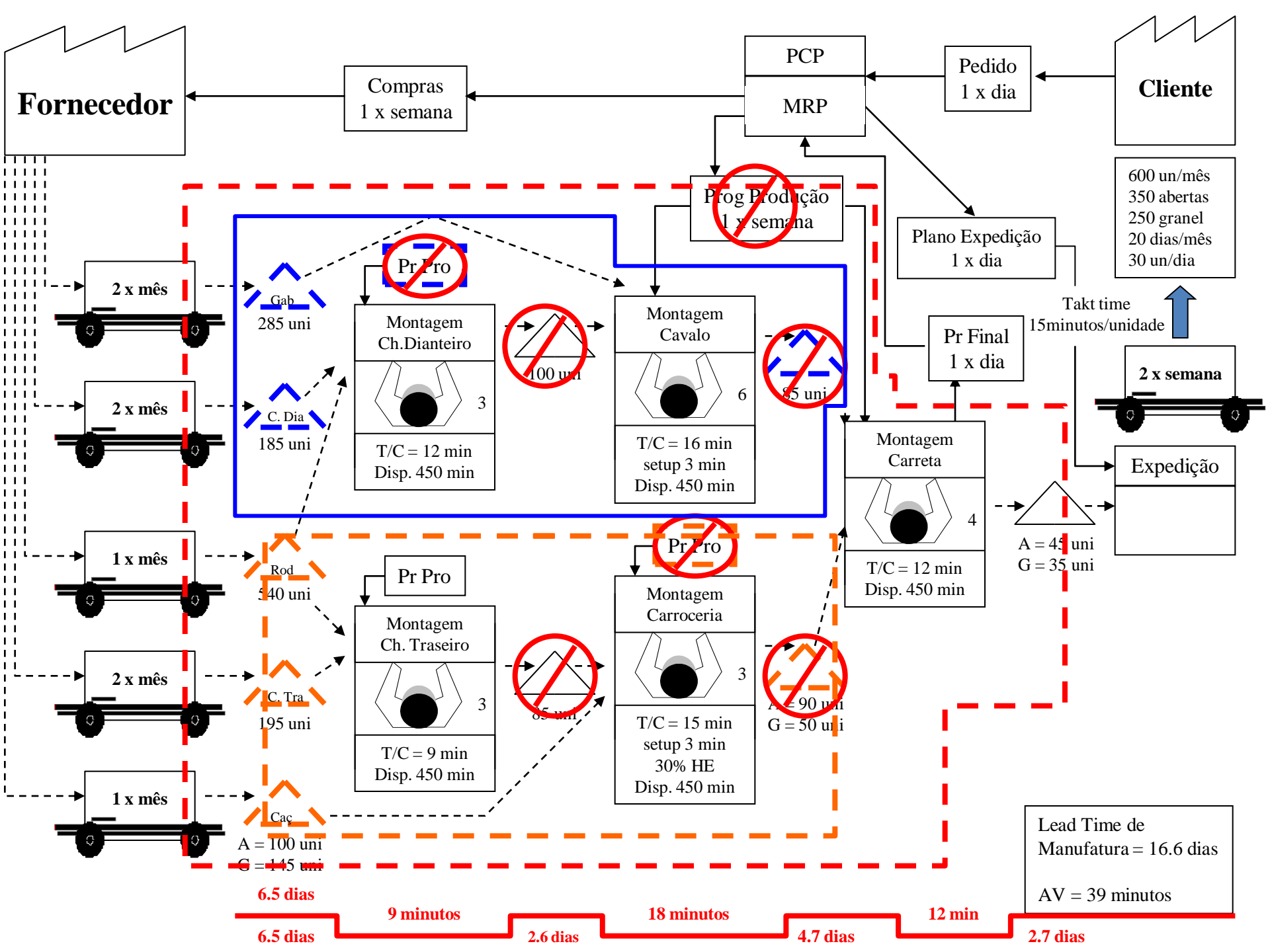
# Análise de Desperdícios

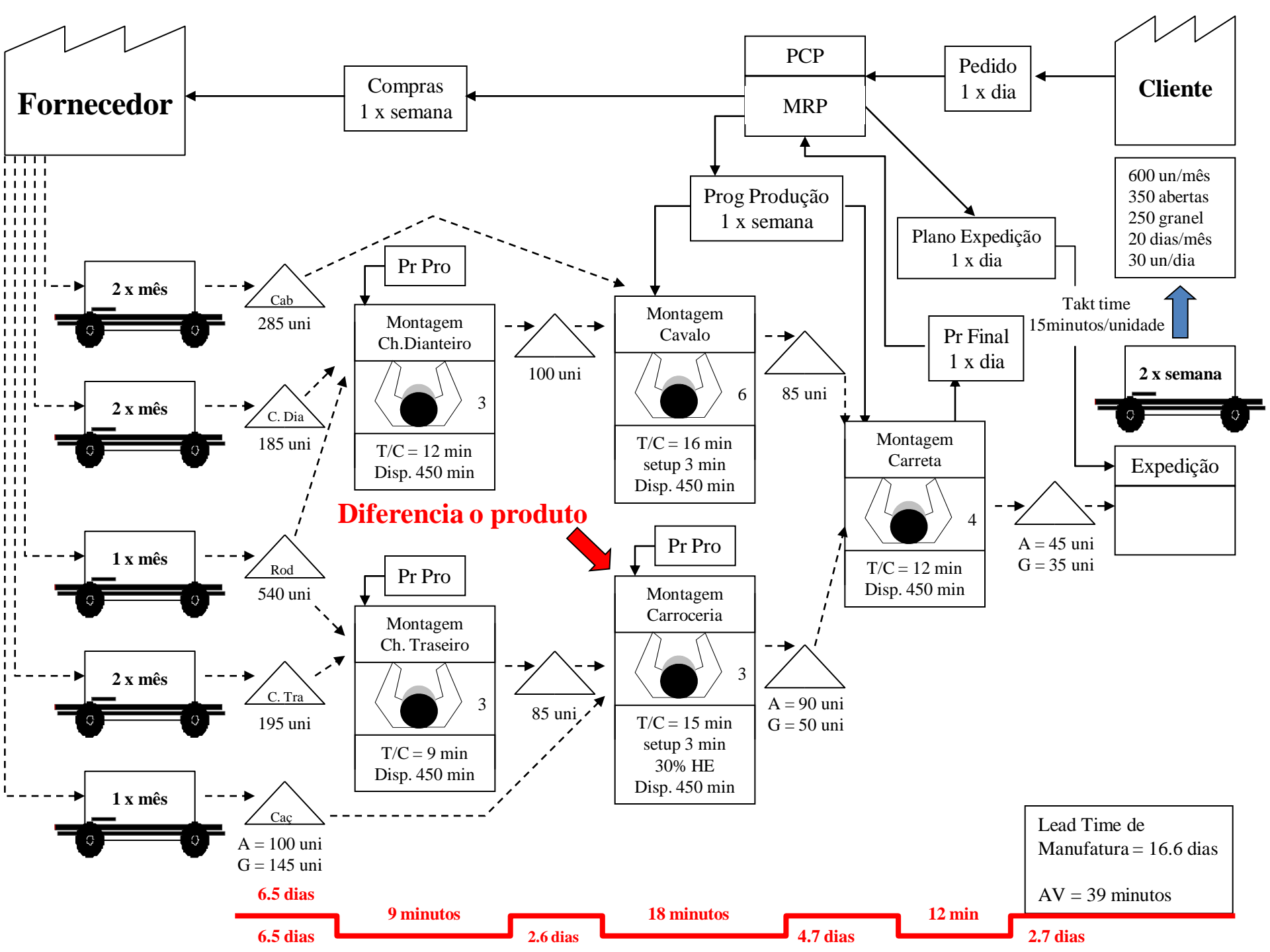
- Quais os desperdícios óbvios na Situação Atual?

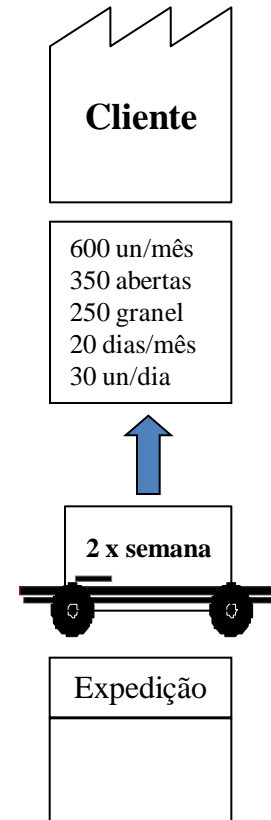
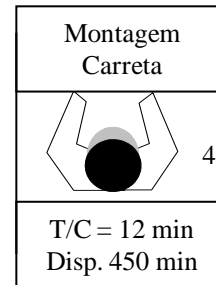
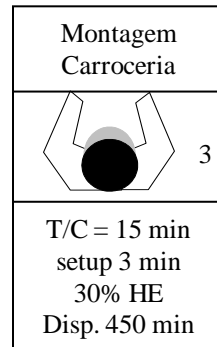
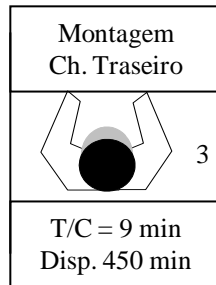
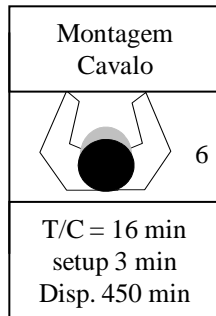
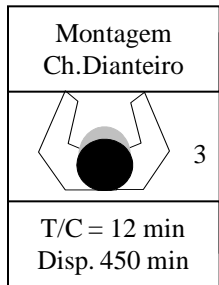


# Fluxo Contínuo

- Onde pode-se ter fluxo contínuo na produção das carretas?





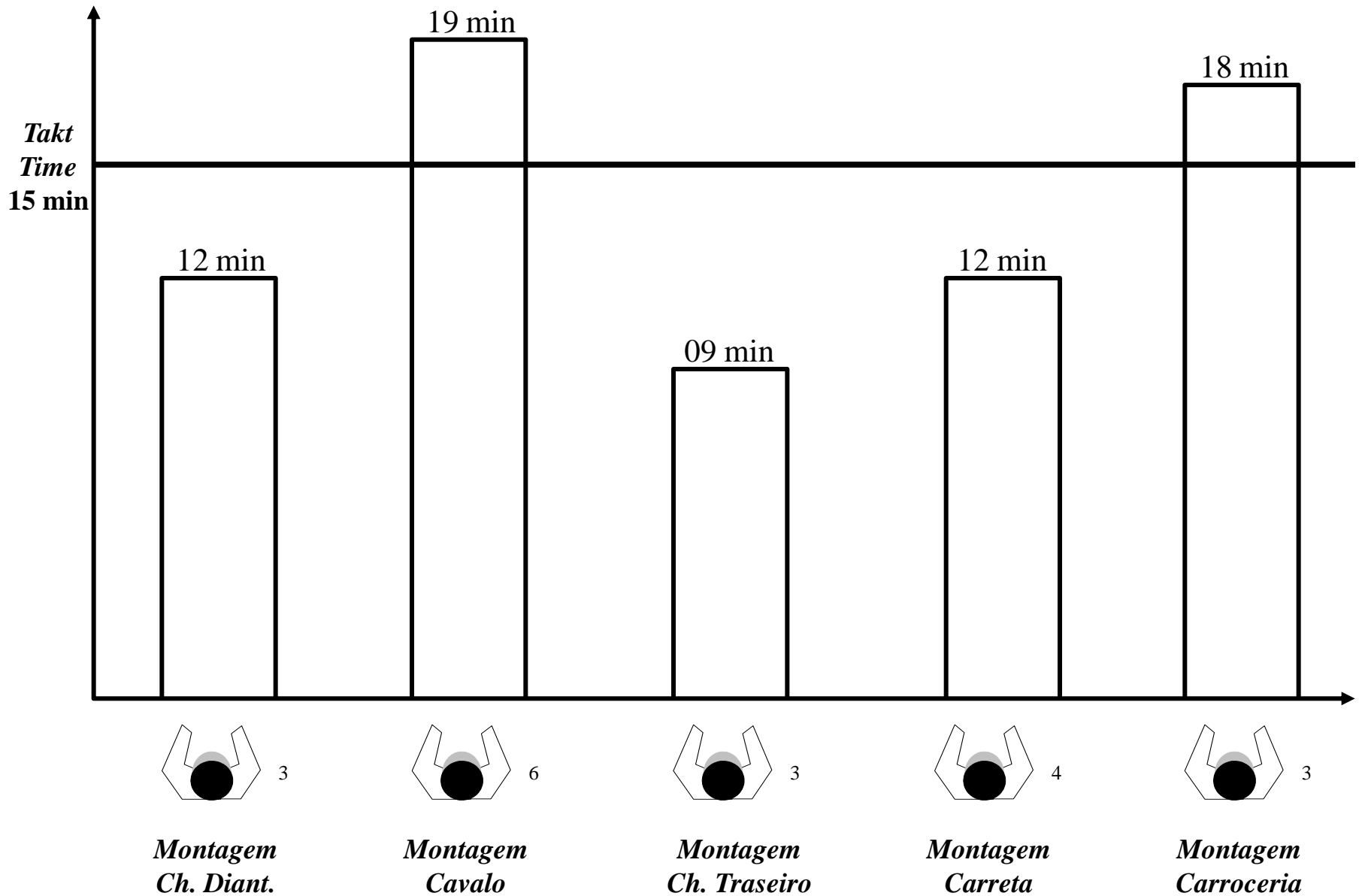


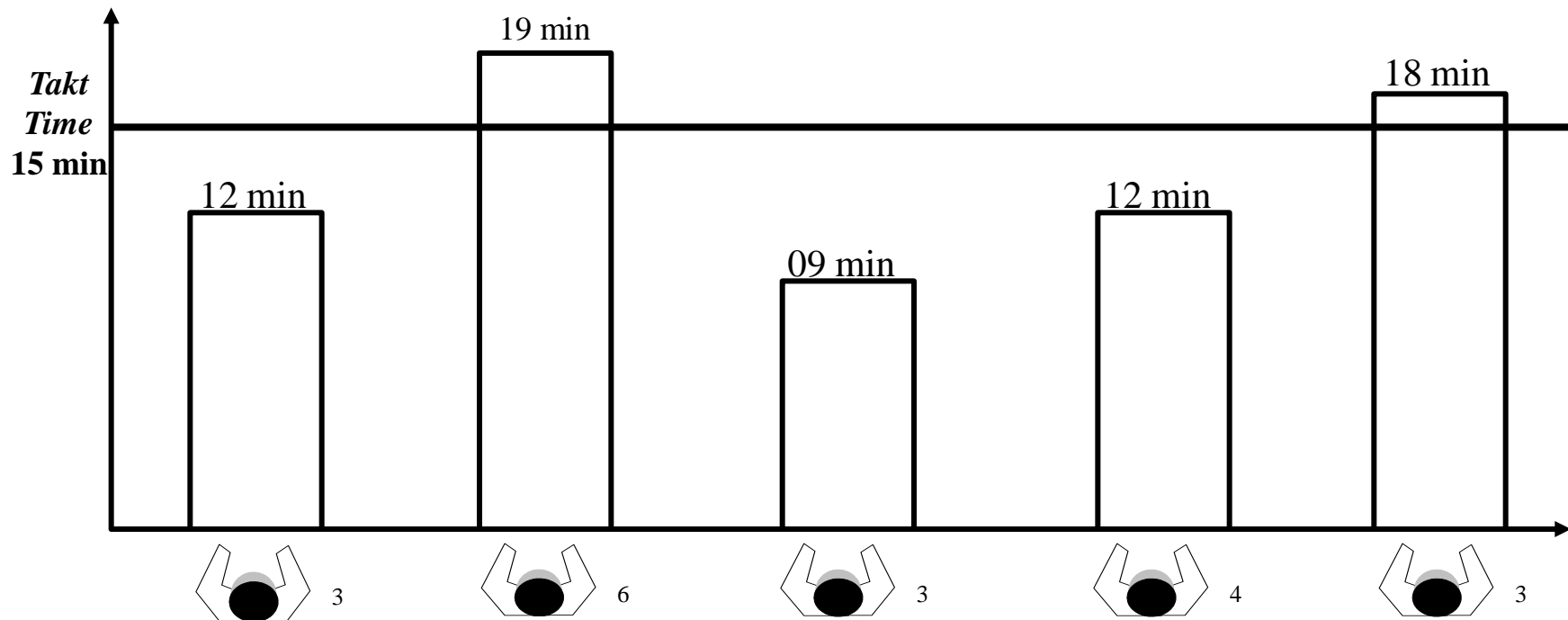


# Balanceamento

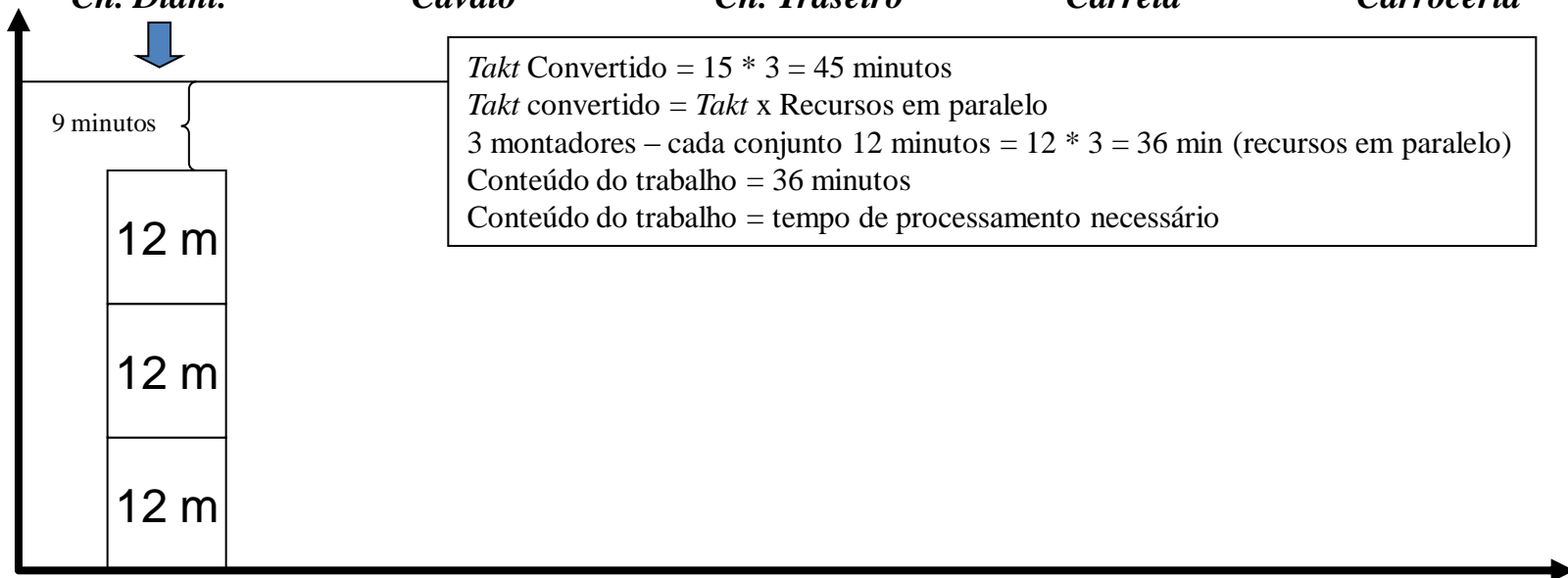
- Qual a quantidade de recursos necessária?

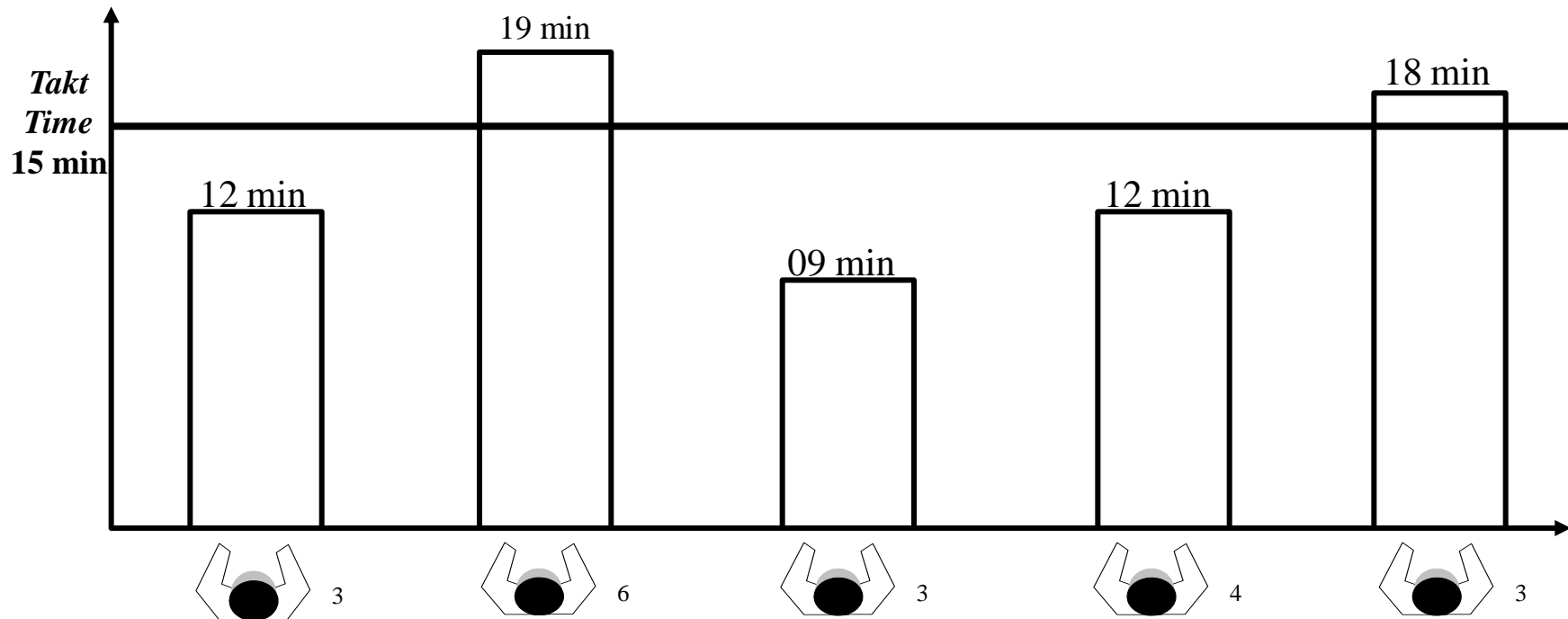
O tempo tem relações com diferentes dimensões de competitividade sob o ângulo da produção, destacando-se os vínculos com a flexibilidade





**Montagem  
Ch. Diante.**





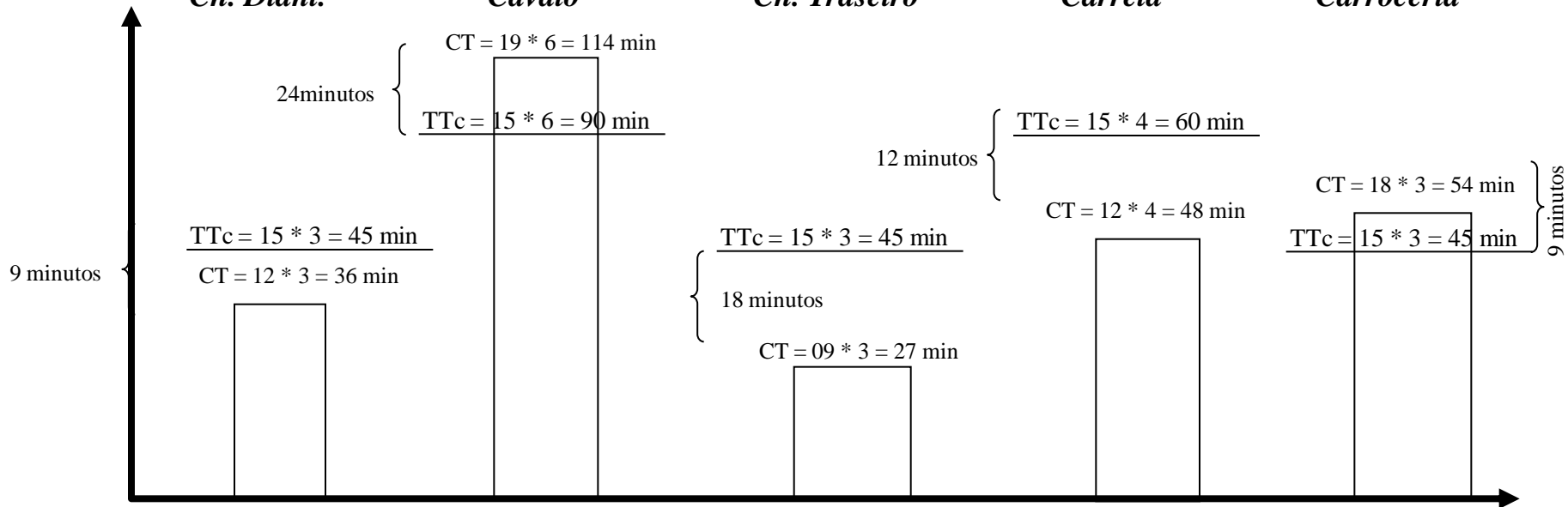
**Montagem  
Ch. Diante.**

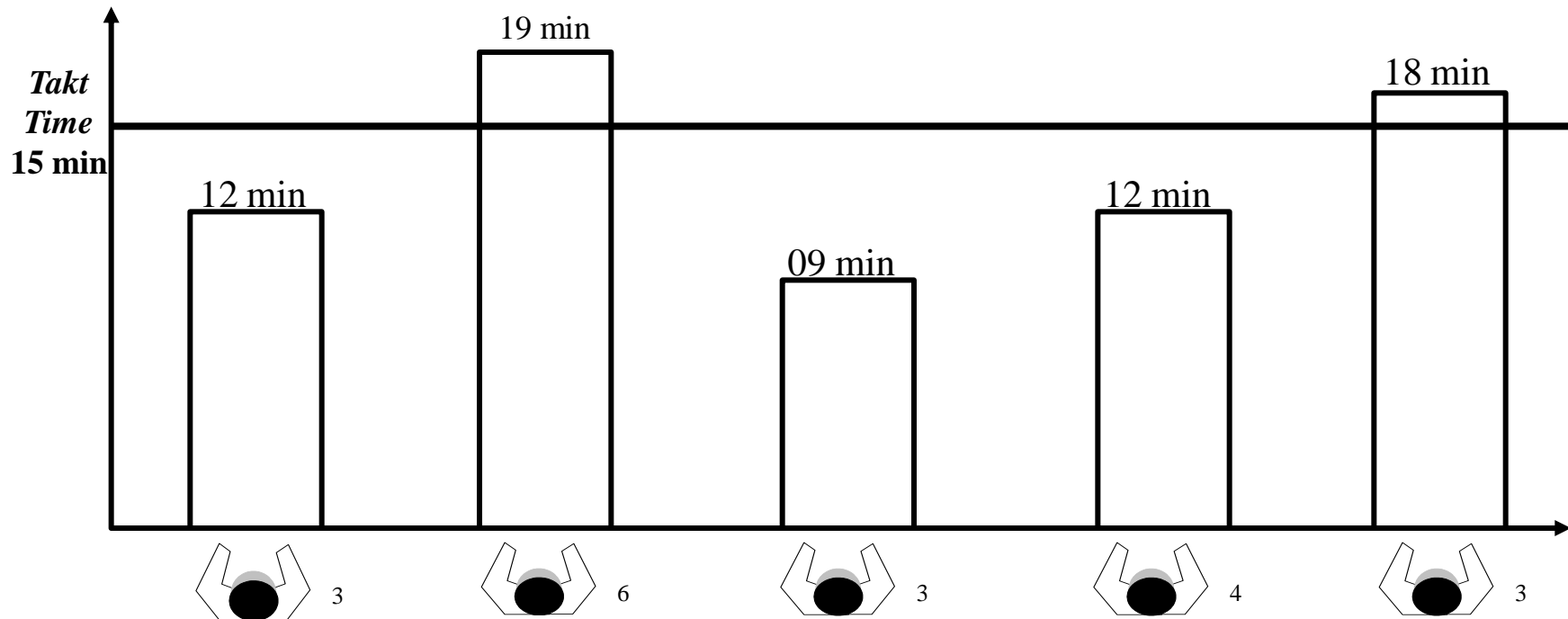
**Montagem  
Cavalo**

**Montagem  
Ch. Traseiro**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**





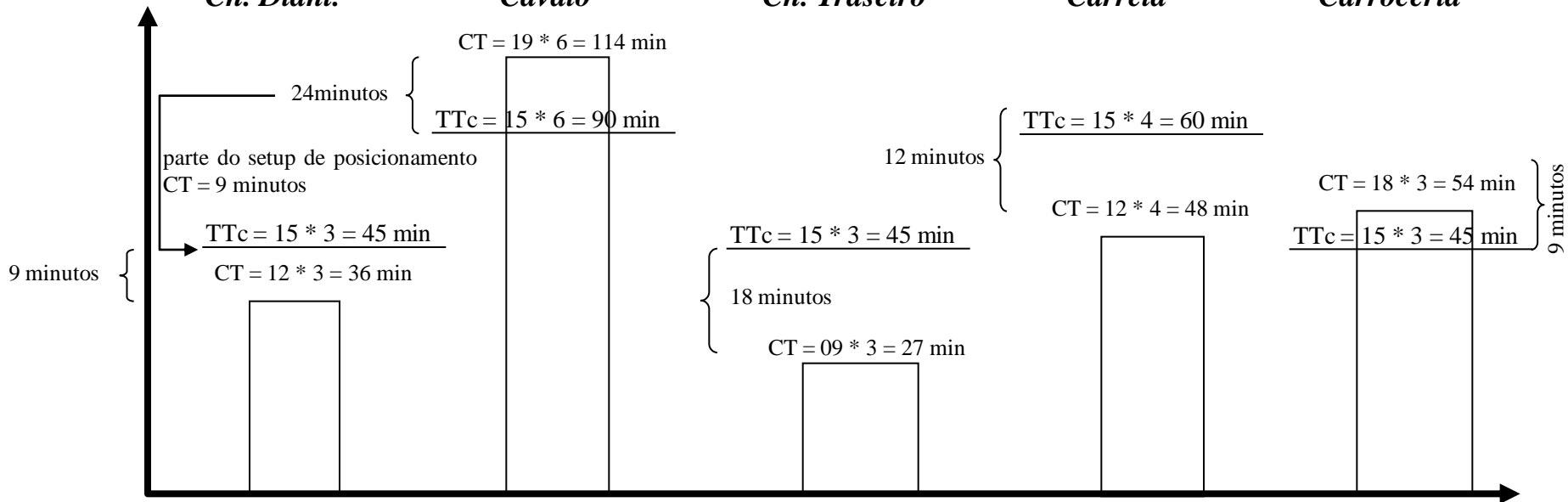
**Montagem  
Ch. Diant.**

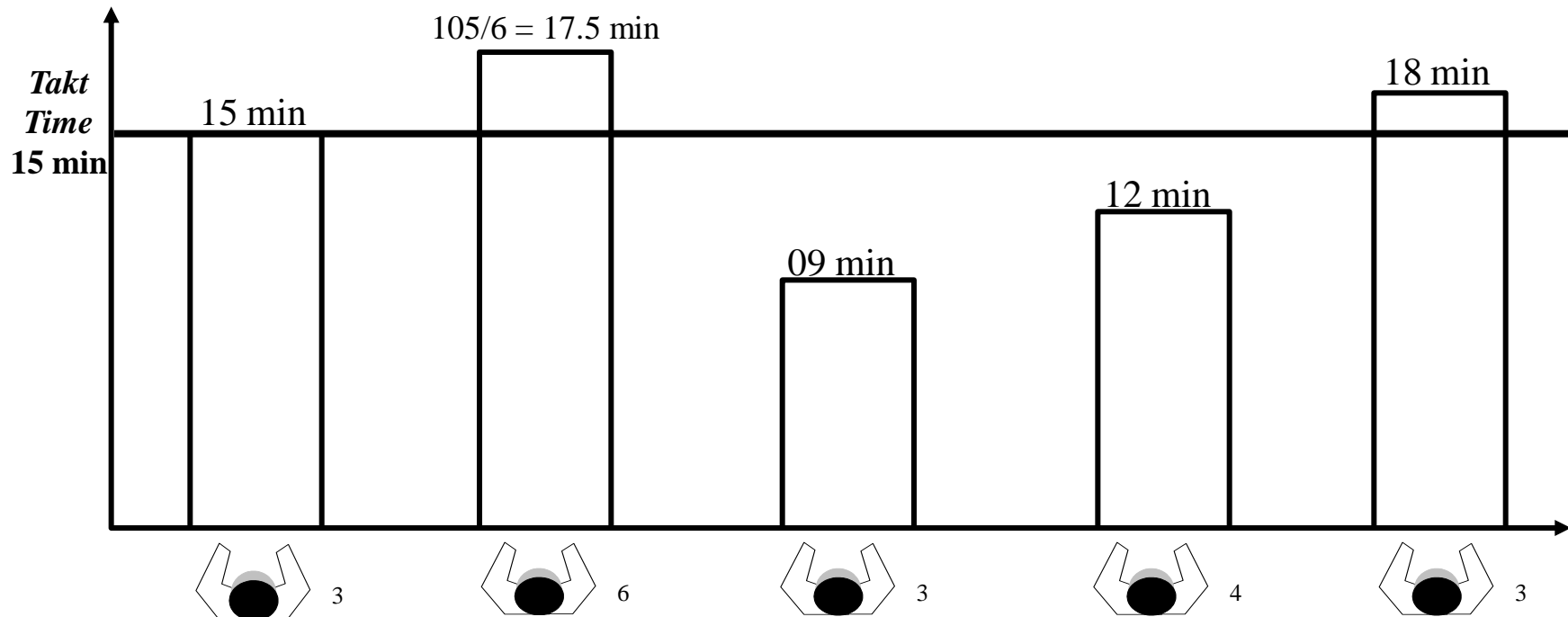
**Montagem  
Cavalo**

**Montagem  
Ch. Traseiro**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**





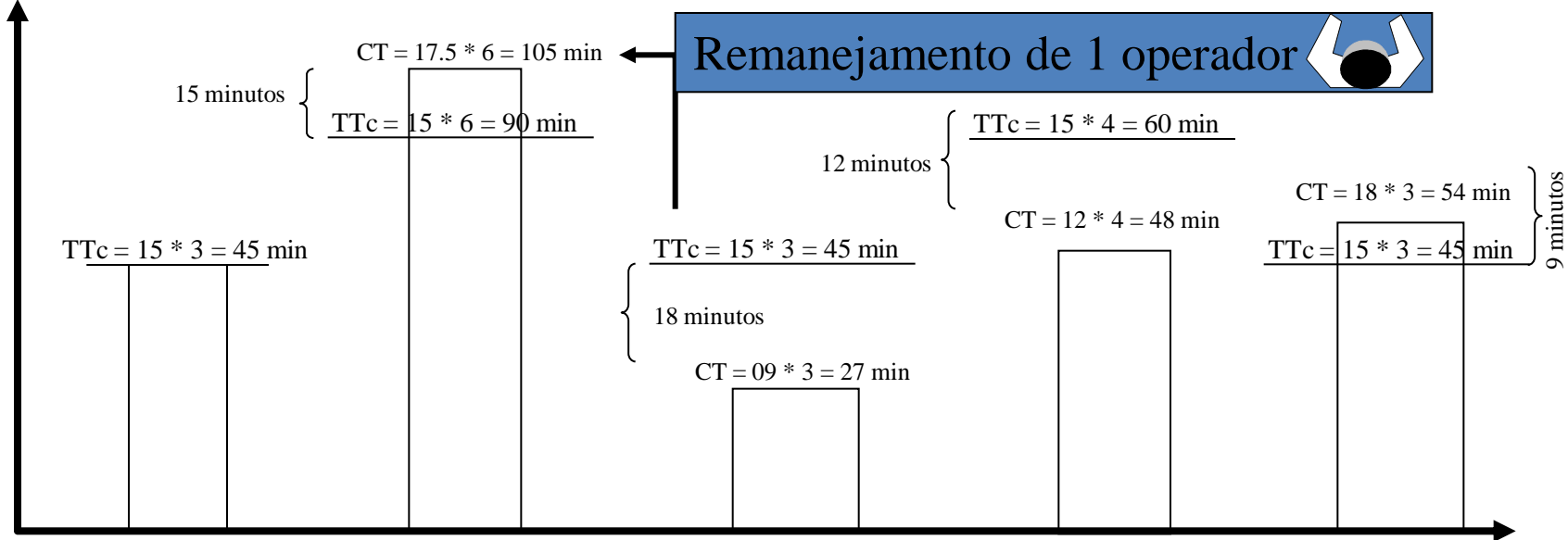
*Montagem Ch. Diant.*

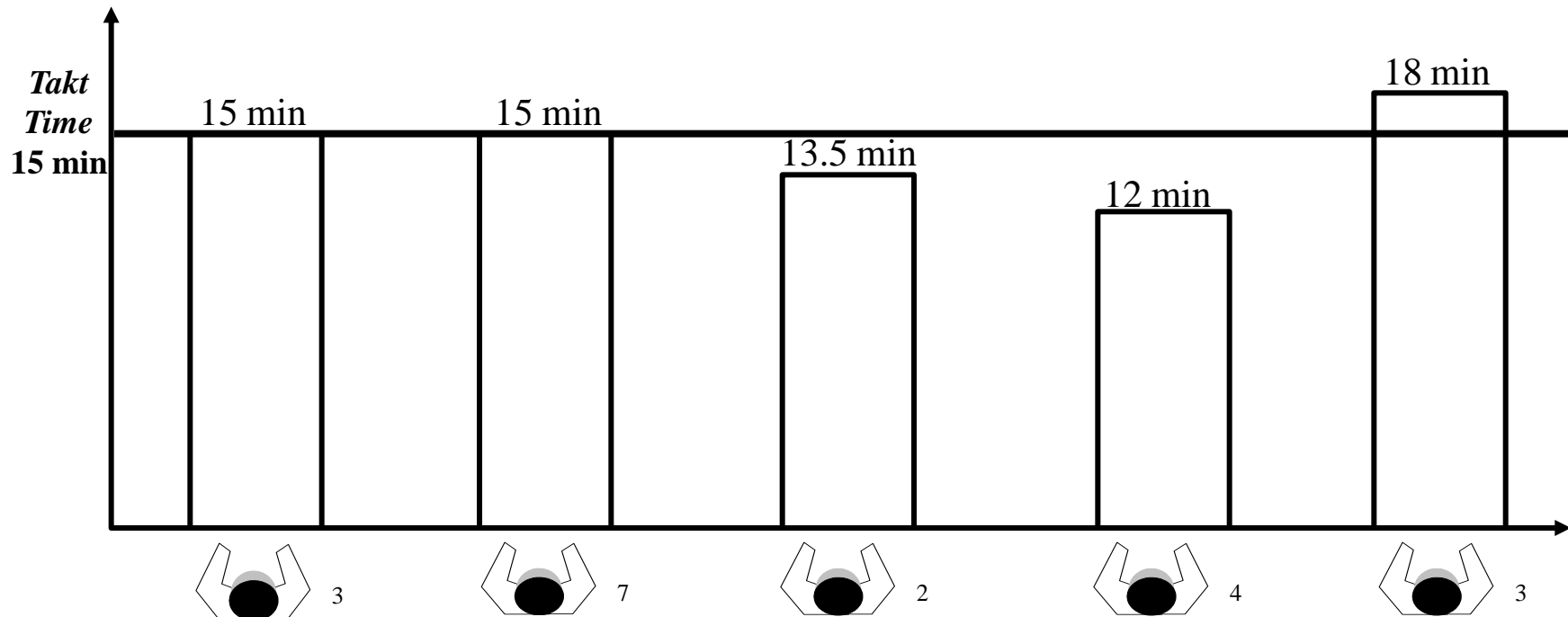
*Montagem Cavalo*

*Montagem Ch. Traseiro*

*Montagem Carreta*

*Montagem Carroceria*





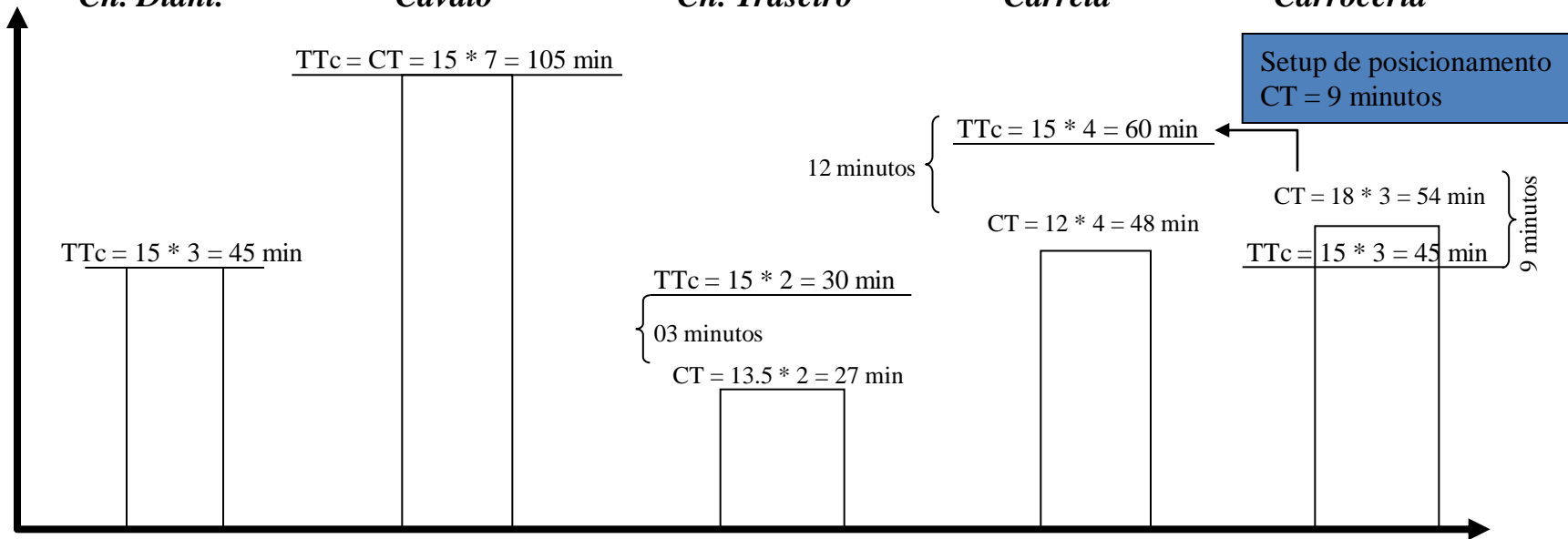
**Montagem  
Ch. Dianteira**

**Montagem  
Cavalo**

**Montagem  
Ch. Traseiro**

**Montagem  
Carreta**

**Montagem  
Carroceria**



Taxa de entrada ou de abastecimento da linha =  $\frac{\text{tempo disponível (jornada de um dia)}}{\text{Quantidade programada para o período}} = \frac{450}{43} = 10.465$  (demais processos)

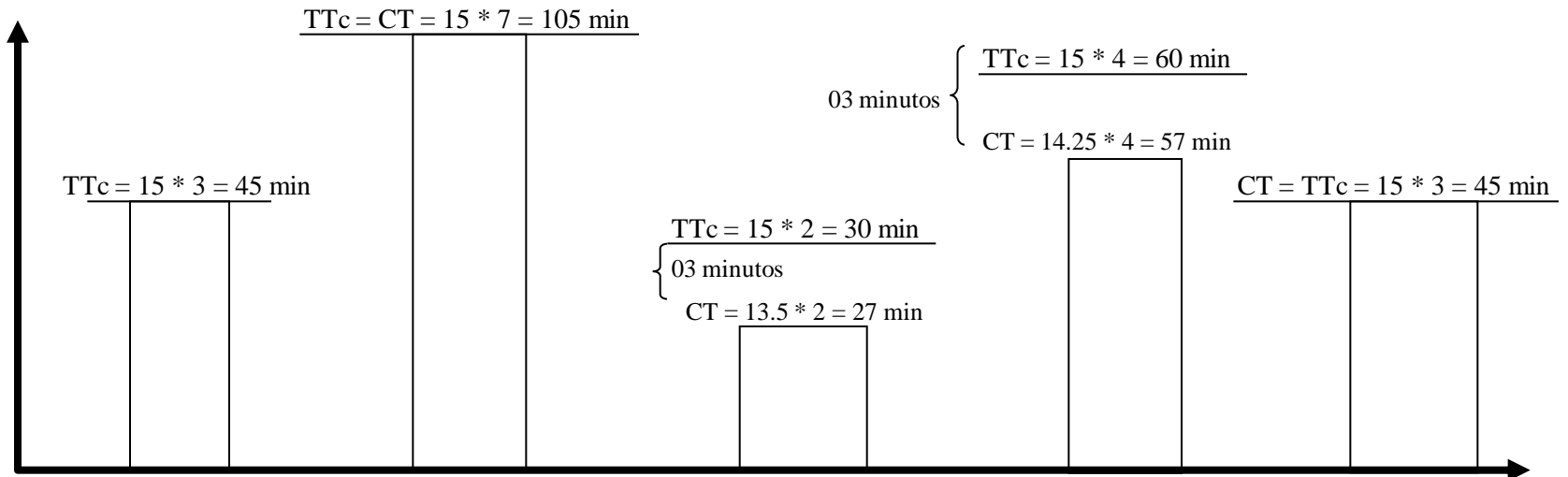
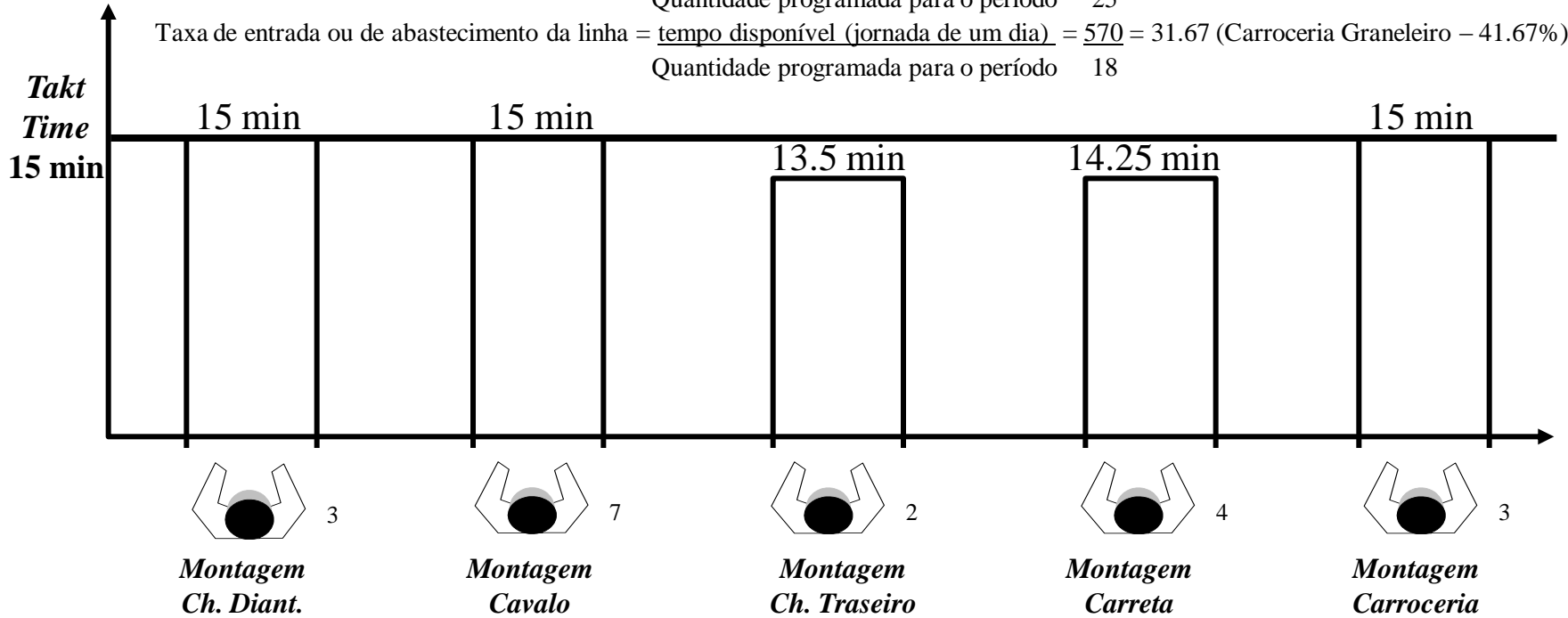
Quantidade programada para o período 43

Taxa de entrada ou de abastecimento da linha =  $\frac{\text{tempo disponível (jornada de um dia)}}{\text{Quantidade programada para o período}} = \frac{570}{25} = 22.724$  (Carroceria Aberta – 58.33%)

Quantidade programada para o período 25

Taxa de entrada ou de abastecimento da linha =  $\frac{\text{tempo disponível (jornada de um dia)}}{\text{Quantidade programada para o período}} = \frac{570}{18} = 31.67$  (Carroceria Graneleiro – 41.67%)

Quantidade programada para o período 18



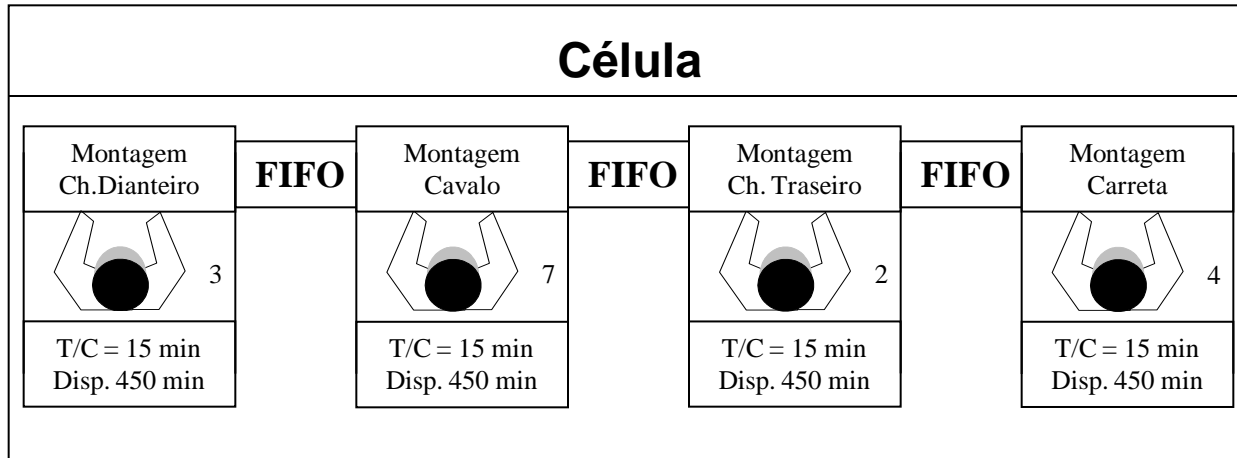


# ÁREAS DE SUPRIMENTOS

Área de Suprimentos	Taxa Mínima	Taxa Moda Média	Taxa Máxima	Distribuição
1. Chassis dianteiro	13.85	15	16.36	Constante 10.465 minutos
2. Sistema de Rodagem Dianteiro	13.85	15	16.36	Constante 10.465 minutos
3. Chassis traseiro	13.85	15	16.36	Constante 10.465 minutos
4. Sistema de Rodagem Traseiro	13.85	15	16.36	Constante 10.465 minutos
5. Cabine	13.85	15	16.36	Constante 10.465 minutos
6. Caçamba aberta	22.5	25.7143	30	Constante 22.724 minutos
7. Caçamba graneleira	30	36	45	Constante 31.67 minutos

# ALINHAMENTO DA LINHA DE MONTAGEM

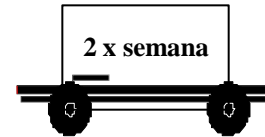
**FIFO – First In, First Out** – primeiro a entrar primeiro a sair



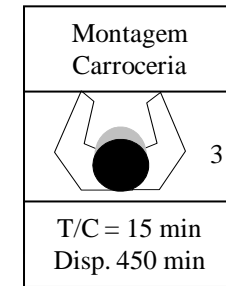
T/C = 15 min Lead Time 54 minutos Disp. 450 min
---

<b>Cliente</b>
----------------

600 un/mês 350 abertas 250 granel 20 dias/mês 30 un/dia TT = 15 min
--

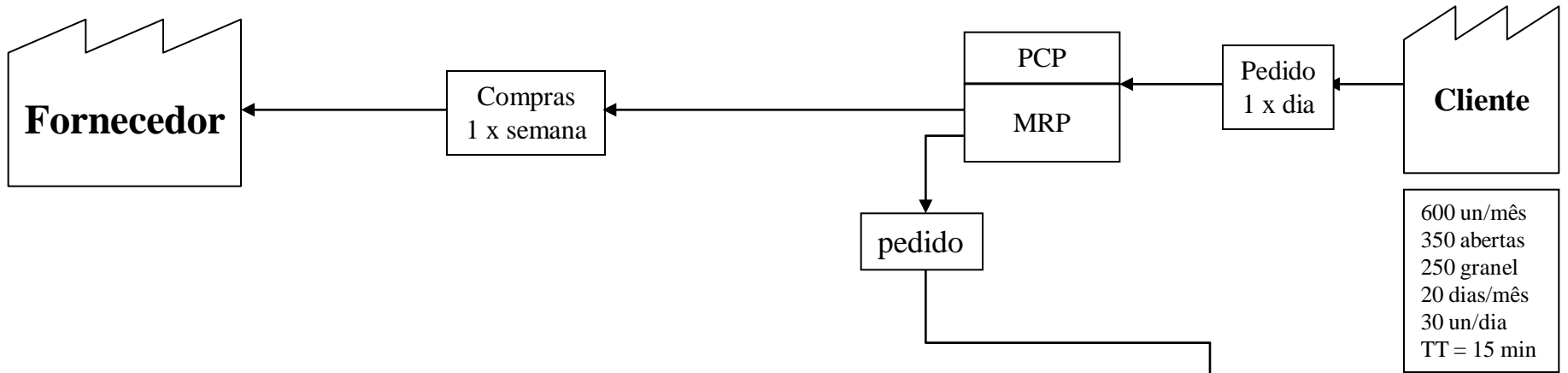


Expedição
-----------

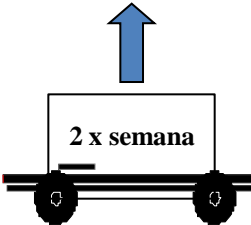


# Supermercados e fluxos de informação

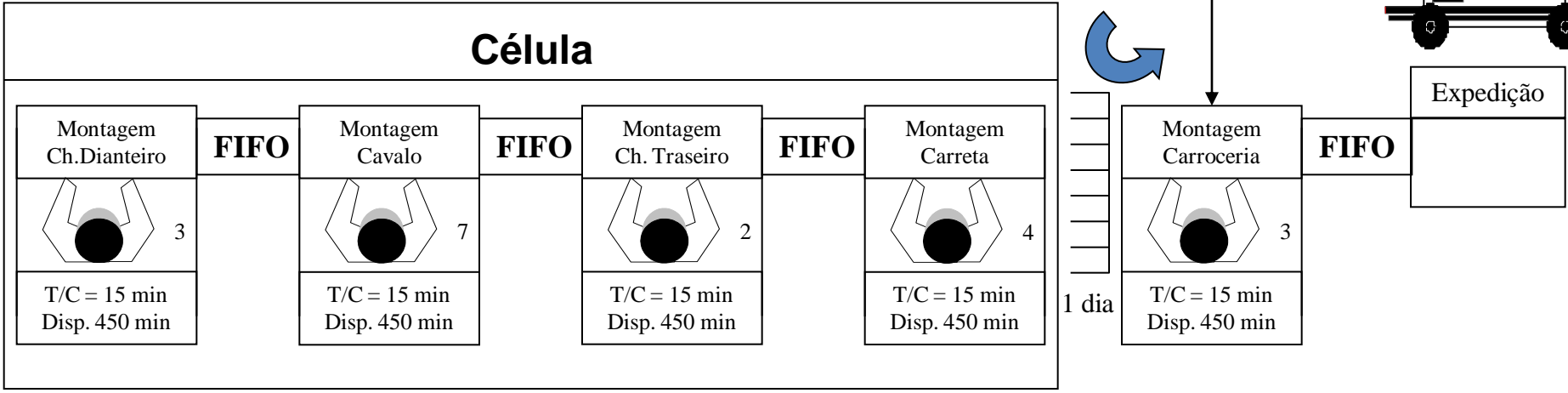
- Onde colocar os supermercados?
- Como isso afeta o fluxo de informações?



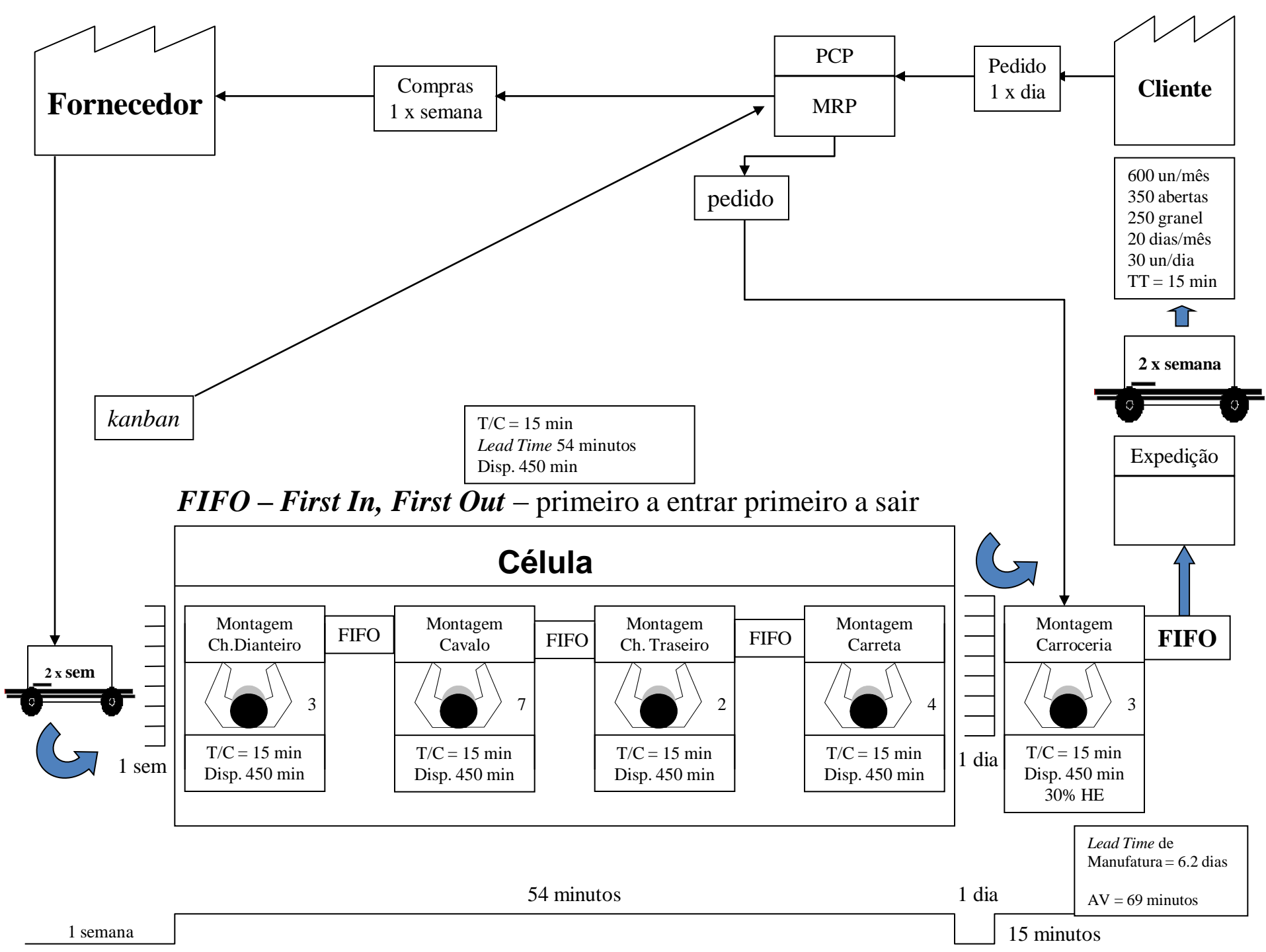
600 un/mês  
 350 abertas  
 250 granel  
 20 dias/mês  
 30 un/dia  
 TT = 15 min

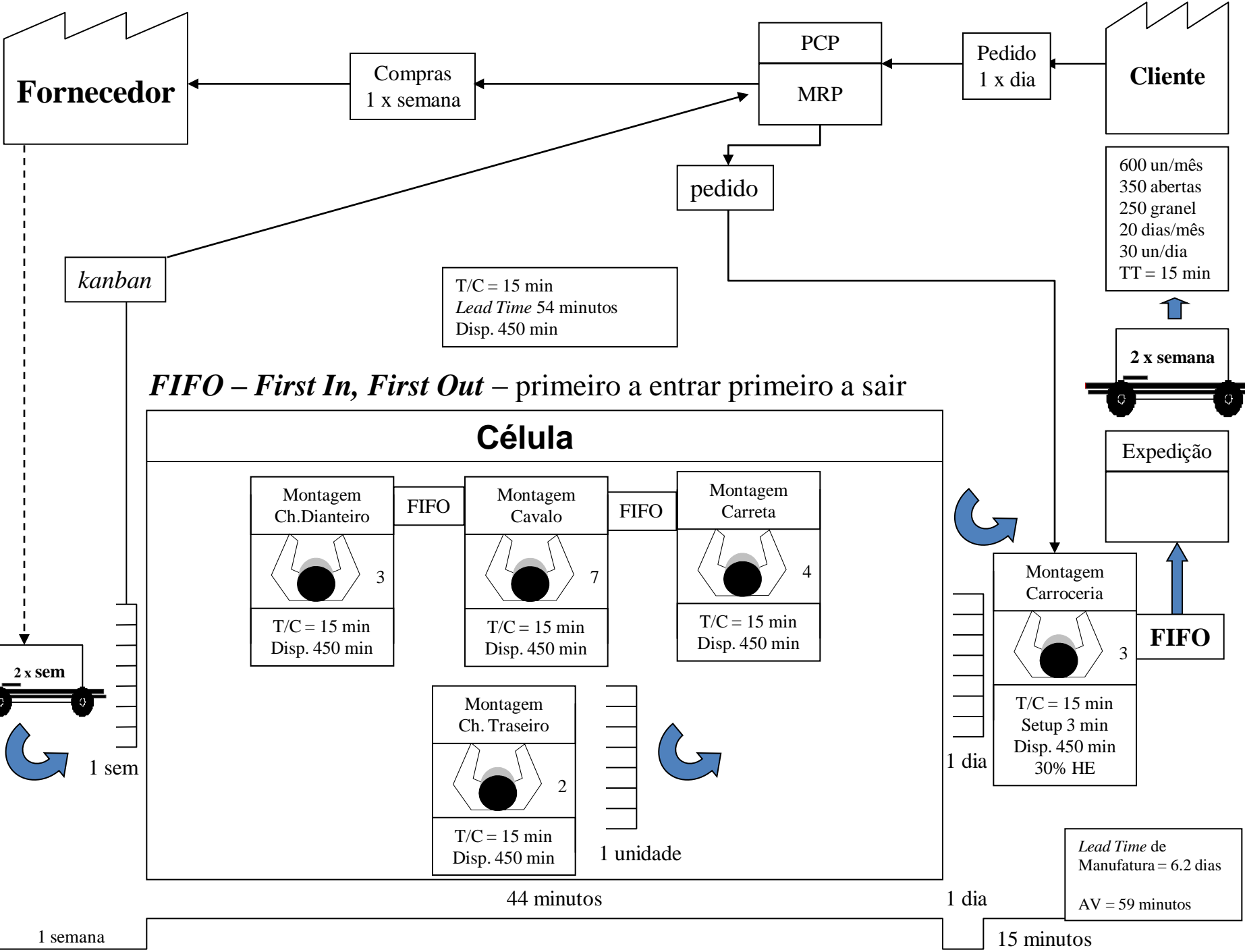


**FIFO – First In, First Out** – primeiro a entrar primeiro a sair



T/C = 15 min  
 Lead Time 54 minutos  
 Disp. 450 min

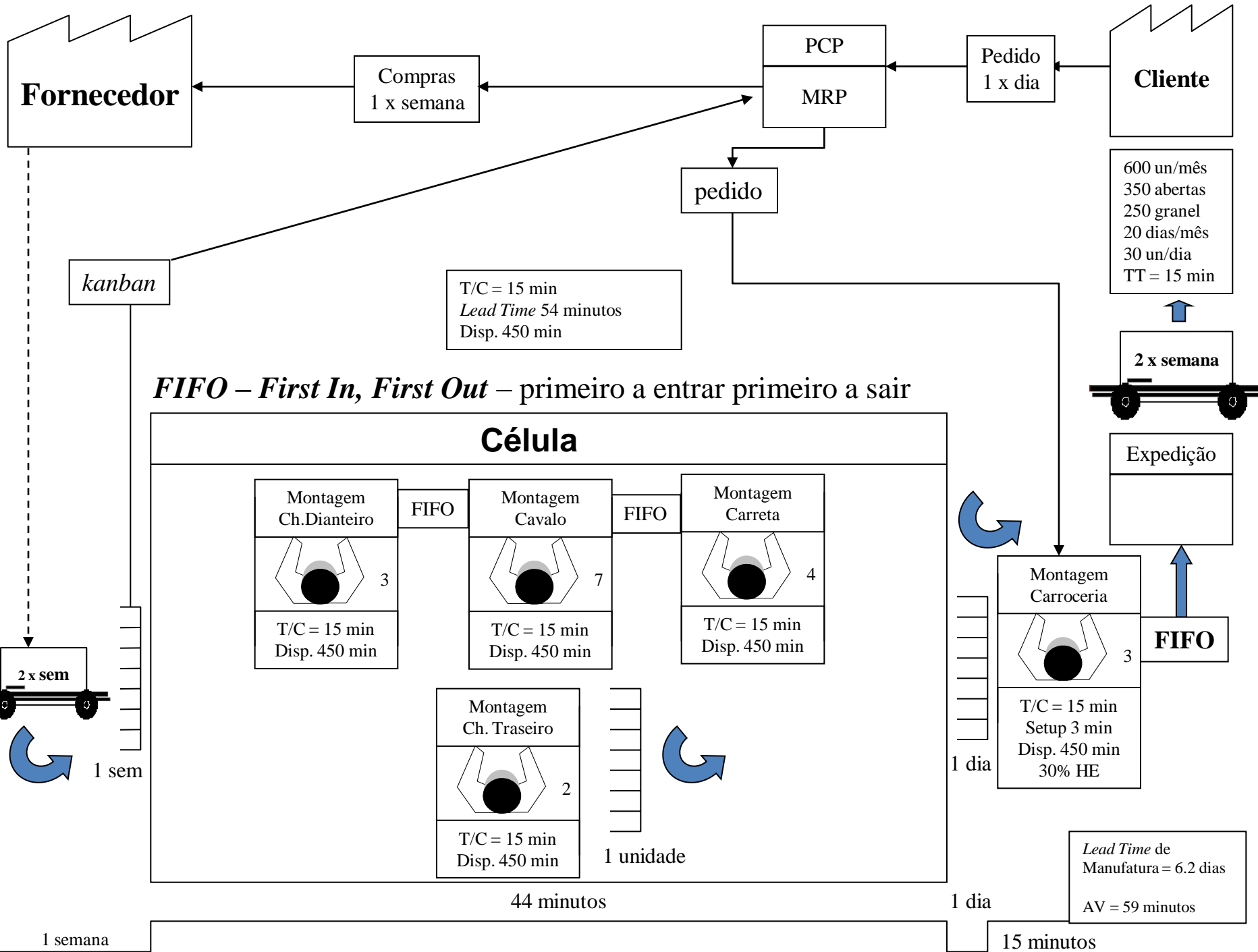


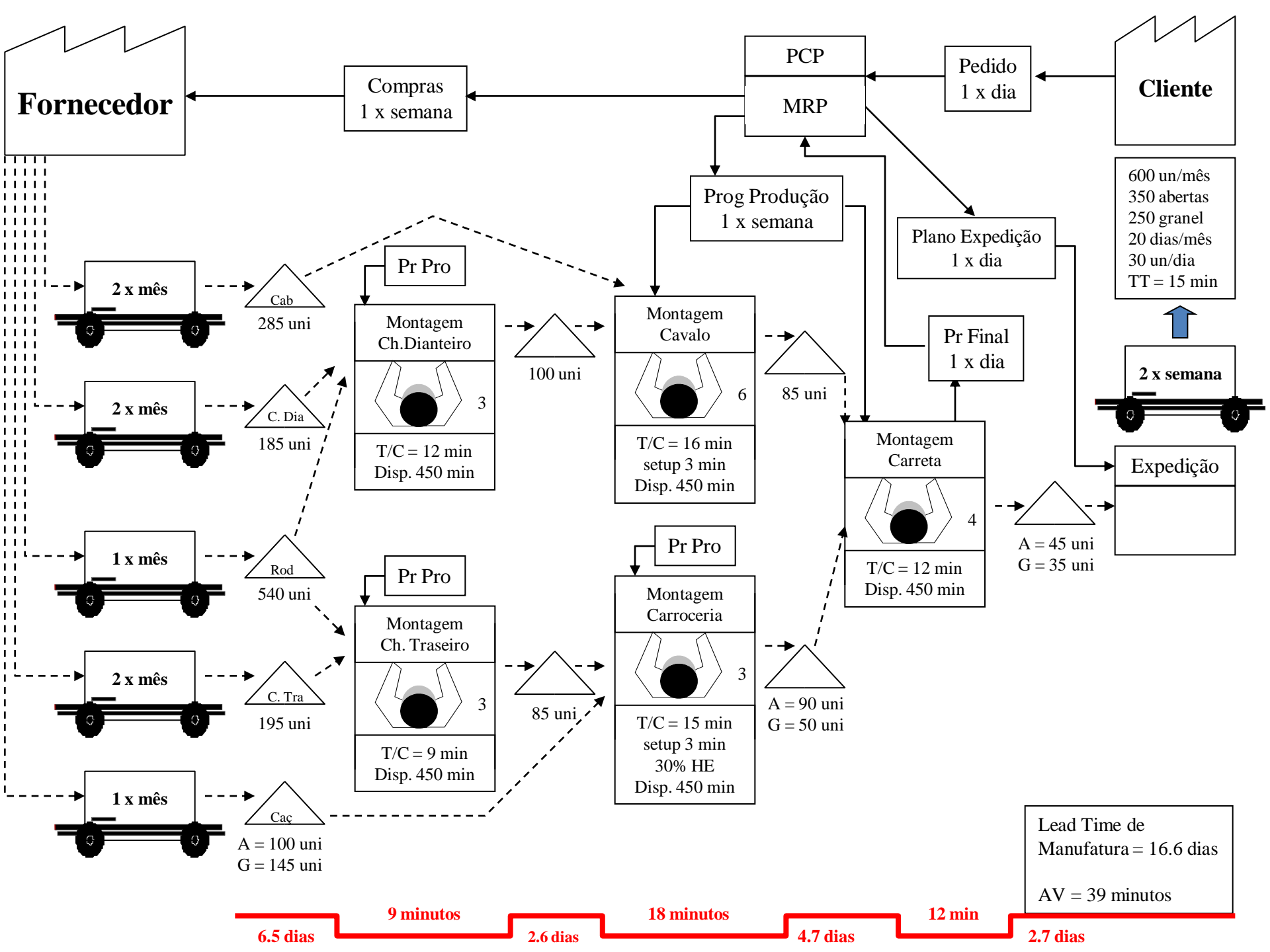


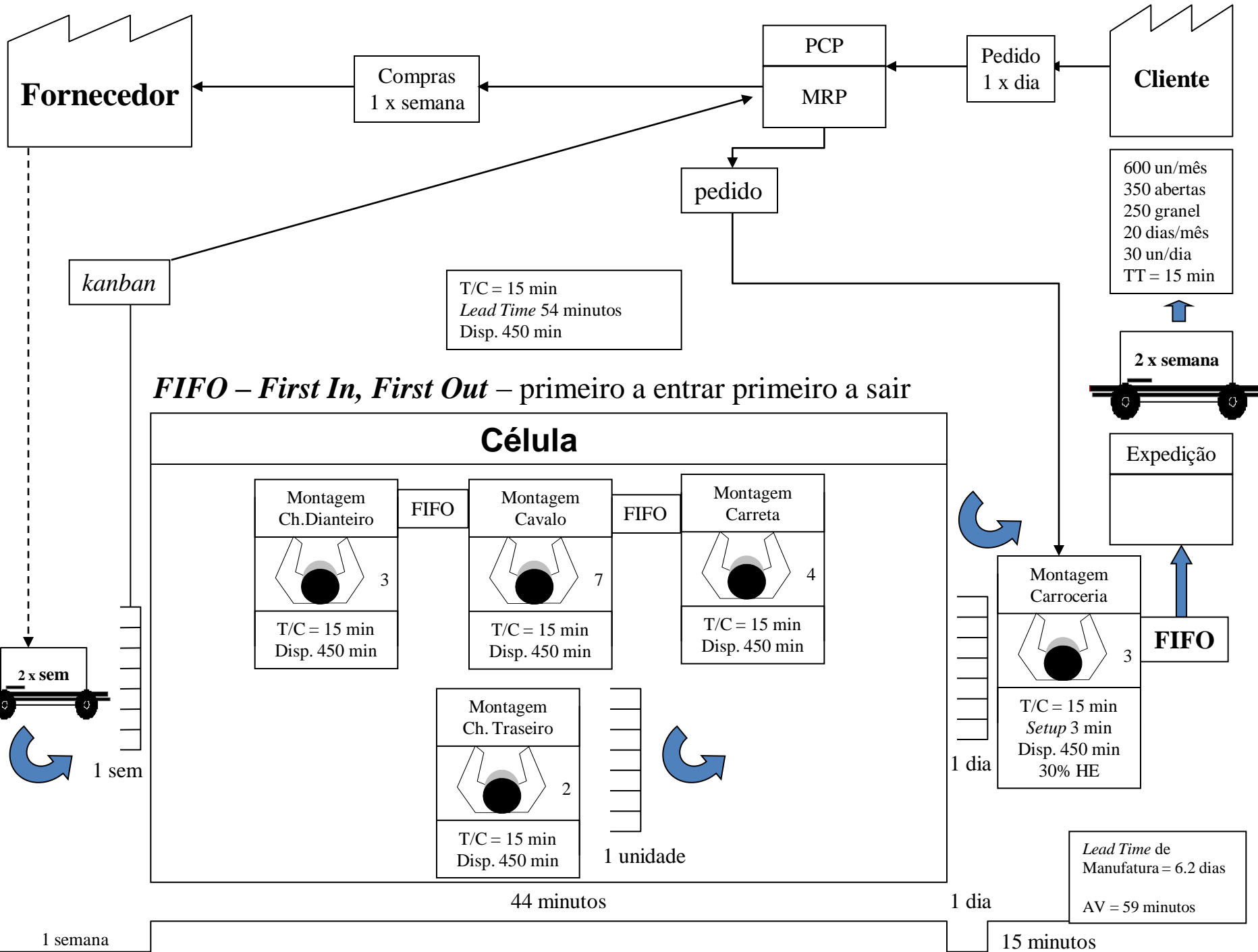
# Ações de melhoria - *Kaizens*

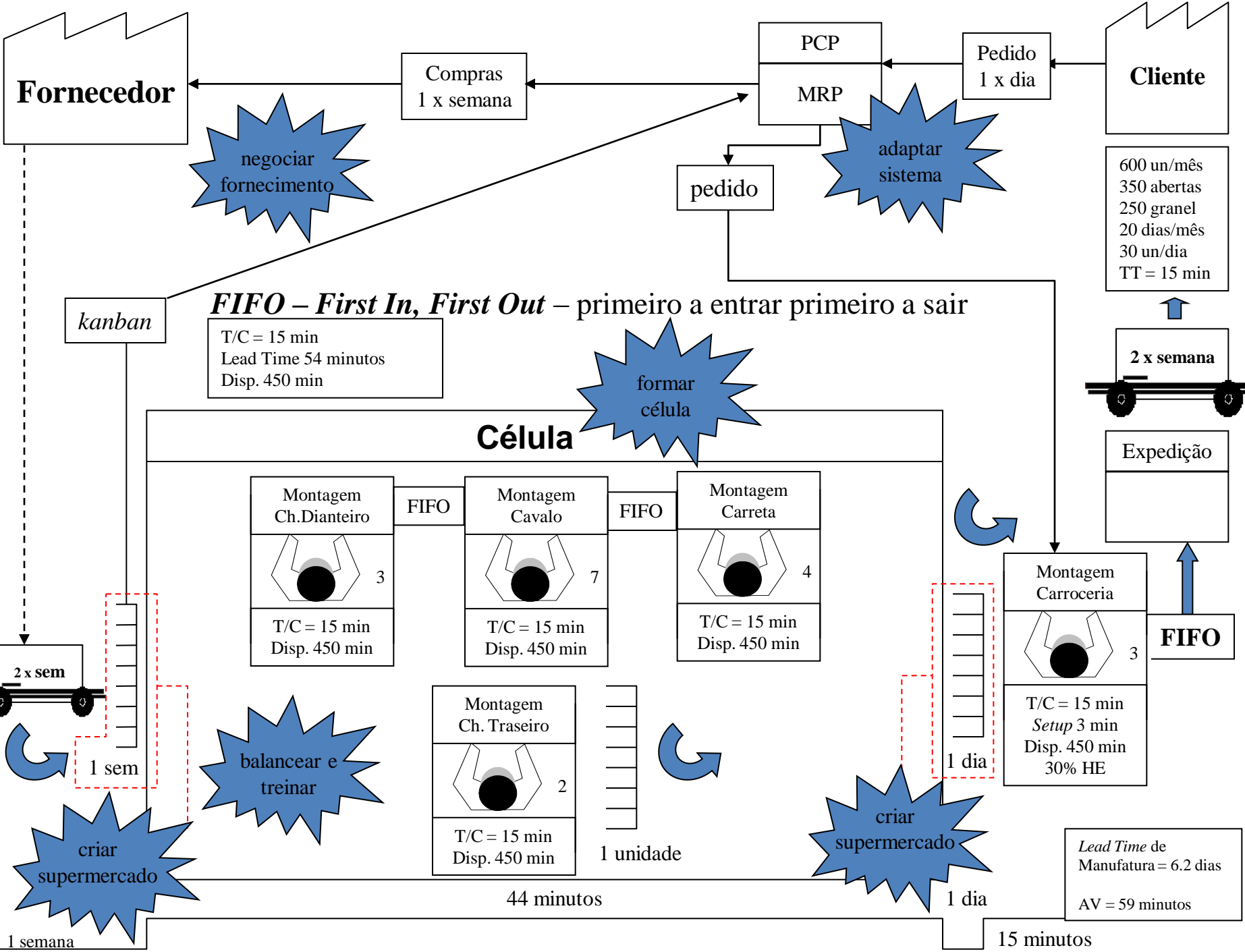
- Quais as ações necessárias para sair da situação atual e implantar a situação futura?











**Fornecedor**

**Cliente**

Compras  
1 x semana

PCP  
MRP

Pedido  
1 x dia

negociar  
fornecimento

adaptar  
sistema

pedido

600 un/mês  
350 abertas  
250 granel  
20 dias/mês  
30 un/dia  
TT = 15 min

kanban

**FIFO – First In, First Out – primeiro a entrar primeiro a sair**

T/C = 15 min  
Lead Time 54 minutos  
Disp. 450 min

formar  
célula

2 x semana

**Célula**

Expedição

Montagem  
Ch. Dianteiro  
3  
T/C = 15 min  
Disp. 450 min

FIFO

Montagem  
Cavalo  
7  
T/C = 15 min  
Disp. 450 min

FIFO

Montagem  
Carreta  
4  
T/C = 15 min  
Disp. 450 min



Montagem  
Carroceria  
3  
T/C = 15 min  
Setup 3 min  
Disp. 450 min  
30% HE

FIFO

2 x sem

1 sem

balancear e  
treinar

Montagem  
Ch. Traseiro  
2  
T/C = 15 min  
Disp. 450 min

1 unidade



1 dia

criar  
supermercado

Lead Time de  
Manufatura = 6.2 dias  
AV = 59 minutos

44 minutos

1 dia

15 minutos

1 semana

# Lean Production

- Termo “*Lean Production*” popularizado por Womack, Jones e Roos no livro “A máquina que mudou o mundo” (*The Machine that Changed the World*) (1990)
- *Lean Production* = Produção Enxuta = *Lean*
- Fazer mais com os recursos existentes
- *Toyota Production System* (JIT)

*National Bestseller*

*The Machine That Changed The World*

**THE STORY OF LEAN PRODUCTION  
HOW JAPAN'S SECRET GLOBAL AUTO WARS  
WILL REVOLUTIONIZE WESTERN  
INDUSTRIY**

**JAMES P. WOMACK, DANIEL T. JONES AND  
DANIEL ROOS**

**Gestão de Processos**

*Lean Thinking*

**BANISH WASTE AND CREATE  
WEALTH IN  
YOUR CORPORATION**

**JAMES P. WOMACK AND DANIEL T.  
JONES**

# Mentalidade Enxuta – Os 5 princípios

- Situação Atual
  - Especifique valor sob a ótica do cliente final
  - Identifique o fluxo de valor para cada família de produtos
  - Estabeleça fluxo contínuo sempre que possível
  - Implemente a lógica da “puxada”
  - Procure melhorar sempre, buscando a perfeição
- Situação Futura



# ANEXO I

- 1º Calendário
  - 2º *Resource*
  - 3º *Schedule*
- 
- Calendário – configuração 30% dos dias com 2 horas extras –  $0.3 * 20 = 6$  dias
  - Quantidade de recursos atuante nos processos, não pode ser superior a capacidade



# ANEXO IV

# CONCEITUAÇÃO BÁSICA

# TEMPOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO

- *Andons* – quadros de informações visual
- Tempo de ciclo – tempo decorrido durante uma sequência repetitiva de eventos. A duração de um ciclo é dada pelo período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou o fim desse ciclo.
- Tempo padrão – tempos unitários de processamento em cada máquina/posto de trabalho.
- *Takt-Time* – representa a sincronização da produção no Sistema Toyota de Produção (STP). *Takt-time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições e capacidade da linha ou célula. É o tempo que rege o fluxo dos materiais em uma linha ou célula.
- Tempo produtivo – agrega valor
  - ✓ operações
- Tempo improdutivo – não agrega valor
  - ✓ inspeções
  - ✓ esperas
  - ✓ armazenamento
  - ✓ transporte

# TAKT-TIME

- *Takt* – palavra alemã que serve para designar compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão nos anos 30 com o sentido de ‘ritmo de produção’, quando técnicos japoneses estavam a aprender técnicas de fabricação com engenheiros alemães (SHOOK, 1998).
- O *Takt-time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidos.

## Tempo de Ciclo

- Em um sistema de produção, o tempo de ciclo é determinado pelas condições operativas da célula ou linha. Considerando-se uma célula ou linha de produção com ‘n’ postos de trabalho, o tempo de ciclo definido em função de dois elementos:
  1. tempos unitários de processamento em cada máquina/posto (tempo-padrão)
  2. número de trabalhadores na célula ou linha

# TEMPO DE CICLO

- O tempo de ciclo requer uma análise de equipamentos individuais, para depois derivar o conceito para o caso geral de uma linha ou célula. Genericamente, para uma máquina ou equipamento, o tempo de ciclo é o tempo necessário para a execução do trabalho em uma peça, é o tempo transcorrido entre o início/término da produção de duas peças sucessivas de um mesmo modelo em condições de abastecimento constante. Algumas operações, dadas suas características, como tratamento térmico, queima de cerâmica, tratamento químico, pintura etc. requerem que esse seja definido como o tempo para o processamento de um lote ou batelada.
- Cada máquina e equipamento tem um tempo de ciclo característico para cada operação (processamento) executada. Em alguns casos, como em tornos automáticos e CNC's, pode ser fisicamente identificado com relativa facilidade – retorno das ferramentas de corte a uma mesma posição; em outras, nem tanto, como no caso de operações manuais.
- Sob o prisma do Mecanismo da Função de Produção, o tempo de ciclo está associado à função operação. É uma característica de cada operação da rede de processos e operações.
- Quando analisada uma operação isolada, o tempo de ciclo é igual ao tempo padrão; é o tempo que consta nos roteiros de produção dos sistemas de PCP. Por exemplo, para o caso de uma máquina dedicada com um tempo padrão de 2,5 minutos, o tempo de ciclo também será de 2,5 minutos; isto é, a cada 2,5 minutos pode ser produzida uma peça, repetindo-se um ciclo.

# Técnicas de Registro Analítico

- Gráfico do fluxo do processo  
Fluxograma  
Mapa fluxograma  
Diagrama de frequência de percurso
- Gráficos de atividade  
Gráfico de atividade simples  
Gráfico de atividade múltiplo  
Diagrama Homem-Máquina

# TAKT-TIME e TEMPO DE CICLO: o contraste dos conceitos e as lógicas de melhorias

- Considerando uma demanda diária de 120 unidades com uma jornada de 8 horas o *takt-time* calculado é  $480 / 120 = 4$ . Considerando que esse intervalo de tempo é maior que o permitido pela linha (por exemplo, tempo de ciclo da linha igual a 3 minutos), o *takt-time* efetivo seria de 4 minutos. Ou seja, o ritmo de produção efetivamente praticado na linha seria de uma unidade a cada 4 minutos. Ou seja, o ritmo de produção efetivamente praticado na linha seria de uma unidade a cada 4 minutos.
- Em uma segunda situação, para uma demanda de 240 unidades por dia, corresponderia um *takt-time* calculado de 2 minutos. Como 2 minutos é inferior ao tempo de ciclo, o *takt-time* efetivo seria então de 3 minutos (ritmo de produção real da linha). Nota-se que a capacidade de produção disponível não permite o atendimento da demanda; o ritmo necessário para atender a demanda, indicado pelo *takt-time* calculado de 2 minutos não pode ser atingido, posto o limite de capacidade da linha ou célula.
- Se o tempo de ciclo de uma célula ou linha representa o ritmo máximo possível, mantidas as condições atuais, é óbvia a conclusão de que o tempo de ciclo é um limitante do *takt-time*, isto é, da cadência de produção; da velocidade do fluxo.
- Em verdade, o ritmo da linha é sempre limitado, seja pela capacidade (representada pelo tempo de ciclo) ou pela demanda (representada pelo *takt-time* calculado). O *takt-time* efetivo, tal como definido aqui, será igual ao *takt-time* calculado caso a capacidade for maior ou igual à demanda, e igual ao tempo de ciclo quando a capacidade for inferior à demanda.
- A apresentação desses conceitos adicionais deve ser acompanhada da ponderação que o que se denomina aqui de *takt-time* calculado apresentada. Essa, visivelmente, considera a capacidade do sistema como infinita. O *takt-time* efetivo, a seu tempo, é definido com base na capacidade real do sistema.

# *TAKT-TIME* e TEMPO DE CICLO: o contraste dos conceitos e as lógicas de melhorias

- A discussão sobre capacidade não pode ser, de modo algum, apartada do Planejamento e Controle da Produção, por motivos já explicados. Similarmente, deve-se considerar que o tempo de ciclo certamente não é imutável, e artifícios podem ser utilizados para reduzi-lo.
- A realocação de pessoal na fábrica é um dos expedientes mais empregados para absorver as variações na demanda; em momentos de pico acentuado a contratação de novos funcionários pode ser necessária. Em horizontes de médio/longo prazo pode ocorrer que a capacidade disponível não seja suficiente, mesmo com o nivelamento da demanda e/ou da produção, de forma que o aumento do número de trabalhadores também se faça necessário.
- Conforme IWAYAMA (1997), um dos objetivos da utilização do *takt-time* para a gestão dos fluxos dos materiais é clarear as prioridades para melhorias na fábrica. A imposição de um ritmo mais acelerado (diminuição do *takt-time*) serve para destacar as operações e os equipamentos que restringem a capacidade de produção. Esse tensionamento pode ser entendido como elemento indutor e direcionador da realização de melhorias.
- Transparece dessa discussão que o *takt-time* tem inserção mais ampla no sistema de gestão da produção do que se poderia supor com uma interpretação desenvolvida somente no plano da logística interna da fábrica. Além de se associar a gestão com base no *takt-time* a um ciclo de rotina – operação padrão, tem-se, forçosamente, que reconhecer sua vinculação a um ciclo de melhorias.
- O controle da produção é feito pela checagem e comparação, em pontos determinados, do estágio no qual se encontra a produção versus o projetado. Desvios para mais ou para menos indicam problemas e são apontados pelo sistema de controle, de forma que medidas corretivas possam ser tomadas e seja despertada a atenção do responsável pela área. O controle da produção é, portanto, realizado ‘on-line’ e de forma descentralizada. O *takt-time* dá visibilidade ao fluxo dos materiais e aos problemas ocorridos.



# ASPECTOS ESTRATÉGICOS – FLEXIBILIDADE

- A flexibilidade de um sistema de produção é a capacidade que o mesmo tem de se adaptar a variações no ambiente e nas condições internas de operação da empresa. Existem diferentes tipologias para a flexibilidade. Adota-se aqui a proposta por SLACK (1995), que define quatro tipos de flexibilidade: de produto, de *mix*, de volume e de entrega. No que concerne ao tema, a habilidade de alterar a variedade e a proporção entre as quantidades dos produtos em produção (flexibilidade de *mix*) e a habilidade de variar os volumes agregados de saída do sistema de produção (flexibilidade de volume) são os tipos mais relevantes.
- SLACK (1995) sobrepõe duas dimensões a essa matriz conceitual: faixa e resposta. A flexibilidade de faixa diz respeito aos limites máximos e mínimos de variação que o sistema pode suportar; a flexibilidade de resposta está associada ao tempo que o sistema necessita para se adaptar a essas variações.
- De outro modo, é justo afirmar que, em termos práticos, a coordenação do fluxo dos materiais com base no *takt-time* tem implicações para a flexibilidade dos sistemas de produção. Esse fenômeno é observado na medida em que a alteração do *mix* de produção ou do volume de saída de uma linha, por exemplo, pode demandar a completa redistribuição das cargas de trabalho. Para que essas mudanças sejam possíveis é necessário que um conjunto de requisitos relativos à formação dos recursos humanos e à padronização do trabalho sejam atendidos.
- A importância da presença de recursos humanos capazes de desempenhar diferentes tarefas também é sentida em função da necessidade de adaptação do sistema às flutuações na demanda, pela alteração do ritmo de produção. Esse caminho implica na redefinição do *takt-time* e no redesenho das folhas de operação-padrão, com a consequente redistribuição da carga de trabalho na fábrica. Se a demanda aumenta, o *takt-time* diminui, e é provável que cada operário passe a executar menos operações; quando a demanda cai, ocorre o inverso (por exemplo: operações antes separadas em blocos individualmente alocados, podem ser reagrupadas e realizadas por um conjunto menor de funcionários).

# LIMITES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *TAKT TIME*

- O emprego do *takt-time* como fio condutor do fluxo de produção limita a capacidade da empresa se adaptar a alterações nas condições de produção. Em termos estratégicos, o sistema de produção fica caracterizado por uma baixa flexibilidade de resposta às variações na demanda, tanto em termos do volume como do *mix* de produção.
- As dificuldades operacionais para a variação do *takt-time* introduzem um componente inercial na fábrica. Caso a demanda varie, a gerência da planta pode optar por manter constantes os níveis de produção por um determinado período, mesmo tendo condições de redistribuir o trabalho.
- Se a demanda cair, a manutenção do volume de produção acarretará o acúmulo de estoques de produtos acabados. Essa, na verdade, é uma prática observada no próprio STP – isto é, nas fábricas da Toyota, resultando daí a ocorrência de perdas por estoque (OHNO, 1996).
- O Sistema, ao adotar uma determinada lógica de gestão da produção, no caso baseada na determinação do *takt-time*, acaba por gerar perdas.

# LIMITES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *TAKT TIME*

- Essa aparente contradição interna tem explicação na medida em que a realização de mudanças constantes no *takt-time*, com a decorrente redefinição das rotinas de operação, é complexa e pode gerar transtornos significativos, os quais viriam a causar uma série de outras perdas.
- Os limites da flexibilidade do Sistema são assim expostos. Mesmo com os esforços historicamente realizados no STP, a manutenção de estoques de produtos acabados pode ser desejável à variação no *takt-time*, pois o esforço demandado para a alteração desse é de tal magnitude que a estabilidade do Sistema pode ser abalada com mudanças repetidas.
- Em virtude dessas dificuldades, é de se esperar que as variações nas taxas de saída dos sistemas de produção operados com base no *takt-time* não sejam contínuas, mas apresentem comportamentos em escala, com variações dos níveis agregados de produção em saltos descontínuos. De fato, a definição dos domínios dessas variáveis depende também do grau de discretização das operações de montagem constantes das rotinas de operação-padrão.

# LIMITES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *TAKT TIME*

- Conclui-se, pois, que a aplicação do *takt-time* como elemento que encadeia e representa a taxa de avanço do fluxo dos materiais ao longo do tempo e do espaço é restrito a um conjunto de situações nas quais é possível estabelecer uma demanda relativamente homogênea por um determinado período de tempo mínimo. Variar continuamente o volume ou o *mix* de produção não são alternativas viáveis do ponto de vista prático.
- A adoção desse mecanismo de programação não faz com que a empresa prescindia de um sistema de planejamento da produção de nível mais alto; pelo contrário, a alocação à fábrica de uma demanda estável por um determinado período de tempo dependerá da capacidade de desenvolver planos da produção mensais e semanais que absorvam as variações diárias de demanda sem que essas sejam transferidas ao sistema de produção.
- Sumariando-se as considerações feitas, podem ser relacionados os seguintes requisitos para a gestão com base no *takt-time* e a adoção da sistemática de operação-padrão de forma ampla:

# LIMITES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *TAKT TIME*

- 1) Estabelecimento de uma abordagem multi-nível de PCP, de tal forma que seja factível, pela adequada gestão da demanda e de estoques, amortecer eventuais variações de curto prazo no carregamento da fábrica. Essa lógica pressupõe, naturalmente, uma forte interação com as estruturas de mercado e vendas.
- 2) Realização de esforços continuados para o treinamento e formação de operários multifuncionais.
- 3) Entendimento conceitual e aplicação prática de um dos pilares do STP; a autonomia. Ações nesse sentido irão demandar conhecimentos próprios de mecânica, elétrica, sistemas de controle etc., fato que deve ser considerado na formação de quadros aptos à realização de melhorias.
- 4) Compreensão adequada dos conceitos de *takt-time*, tempo de ciclo e tempo de ciclo da célula ou linha.

# LIMITES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *TAKT TIME*

- Se a variação do *mix* e do volume de produção resultam em dificuldades para a gestão da produção através do *kanban* e do *takt-time* em sistemas produtivos de base repetitiva como o automobilístico, é possível imaginar que as consequências serão ainda mais onerosas para aqueles que apresentam uma grande variabilidade em suas entradas e saídas.
- As características da gestão da produção com base no *takt-time* permitem, portanto, afirmar que a aplicação dessa sistemática só é adequada a sistemas com elevado grau de repetitividade na produção, nos quais se possam configurar fluxos unitários de peças e, mais além, manter a estabilidade nos padrões de demanda do ponto de vista da fábrica.
- O intervalo de tempo que representa o *takt-time* situa-se entre os limites inferior definido pela demanda e superior determinado pelo tempo de ciclo da célula ou linha. Sugere-se a introdução da definição de *takt-time* calculado (razão entre o tempo disponível para produção e a demanda), de forma que seja possível evidenciar eventuais diferenças com o ritmo real de produção comportado pela fábrica, aqui denominado de *takt-time* efetivo.

# ANEXO V

# MODELOS - ARQUIVOS

- Modelo 026 – configuração básica
- Modelo 026 01 & Modelo 027 – configuração das horas extras do estágio montagem da carroceria (calendário) – 30% dos dias com 2 horas extras
- Modelo 028 – balanceamento da linha



# ANEXO VI

# ANÁLISE DOS ESTOQUES EM PROCESSO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CABINAS DAIMLERCHRYSLER DO BRASIL LTDA

Variáveis:

- 1) Tamanho dos produtos – o tamanho das cabinas torna a estocagem ainda mais difícil em decorrência do problema de layout das plantas fabris
- 2) Dificuldade de movimentação das cabines
- 3) Suscetibilidade a falhas dos sistemas de armazenagem
- 4) Mix de produtos
- 5) Variabilidade do fluxo das etapas de produção

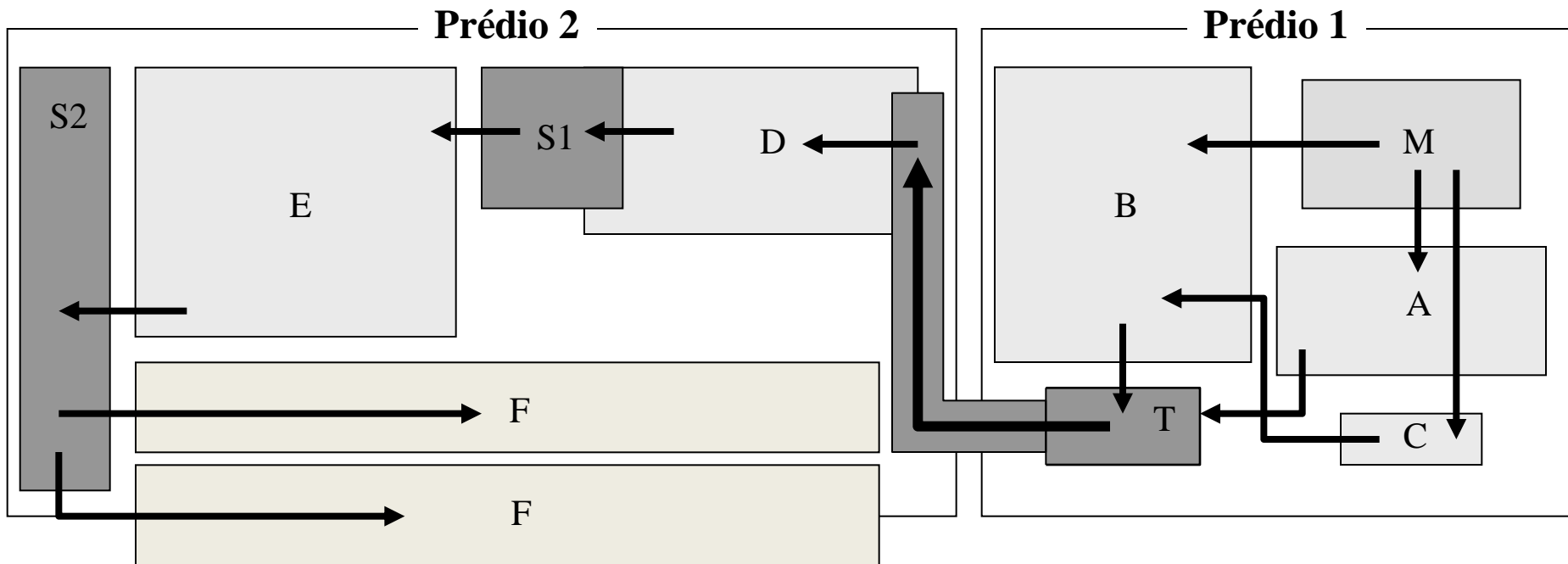
# ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

- 1) Montagem bruta das cabinas
- 2) Processos de funilaria e de retrabalho
- 3) Processos relativos à pintura – estoque em processo – cabines pintadas
- 4) Montagem de acabamento das cabinas – estoque em processo – cabines montadas
- 5) Montagem final dos caminhões – montagem da cabina acabada no chassi do caminhão na montagem final de caminhões

# LAYOUT DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO

A – Produção cabina bruta – linha nova  
B – Produção cabina bruta – linha antiga  
C – Montagem de portas  
D – Processos de pintura  
E – Montagem cabina, acabamento

T – Transportador aéreo  
S1 – Buffer de cabinas pintadas  
S2 – Depósito vertical (cabinas acabadas)  
F – Montagem final de caminhões  
M – supermercado



# PREMISSAS DO SISTEMA

- Seis tipos básicos de caminhões
- Chassis de ônibus de motor frontal
- Cada tipo de caminhão utiliza uma cabina específica
- Cada tipo de cabina, em média, cinco variações para as cabinas brutas e cada variação de cabina bruta tem, em média, mais sete variações de cabinas acabadas

# SISTEMA DE PRODUÇÃO

- Logo após a montagem bruta, todas as cabinas seguem pelo transportador aéreo de via única (T) para serem pintadas. Os processos para pintura (D) ocorrem sequencialmente sem áreas de estoque, mas com muitas seções de retrabalho, em que as cabinas voltam às etapas anteriores. As cores são determinadas de acordo com a cor do dia, ou são predeterminadas de acordo com a necessidade de vendas.
- Saindo da pintura, as cabinas são armazenadas no primeiro estoque seletivo, o *Buffer* de cabinas pintadas (S1), de acordo com a ordem de chegada. A saída das cabinas deve ocorrer de acordo com a programação da produção e o *Buffer* tem flexibilidade para liberar qualquer cabina presente no estoque.
- Após serem retiradas do *Buffer*, as cabinas vão para duas linhas de montagem de acabamento das cabinas (E), sendo divididas em leves e médios na primeira linha e pesados na segunda, de acordo com a divisão das linhas de montagem final de caminhões (F).
- Sendo liberadas das linhas de acabamento, as cabinas são novamente armazenadas, agora no Depósito Vertical (S2), que também tem total flexibilidade, sendo liberadas após armazenagem para as linhas de montagem final (F), divididas da mesma forma que as linhas de montagem de acabamento das cabinas (E).
- Para a análise da necessidade dos dois estoques seletivos, foram consideradas algumas características especiais do sistema, dentre elas a programação e o desbalanceamento das etapas produtivas.

# SISTEMA DE PRODUÇÃO

- Os caminhões são programados de acordo com uma sequência semanal determinada nas linhas da montagem final. Essa sequência puxa a produção de todos os outros componentes dos caminhões, inclusive as cabinas. Portanto, essa sequência final é utilizada como base no sequenciamento de todos os componentes. A primeira etapa da produção de cabinas utiliza a sequência final como base, mas balanceia e divide novamente essa sequência de acordo com as restrições do sistema. Diferentemente das etapas restantes do sistema, empurra a produção das cabinas sem verificar o estado das etapas seguintes e a real necessidade das cabinas, em razão da existência de índices de produtividade.
- Depois de montadas, as cabinas são pintadas e armazenadas no *Buffer*. Até o final da pintura, as cabinas só apresentam as variantes brutas. A retirada do *Buffer* é puxada pela linha de montagem de acabamento de cabinas e é baseada nas sequências de montagem final sem restrições.
- Mas muitas vezes as cabinas necessárias não estão no *Buffer*, em decorrência de problemas e retrabalhos, sendo, então, retirada a próxima cabina da sequência para que a produção não pare. Depois de retiradas, as cabinas recebem a variante de acabamento de acordo com a necessidade da sequência final de produção.

# SISTEMA DE PRODUÇÃO

- Na sequência, o Depósito Vertical puxa as cabinas da linha de montagem de acabamento e as armazena. Finalmente, as linhas de montagem final puxam as cabinas do Depósito Vertical de acordo com a sequência final, em que este não pode estar sem a cabina programada para que a linha de montagem final não pare.
- Como se pode concluir, há, além dos problemas de programação, um conflito entre as etapas de produção; no início, a produção é empurrada e, no final, a produção é puxada. Esse conflito deve ser amenizado pelos estoques seletivos do sistema.
- Outra análise a ser feita é que a parada ou o bloqueio das etapas da produção, em conjunto com a questão da produção das cabinas ser empurrada no início e puxada no final, gera uma variação do fluxo de produção das diversas etapas. Em razão das características do sistema, não é possível utilizar pequenos estoques e pulmões. Isso faz com que a parada nas etapas iniciais do sistema gere a falta de cabinas nas etapas posteriores e as paradas nas etapas posteriores gerem o bloqueio das etapas anteriores, quando o sistema não for mais capaz de movimentar as cabinas (Hall & Sriskandarajah, 1996). Esses fatores provocam grande variabilidade no fluxo da produção entre as etapas do sistema, que deve ser corrigida pelos dois estoques seletivos em processo.



# Objetivos, Restrições e Coleta de Dados

- De acordo com Banks (1998) e Willians & Çelik (1998), é necessária uma clara definição dos objetivos no início do projeto para que este tenha sucesso e consiga a solução dos problemas propostos. Neste estudo, o objetivo principal foi avaliar a necessidade e o tamanho dos dois estoques seletivos em processo do sistema.
- Para realização do objetivo, foi necessário entender o fluxo das cabinas no sistema e avaliar o impacto na geração dos estoques das seguintes características do sistema:
  - \_ variação da sequência de produtos programada ao longo das etapas da produção;
  - \_ influência do desbalanceamento entre as diversas etapas da produção.
- Após a definição dos objetivos, parte-se para a definição do modelo conceitual, definindo quais características do sistema serão modeladas. Mas não é possível a modelagem de todos os detalhes e dados do sistema, pois o modelo pode se tornar demasiadamente grande e pode não ser útil para a obtenção dos objetivos, tornando todo o estudo sem utilidade.
- Estabeleceram-se, então, algumas restrições:
  - \_ dois turnos de produção (um para a linha nova da produção bruta de cabinas);
  - \_ maior parte dos tempos de processos baseados no *takt time* das linhas de produção.

# Objetivos, Restrições e Coleta de Dados

- Foram encontradas poucas tabelas históricas de tempos;
  - \_ não ocorrência de falta de peças;
  - \_ transportadores entre as etapas de produção consideradas apenas como tempos de processo de acordo com o tempo de movimentação;
  - \_ os recursos humanos foram considerados balanceados e sempre disponíveis.
- Depois de definidas as restrições do estudo, foi iniciada a coleta dos dados. Essa é uma das fases mais trabalhosas, pois conseguir os dados necessários com qualidade, quantidade e alguma variabilidade é uma tarefa de grande dificuldade (Vincent, 1998). É comum que os dados do sistema estejam indisponíveis, ou que não estejam no formato desejado para o desenvolvimento do estudo e necessitem de tratamento. Assim, alguns procedimentos são importantes para a coleta dos dados, dentre eles, visitas à planta, entrevistas, acesso a bancos de dados e coleta manual dos dados, e, no caso dos dados não existirem, algumas considerações são necessárias.

# Objetivos, Restrições e Coleta de Dados

- Após a coleta das informações e dos dados necessários pode-se iniciar a construção do modelo no *software* ®. O procedimento de modelagem será detalhado na sequência.
- Para este estudo, os seguintes dados foram coletados:
  - \_ *layout* das etapas de produção nos prédios 1 e 2;
  - \_ histórico anual da produção diária de todas as variantes das cabinas;
  - \_ *takt time* e tempos de processo de todas as etapas da produção;
  - \_ restrições e capacidades máximas dos sistemas e linhas de produção;
  - \_ fluxo e rota dos diversos tipos de cabinas no sistema;
  - \_ detalhes dos sistemas transportadores;
  - \_ *lead time* para os sistemas e linhas de produção;
  - \_ sequência de cabinas definida pela programação da produção em cada etapa;
  - \_ dados estatísticos de frequência e duração das falhas e paradas de processo;
  - \_ situações especiais (lógicas de decisão, produtos específicos, etc.).

# Modelagem, Verificação e Validação

- Como o Sistema tem grandes dimensões, o modelo foi dividido em módulos que, depois de estarem de acordo com o necessário, foram unidos aos outros módulos representando o sistema real. Cada módulo teve uma etapa particular, em que foram construídos modelos simples e, iterativamente, aumentou-se o nível de detalhes de acordo com os objetivos. Foram observadas as características do sistema referentes ao fluxo das cabinas, à programação e ao desbalanceamento das etapas produtivas.
- Depois de unidos, os módulos foram adaptados e, também por meio de um processo iterativo, chegou-se ao modelo de todo o sistema real.
- Diversas características da planta foram detalhadas, sendo modelados os processos, as filas, as áreas de armazenagem, as regras de movimentação, as lógicas de decisão, os desvios, as estações de retrabalho e controle, etc. Foram geradas sequências de cabinas observando as mesmas restrições produtivas e variações de *mix* das observadas no sistema. O desbalanceamento das etapas da produção foi modelado pela variação estatística dos tempos dos processos produtivos e pelos dados estatísticos de frequência e duração das paradas de processo, de acordo com informações obtidas no sistema.
- Dessa forma, a simulação dos modelos proporcionou situações específicas de acordo com as reais, assim como a falta de cabinas, sistemas cheios, perdas de sequência e variação do fluxo, mostrando, durante a observação da simulação e a análise dos resultados, a necessidade dos estoques seletivos em processo.

# Modelagem, Verificação e Validação

- Como a modelagem foi iterativa, a verificação do modelo ocorria constantemente. A cada novo passo, este era verificado para avaliar se o modelo representava o conceito proposto do sistema. Após o término de cada módulo, este era verificado e depois validado, avaliando se a simulação do módulo estava de acordo com a realidade.
- Para verificação e validação foram utilizados os recursos de animação e os dados obtidos pelos relatórios finais do *software*. Durante a simulação, usaram-se os recursos de animação na observação do comportamento do modelo e os relatórios basearam-se nas informações coletadas durante a simulação. Com os recursos de animação foi possível observar durante a simulação diversas características do modelo, entre elas, o fluxo das entidades, o desbalanceamento entre as etapas do processo, a variação da sequência programada das cabinas e os momentos em que a necessidade dos estoques era maior ou menor. Tudo que foi observado pela animação foi comprovado pelos dados estatísticos dos relatórios finais.
- Utilizando a animação, também foram construídos diagramas para verificação dos parâmetros nas corridas de simulação. Os parâmetros de validação do modelo foram: a quantidade de cabinas produzidas por dia, o *takt time* e *lead time* de cada linha de produção, os gargalos de cada etapa da produção, as características de restrição do sistema, o número de cabinas alocadas nos estoques e o número de cabinas fora da sequência programada.

# Modelagem, Verificação e Validação

- Esses parâmetros foram comparados aos dados reais da fábrica para validação do modelo pela utilização dos relatórios do estudo.
- Utilizando os resultados do modelo, foram construídas algumas tabelas com os parâmetros de maior relevância para comparação com os parâmetros reais obtidos na empresa em questão.
- Os planejadores da empresa também colaboram com a validação do modelo observando se o modelo corresponde à realidade. As Tabelas 1, 2 e 3 mostram os parâmetros de verificação. Na primeira tabela, pode-se visualizar a utilização média dos recursos que bloqueiam o sistema e a comparação com os dados obtidos no modelo.

# Modelagem, Verificação e Validação

- Na Tabela 2 estão os dados referentes aos estoques e ao comportamento da sequência programada na Pintura, no *Buffer* e no Depósito Vertical. Nota-se que as cabinas saem da pintura quase totalmente fora da sequência, justificando a existência do *Buffer*, pois este corrige grande parte da sequência programada, só não conseguindo corrigir as cabinas muitas posições fora. Já o Depósito Vertical garante a total manutenção da sequência.
- Os dados da Tabela 3 mostram grande proximidade do modelo com o sistema real. As diferenças dos dados relativos à Linha Nova parecem o dobro. E realmente são, pois a Linha Nova trabalha em 1 único turno, enquanto o restante do sistema trabalha em 2 turnos, assim como o *software* coleta as estatísticas em 2 turnos. Já os valores restantes se apresentam um pouco maiores, pois os dados de fábrica são referentes a situações normais de fábrica. Além de os dados da simulação já levarem em consideração eventuais falhas, filas, etc.

# REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALVAREZ, R. DOS REIS, “*Takt-Time*: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção”, *Gestão & Produção*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-18, Abril, 2001.
- ANTUNES JR., J., “Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma Discussão Sobre a Possibilidade de Unificação da Teoria das Restrições e a Teoria que Sustenta a Construção dos Sistemas de Produção com Estoque Zero. Tese de Doutorado em Administração de Empresas, Programa de Pós Graduação em Administração da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1998.
- CORIAT, B., “Pensar pelo Averso: o Modelo Japonês de Trabalho e Organização”, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- GHIANATO, P., “Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-Time. UCS, Caxias do Sul, RS, 1995.
- IWAYAMA, H., “Basic Concept of Just-in-Time System”, mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.
- MEYERS, F., “Motion and Time Study for Lean Manufacturing”, Prentice Hall, Upper Saddle River, EUA, 2ª ed., 1999.
- MINTZBERG, H., “Criando Organizações Eficazes: Estruturas em Cinco Configurações”, Atlas, São Paulo, SP, 1993.
- MONDEN, Y., “Sistema Toyota de Produção”, IMAM, São Paulo, SP, Brasil, 1984.
- OHNO, T., “O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala. Bookman, Porto Alegre, RS, 1996.



# REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ROTHER, M. & SHOOK, J., “Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. The Lean Enterprise Institute, Brookline, EUA, 1998.
- SHINGO, S., “O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Bookman, Porto Alegre, RS, 1996a.
- SHINGO, S., “Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas. Bookman, Porto Alegre, RS, 1996b.
- SHONBERGER, R., “Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity. The Free Press, EUA, 1982.
- SHOOK, Y., “Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective”, in LIKER, J. (org.): Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufactures. Productivity, Portland, EUA, 1998.
- SLACK, N., “Vantagem Competitiva em Manufatura – Atingindo Competitividade nas Operações Industriais. Editora Atlas, São Paulo, SP, 1993.
- TOYOTA MOTOR COMPANY, “Toyota Production System Handbook (em japonês). Nagoya, Japão, 1998.
- WOMACK, J.; JONES, T. & ROOS, D., “The Machine that Changed the World. Macmillan Publishing Company, Inc, EUA, 1990.