

# Sistemas de Transporte de Materiais

---

SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICAÇÃO

PROF. GUILHERME FRÓES SILVA

# Manuseio de Materiais

---

Movimentação, armazenamento, proteção e controle de materiais por meio dos processos de manufatura e distribuição, incluindo consumo e descarte dos materiais.

## Objetivos:

- Segurança
- Eficiência
- Baixo Custo

# Manuseio de Materiais

---

O custo de manuseio de materiais corresponde a uma porção significativa dos custos totais de produção.

Estima-se que, nos EUA, o custo de manuseio de materiais corresponde a 20-25% dos custos de mão-de-obra direta.

A proporção de custo total varia de acordo com o tipo de produção e o grau de automação na função de manuseio de materiais.

# Equipamentos

---

Podem ser classificados em quatro categorias:

1. Equipamentos de Transporte de Materiais
2. Equipamentos de Unitização
3. Sistemas de Armazenamento
4. Sistemas de Identificação e Rastreamento

# Equipamentos

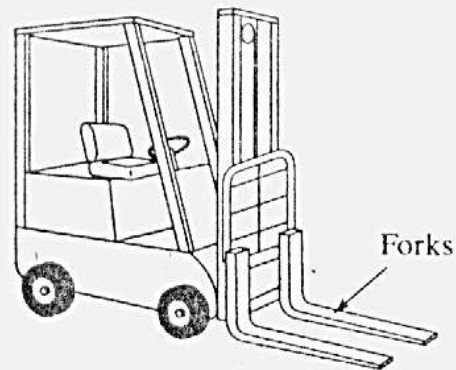
---

Deslocam o material dentro da fábrica.

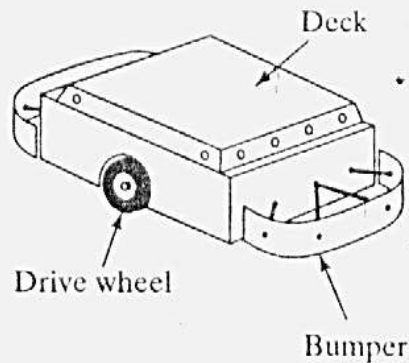
Principais tipos:

1. Veículos industriais
2. Veículos guiados automaticamente
3. Veículos guiados por trilhos
4. Transportadores
5. Guindastes e guinchos

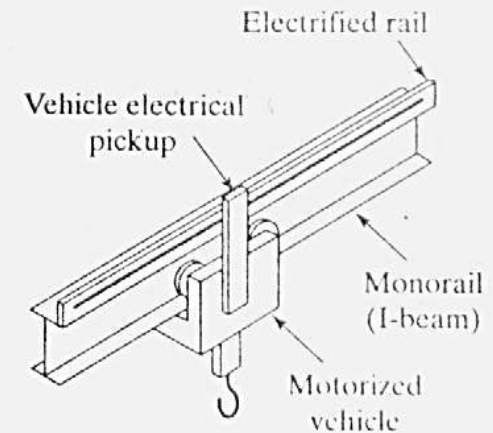
# Equipamentos



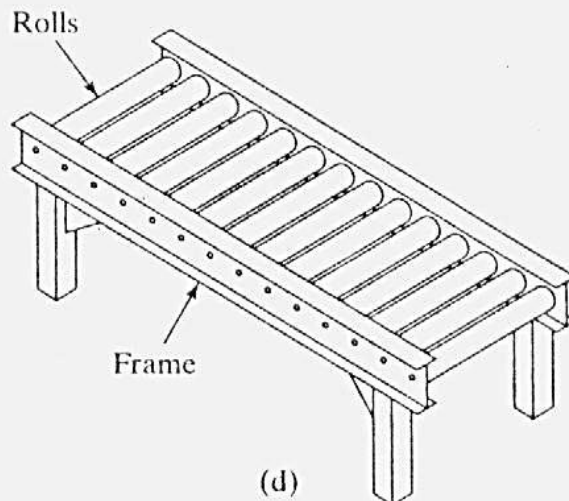
(a)



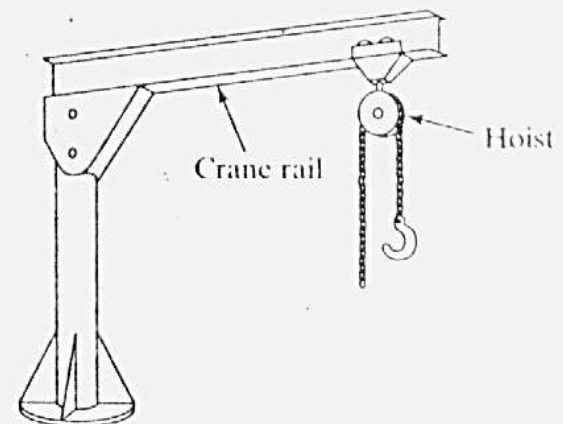
(b)



(c)



(d)



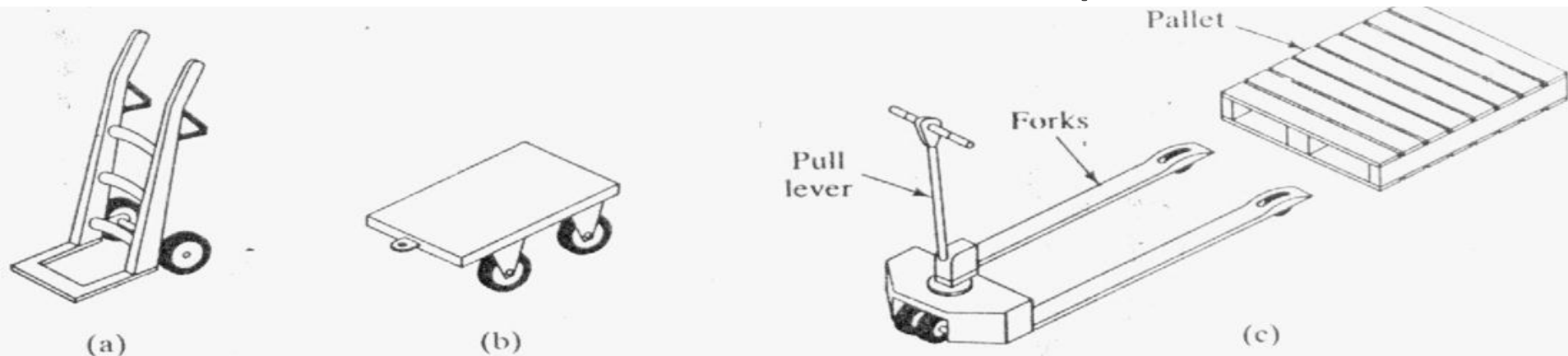
(e)

## Veículos Industriais Não-Motorizados

São normalmente referidos como “carrinhos-de-mão” porque são empurrados ou puxados por trabalhadores.

Quantidades de materiais movidas e distâncias deslocadas são relativamente baixas.

São classificados como de duas ou quatro rodas.



# Veículos Industriais Não-Motorizados

---

## Carrinhos de duas rodas (a)

- Mais fáceis de manipular pelo trabalhador mas são limitados a cargas mais leves

## Carrinhos de múltiplas rodas

- Carretas (b)
- Carrinhos de pallet (c)



# Veículos Industriais Não-Motorizados



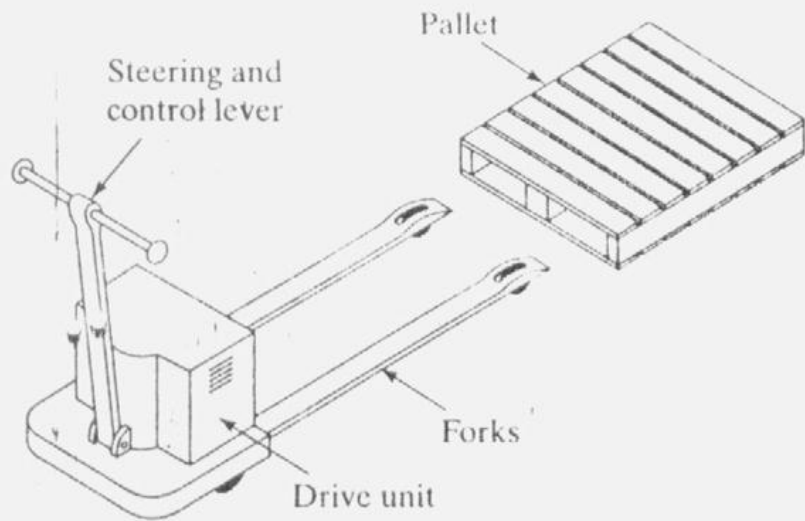
# Veículos Industriais Motorizados

São autopropelidos para assumir a função do trabalhador de deslocar o carro manualmente.

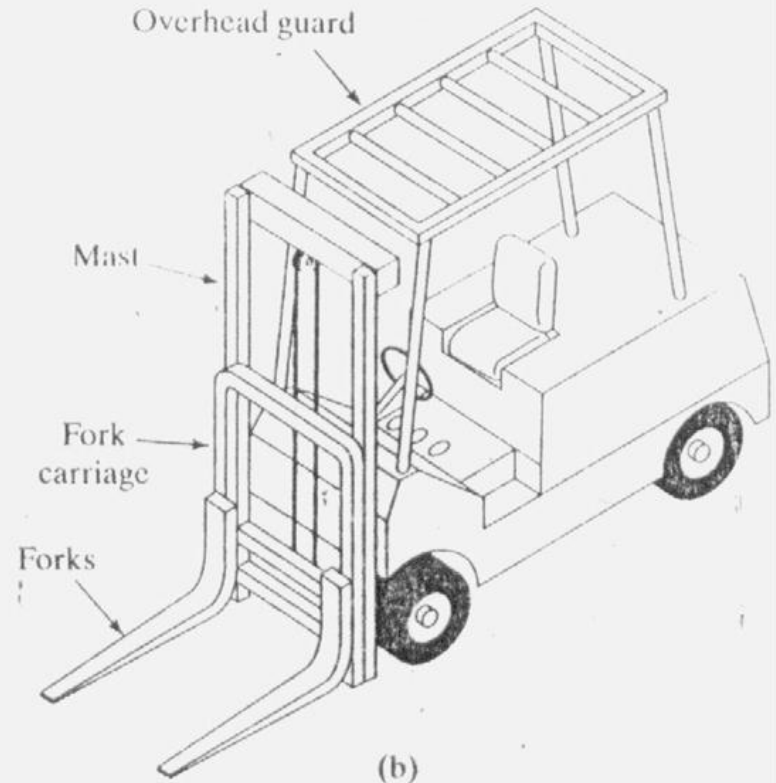
Três tipos comuns são utilizados em fábricas e armazéns:

1. Carrinhos motorizados (walkie trucks)
2. Empilhadeiras
3. Tratores de reboque

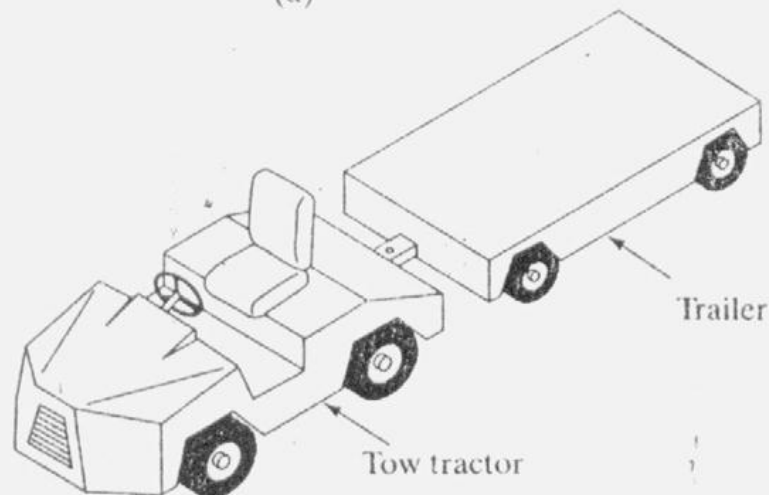
# Veículos Industriais Motorizados



(a)



(b)



(c)

# Veículos Industriais Motorizados

## Carrinhos motorizados (a)

- Propulsão à bateria e equipados com garfos com rodas para inserção em pallets
- Dirigido por um operador com controle manual na frente do veículo. Velocidade  $\sim 5\text{km/h}$  (caminhada)

## Empilhadeiras (b)

- Possui cabine para o operador
- Capacidade: 450 a 4500 kg
- Gasolina, GLP, GNV ou elétricos

# Veículos Industriais Motorizados

---

## Tratores e reboques industriais (c)

- São projetados para puxar um ou mais reboques sobre superfícies planas
- São utilizados geralmente para deslocar grandes quantidades de materiais
- O deslocamento entre pontos de origem e destino são relativamente longos

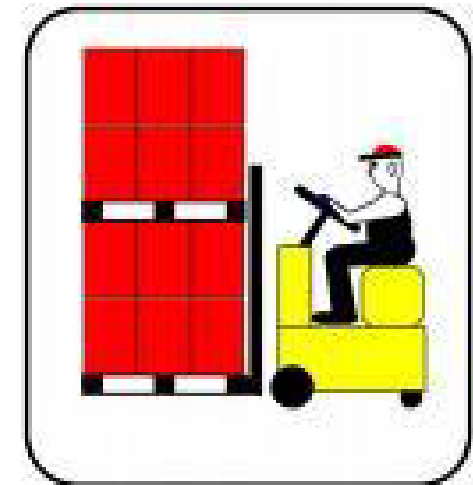
# Veículos Industriais Motorizados

---

## Tratores e reboques industriais (c)

- A propulsão é feita por motores elétricos ou à combustão interna
- São geralmente utilizados em aeroportos para movimentação de bagagem

# Veículos Industriais Motorizados



# Veículos Guiados Automaticamente

## *Automated Guided Vehicles (AGVs)*

- Operação independentes de operadores
  - Percursos definidos
- Movidos por baterias
  - 8 – 16 horas de autonomia
- Caminhos demarcados no chão-de-fábrica
- Movimentação de estoque intermediário



# Veículos Guiados Automaticamente

---

## *Automated Guided Vehicles (AGVs)*

- Variações de rotas são possíveis
- Indicado para processos em batelada (lotes) e alta variedade de produtos
- Alto custo

# Veículos Guiados Automaticamente

## *Classificação:*

### 1. Trens sem condutor

- Veículo puxando um ou mais reboques
- Primeiro tipo de AGV utilizado e ainda é um dos mais utilizados
- Cargas pesadas por longas distâncias

### 1. Carrinhos de pallets

- Utilizados para deslocar cargas paletizadas ao longo de rotas determinadas
- Evoluíram para as empilhadeiras AGVs

# Veículos Guiados Automaticamente

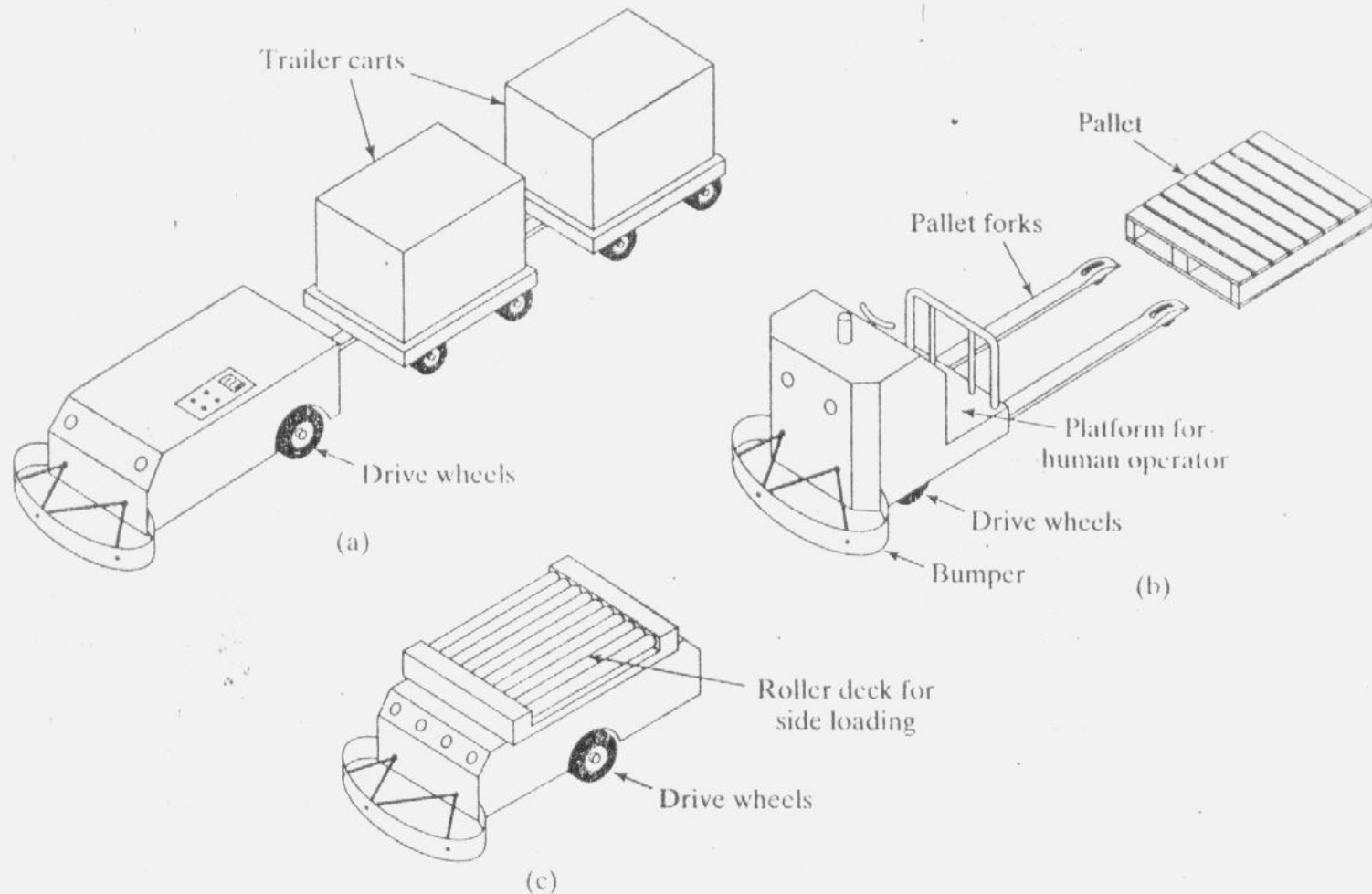
---

## *Classificação:*

### 3. Carregadores de unidades de carga

- Usados para deslocar unidades de carga de uma estação para outra
- Veículo relativamente pequeno com capacidade de carga leve ( $\sim 250 \text{ kg}$ )

# Veículos Guiados Automaticamente



**Figure 10.3** Three types of automated guided vehicles: (a) driverless automated guided train, (b) AGV pallet truck, and (c) unit load carrier.

# Veículos Guiados Automaticamente



# Monovias

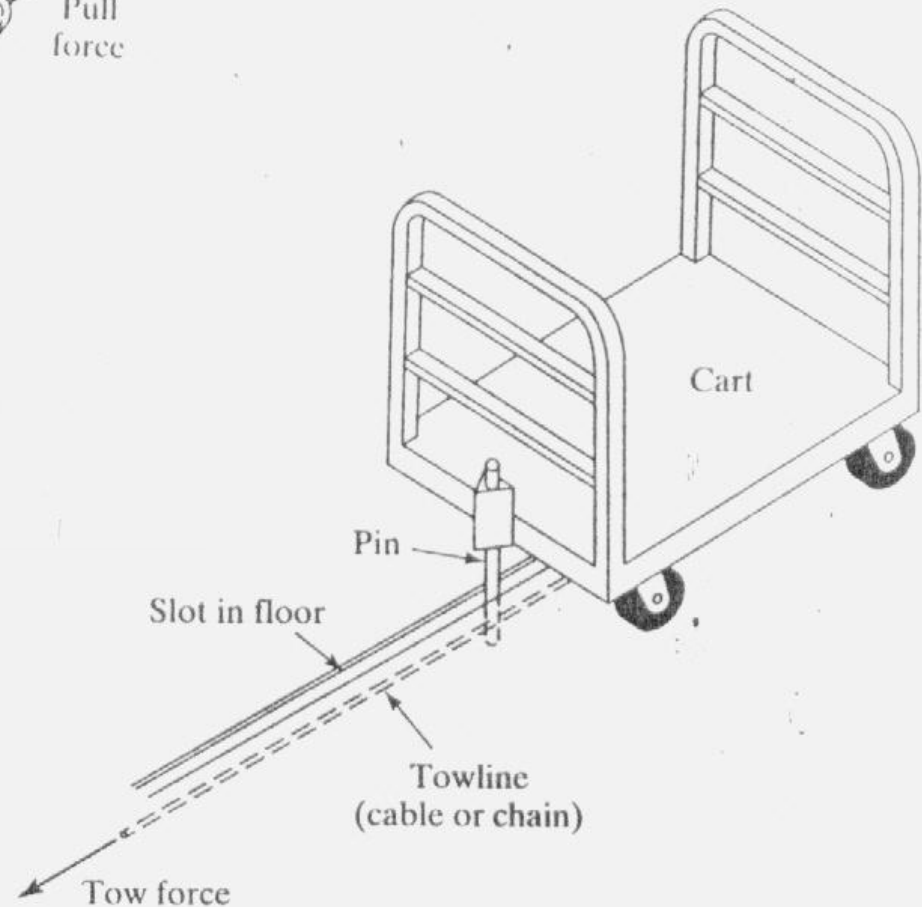
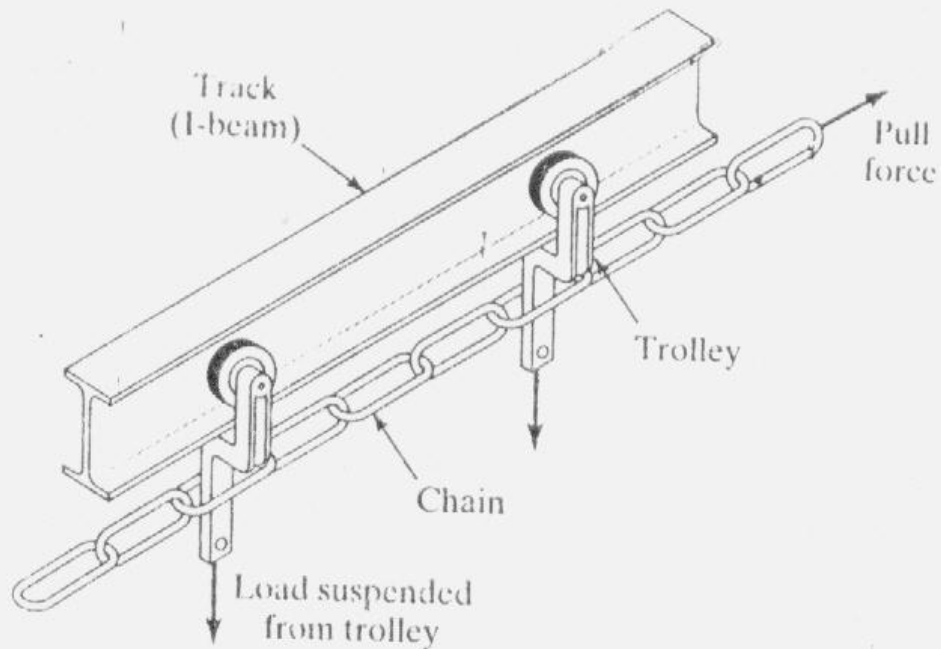
---

## Veículos guiados por um sistema fixo de trilhos

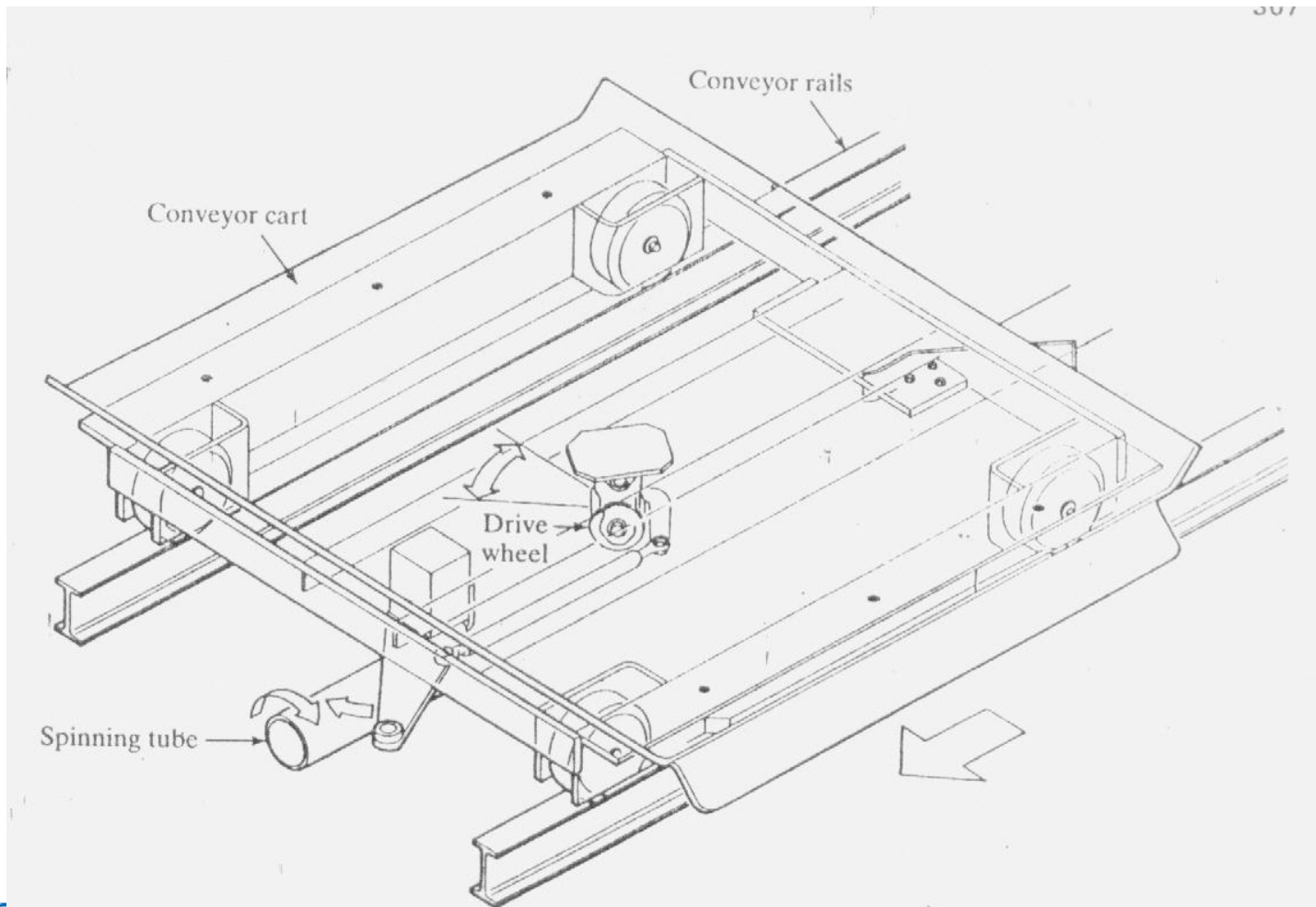
- O sistema de trilhos pode ser suspenso
- Alto custo
- Variações de rotas são permitidas
- Movimentação de grandes quantidades em rotas fixas
- Movimentação de componentes em processamento e produtos em rotas variadas



# Monovias



# Monovias



**Figure 10.10** Cart-on-track conveyor. (Diagram courtesy of SI Handling Systems.)

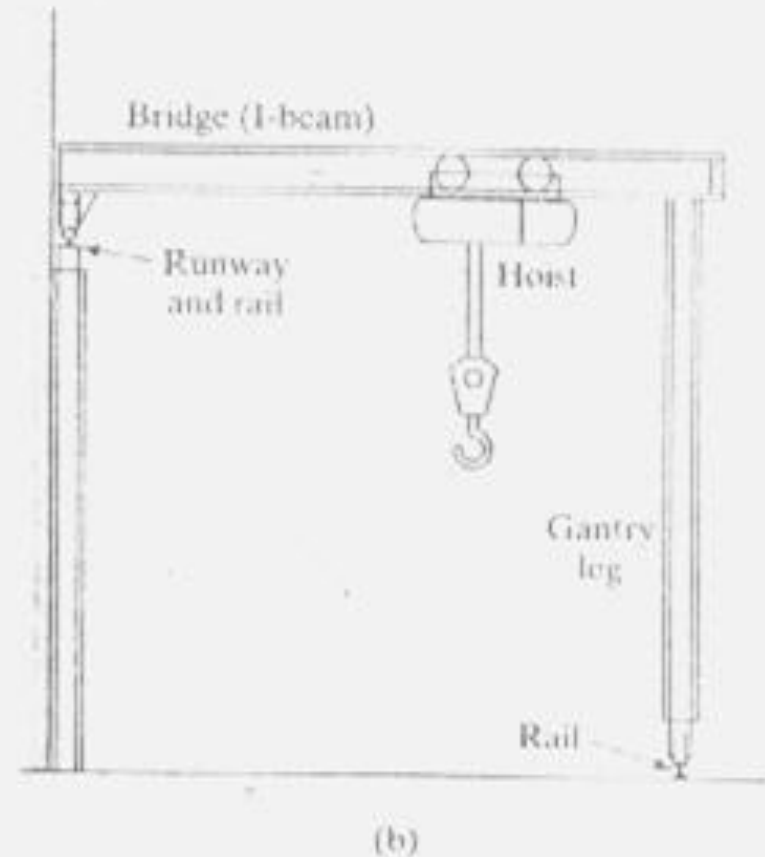
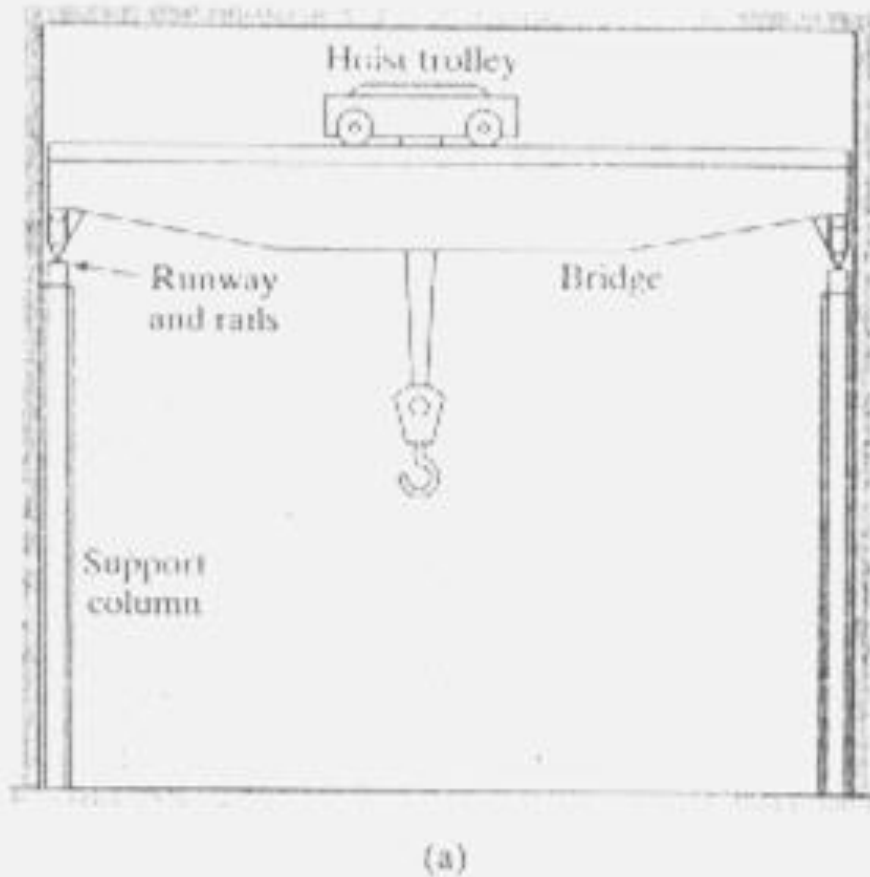


# Guindastes e Guinchos

Utilizados para transporte e manuseio de materiais em instalações

- Guinchos: movimentação vertical
  - Movimentação de itens muito pesados
- Guindastes: movimentação horizontal
  - Inclui um guincho
- Capacidade de içar grandes cargas

# Guindastes e Guinchos



# Guindastes e Guinchos

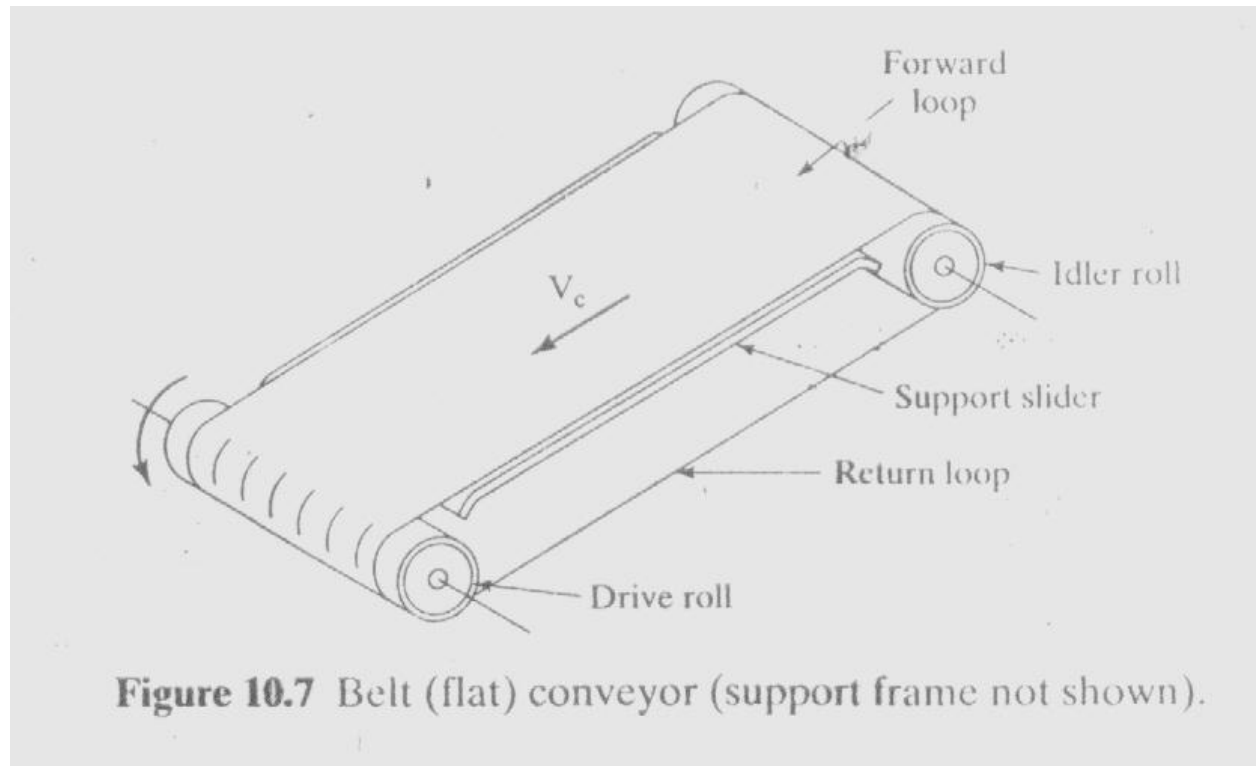


# Guindastes e Guinchos

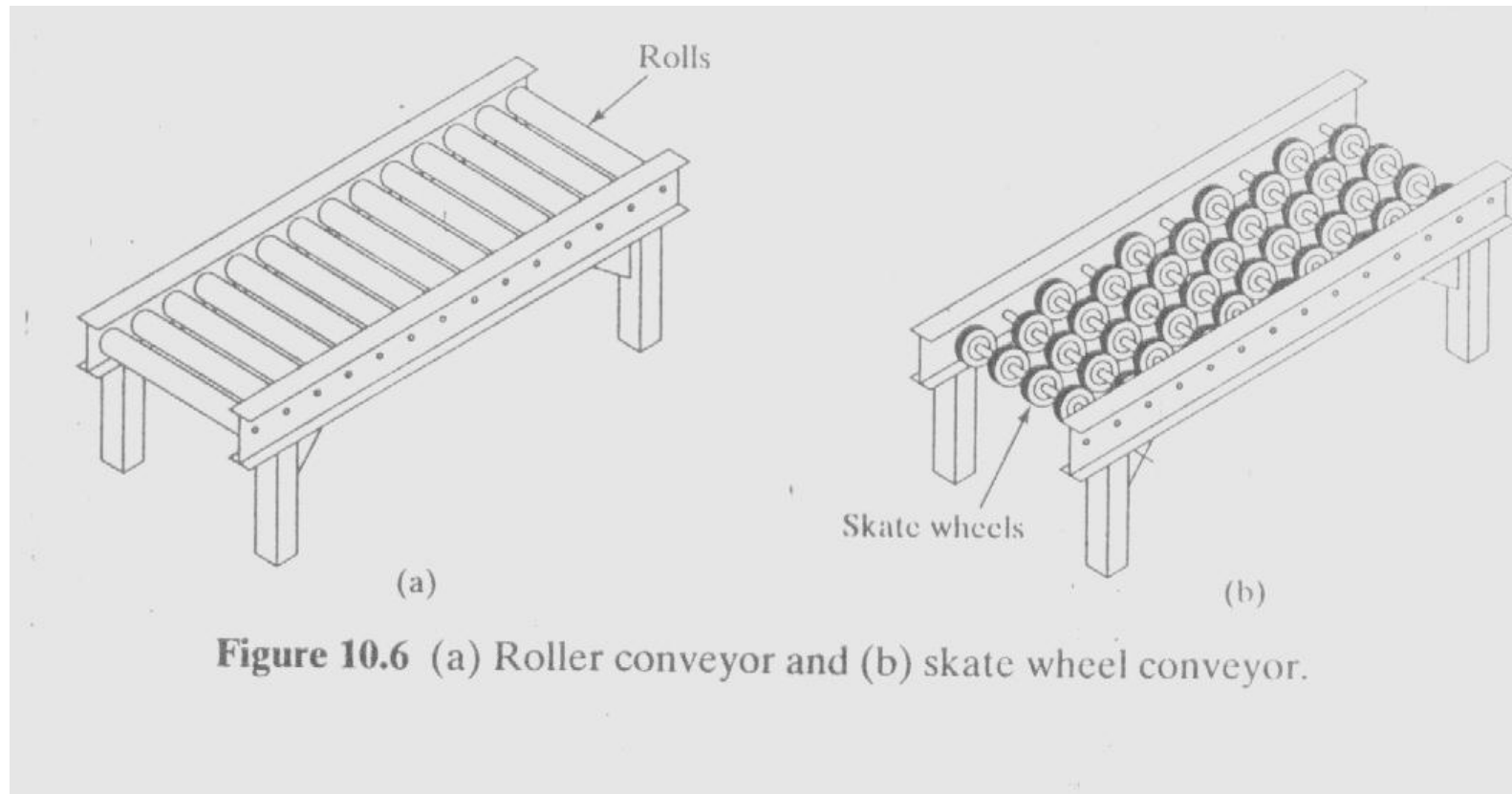
Aparato mecânico para mover grandes volumes de materiais dentro da instalação.

- Movimentação em caminhos fixos
- Movimento por energia
- Não movido por energia (força humana ou gravidade)
- Transporte contínuo ou intermitente
- Geralmente utilizados em sistemas de transporte automatizados de materiais em plantas de manufatura

# Guindastes e Guinchos



# Guindastes e Guinchos



# Transportadores

---

## Roletes

- Usado para cargas que tem superfícies de fundo planas
  - Caixas de papelão; paletes; caixas de peças

## Transportadores de rodízios

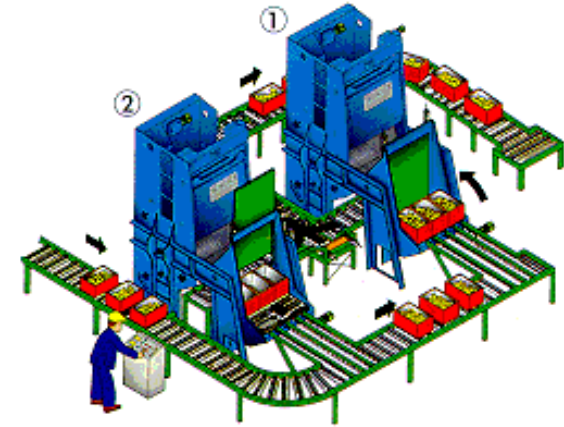
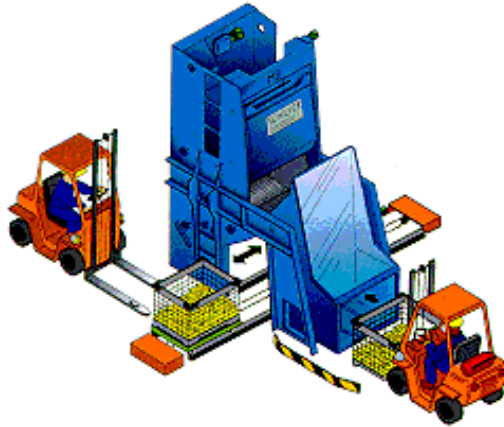
- Usa rodas emborrachadas e são mais leves. Levam cargas menores.

## Transportadores de esteiras

- Consistem de um esteira contínua de borracha



# Transportadores





# Transportadores



# Transportadores

Os transportadores se dividem em dois tipos em função do movimento

- Contínuo
  - Possuem velocidade  $V_c$  constante
- Assíncrono
  - Podem servir para acumular cargas, estocar temporariamente itens, permitir diferentes taxas de produção, etc.

# Transportadores

---

- Podem ser classificados em:
  - Unidirecionais
  - Contínuos
  - De recirculação

# Equipamentos de Unitização

---

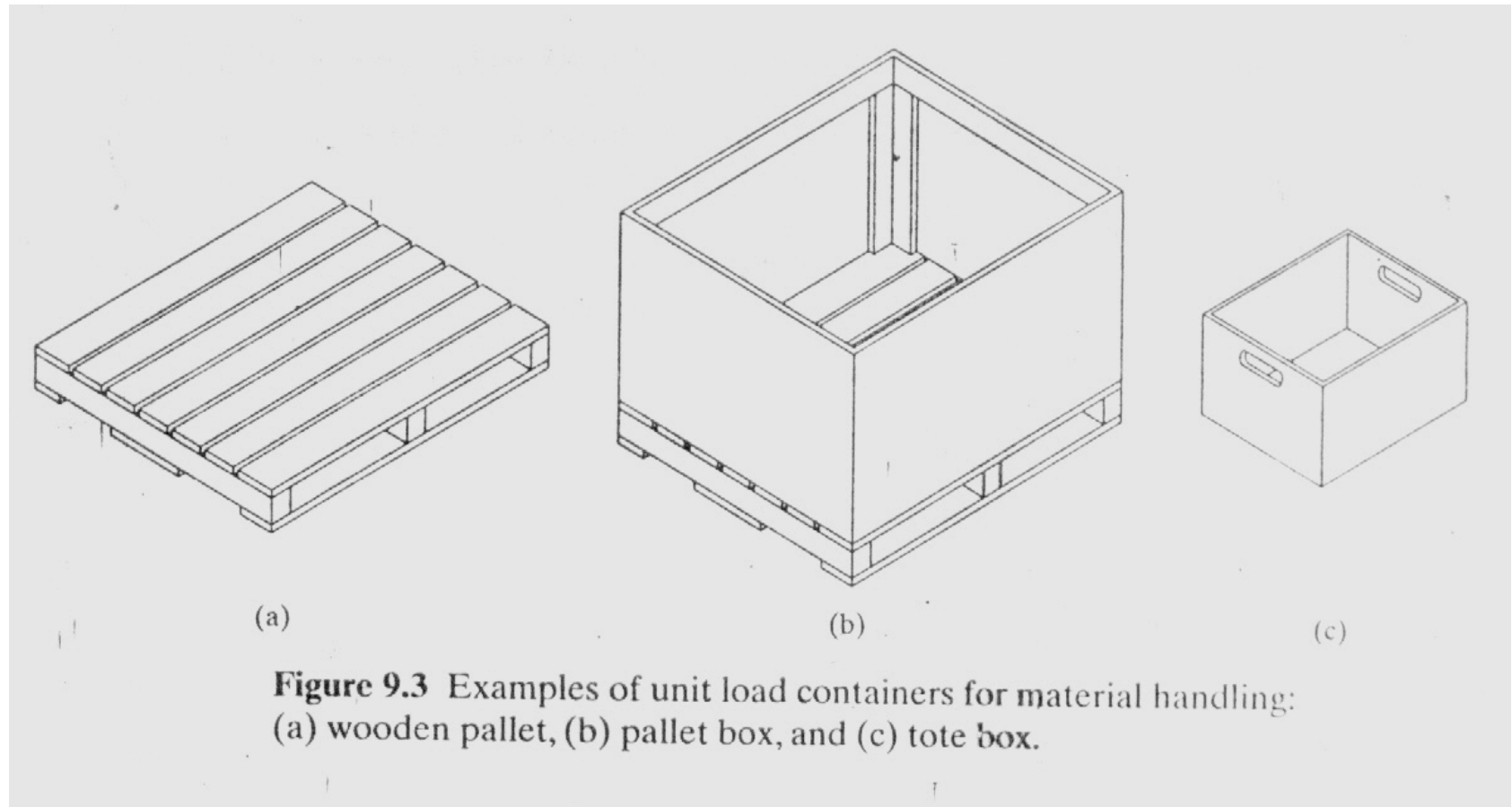
## Movimentação eficiente de materiais em lotes

- Incluem pallets, caixas, cestas, barris, caçambas, tambores

## Permite

- Manuseio de múltiplos itens simultaneamente.
- A redução de viagens
- A diminuição de tempos de carga e descarga
- Diminuição do risco de danificação dos itens

# Equipamentos de Unitização



# Equipamentos de Unitização



# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

---

Depende basicamente de:

- Material manuseado
- Quantidades movimentadas
- Distâncias percorridas
- Layout de fábrica
- Orçamento disponível



# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

---

## Características de materiais:

- Estado físico: sólido, líquido ou gasoso
- Tamanho: volume, comprimento, largura, altura
- Peso
- Forma
- Condição: quente, frio, etc.
- Risco de dano: frágil, quebradiço, etc.

## Características de materiais:

- Risco de segurança: explosivo, inflamável, tóxico, corrosivo, etc.



# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

---

## Quantidade de material movimentado

- Grandes quantidades = equipamento dedicado
- Taxa de movimentação = quantidade movimentada por unidade de tempo
  - Ton/h; pallets/h; unidades/h

# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

---

## Distância de movimentação

- Grandes distâncias = altos custos
- Diferentes produtos podem requerer diferentes rotas de movimentação
- Flexibilidade do equipamento
- Condições de rota (superfície, congestionamentos, movimentações fora da fábrica, elevação, etc)

# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

Equipamentos de manuseio de materiais	Características	Aplicações típicas
Carros industriais, manuais	Baixo custo Baixa taxa de entregas/hora	Deslocamento de cargas leves em uma fábrica
Carros industriais, motorizados	Custo médio	Deslocamento de cargas de paletes e contêineres paletizados em uma fábrica ou um armazém
Sistemas de veículos guiados automaticamente	Alto custo Veículos com propulsão a bateria Roteamento flexível Esteiras não obstruídas	Deslocamento de cargas de paletes em fábricas e armazéns Deslocamento de trabalhos em andamento ao longo de rotas variáveis em produção média e baixa
Monovia e outros veículos guiados por trilhos	Alto custo Roteamento flexível Tipos: sobre o piso e aéreos (teleféricos)	Deslocamento de montagens simples, produtos ou cargas de paletes ao longo de rotas variáveis em fábricas ou armazéns Deslocamento de grandes quantidades de itens através de rotas fixas em fábricas ou armazéns
Transportadores, motorizados	Grande variedade de equipamentos De piso, sobre o piso e aéreo Potência mecânica para mover cargas colocadas na esteira do transportador	Deslocamento de produtos ao longo de uma linha de montagem manual Seleção de itens em um centro de distribuição
Guindastes e guinchos	Capacidades de elevação de mais de cem toneladas	Deslocar itens grandes e pesados em fábricas, engenhos, armazéns etc.

# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

---

## Layout da planta industrial

- Otimizar o fluxo de materiais
- Dados necessários para o projeto
  - Área total da planta
  - Localização de equipamentos
  - Área de carga e descarga de itens
  - Rotas entre áreas de carga e descarga
  - Distâncias percorridas

# Projetos de equipamentos de manuseio de materiais

---

## Layout da planta industrial

- Tipo de Layout x Sistema de manuseio
  - Layout Fixo: Guindastes
    - Produtos grandes, baixa taxa de produção
  - Layout Funcional: Empilhadeiras e Paleteiras
    - Variações em produtos e processos, baixas e médias taxas de produção
  - Layout em Linha: Esteiras e Correias Aéreas
    - Baixa variação de produtos, altas taxas de produção

# Fluxo de Materiais

---

## Análise de sistemas baseados em veículos

- *Trucks*, Monotrilho, AGV, etc
- Considera-se que veículos operam a uma velocidade constante

# Fluxo de Materiais

---

Tempo de ciclo de entrega do sistema consiste de:

- Tempo de carga em uma estação fornecedora
- Tempo de viagem até a estação receptora
- Tempo de descarga na estação fornecedora
- Tempo de viagem do veículo vazio entre entregas

# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

Tempo de ciclo por entrega por veículo,  $T_c$  (min/entrega):

$$T_c = T_L + \frac{L_d}{v_c} + T_U + \frac{L_e}{v_c}$$

Onde:

- $T_c$  - Tempo de ciclo
- $T_L$  - Distância entre estações fornecedora e receptora (m)
- $v_c$  - Velocidade do veículo (m/min)
- $T_U$  - Tempo de descarga na estação receptora (min)
- $L_e$  - Distância percorrida pelo veículo vazio até o início do próximo ciclo de entrega (m)



# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

O cálculo de  $T_c$  é considerado um valor ideal, pois não considera perdas devido a confiabilidade do veículo, congestionamentos, e outros fatores que podem afetar o tempo de entrega.

Os ciclos de entrega podem ser diferentes

- Diferentes pontos de coleta e entrega

# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

Utiliza-se  $T_c$  para calcular

- Taxa de entrega por veículo
- Número de veículos necessários para atender a demanda de entrega

Deve-se ajustar o tempo para as perdas de tempo na hora de trabalho

- Disponibilidade (A)

# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

- Congestionamentos ( $T_f$ )
  - Esperas em entroncamentos e filas de carga e descarga
  - $T_f = 1$  -> sistemas sem congestionamento
  - Valor típico para sistema com AGV –  $T_f = 0,85$
- Eficiência dos operadores (quando veículos são operados manualmente) –  $E$

# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

Tempo disponível por hora por veículo:

$$AT = 60A \times T_f \times E$$

Onde

- $AT$  – Tempo disponível (min/h por veículo)
- $A$  – disponibilidade
- $T_f$  – Fator de tráfego
- $E$  – eficiência do operador

# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

Taxa de entrega por veículo:

$$R_{dv} = \frac{AT}{T_c}$$

Onde

- $AT$  – Tempo disponível (min/h por veículo)
- $R_{dv}$  – Taxa horária de entrega por veículo (entregas/h por veículo)
- $T_c$  – tempo de ciclo (min/entrega)

# Análise de Sistemas Baseados em Veículos

---

Taxa de entrega por veículo:

$$WL = R_f T_c$$
$$n_c = \frac{WL}{AT}$$
$$n_c = \frac{R_f}{R_{dv}}$$

Onde

- WL – Carga de trabalho (min/h)
- $R_f$  – Taxa horária de entrega do sistema (entregas/h para sistema)
- $R_{dv}$  – Taxa horária de entrega por veículo (entregas/h por veículo)
- $n_c$  – número de veículos requeridos
- $T_c$  – Tempo de ciclo (min/entrega)

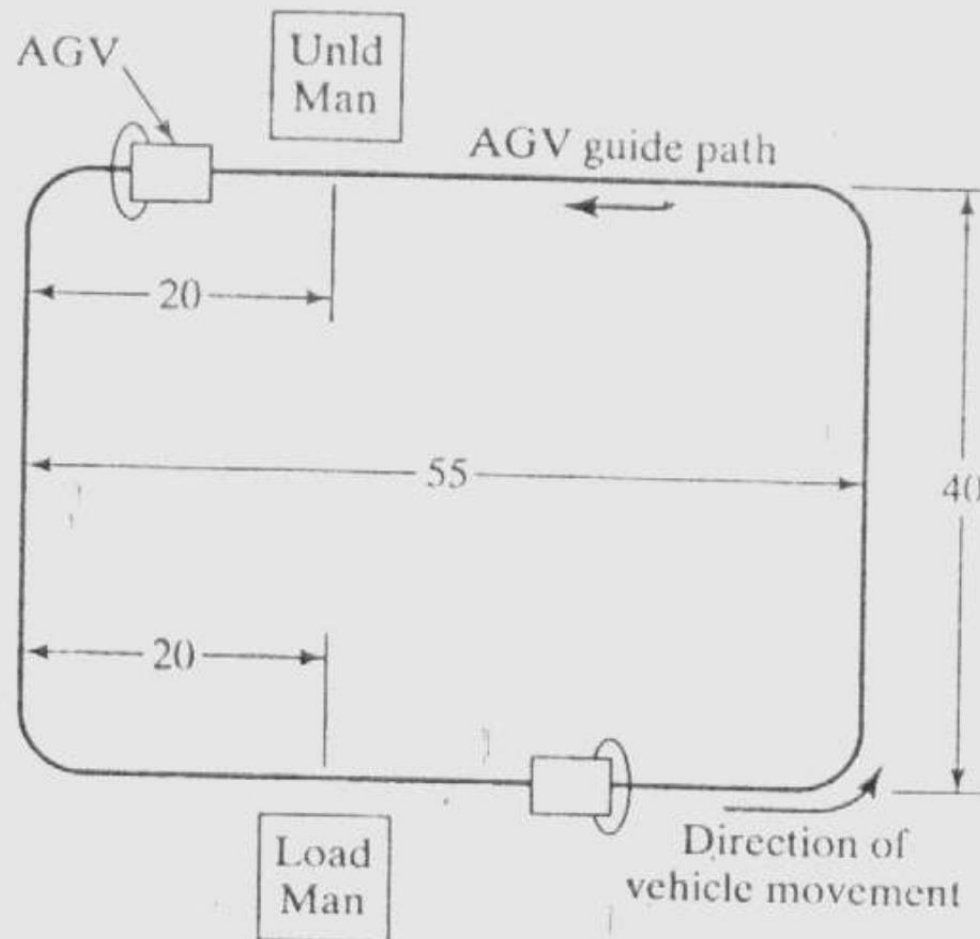
# Exemplo

---

Dado um Layout de AGV, com tempo de carga de 0,75 min, tempo de descarga de 0,5 min, velocidade de 50m/min, disponibilidade de 95%, fator de tráfego de 0,9 e eficiência de 100%

- Determinar quantos veículos são necessários para atender a uma demanda de 40 entregas por hora

# Exemplo



**Figure 10.15** AGVS loop layout for Example 10.1. Key: Unld = unload, Man = manual operation, dimensions in meters (m).



# Operação em uma direção

- Uma estação de carga e uma estação de descarga
- Transportador operando com velocidade constante

Tempo de entrega ( $T_d$ ):

$$T_d = \frac{L_d}{v_c}$$

Onde:

- $L_d$  - distância entre estações (m)
- $v_c$  - velocidade do veículo (m/min)

# Operação em uma direção

Taxa de fluxo de materiais ( $R_f$ ):

$$R_f = R_L \leq \frac{1}{T_L}$$

Onde:

- $R_L$  - taxa de carga (peças/min)
- $T_L$  - tempo de carga (min/peça)

# Operação em uma direção

Tempo de descarga ( $T_U$ ):

$$T_U \leq T_L$$

Onde:

- $T_U$  - Tempo de descarga (min/peça)
- $T_L$  - Tempo de carga (min/peça)

# Operação em uma direção

Taxa do fluxo de materiais ( $R_f$ ):

$$R_f = \frac{n_p v_c}{s_c} \leq \frac{1}{T_L}$$

Onde:

- $n_p$  - número de peças unitizadas
- $v_c$  - velocidade do veículo
- $s_c$  - espaço ocupado pelos materiais no transportador (m/peças)

# Contínuos em *looping*

- Transportador cheio no *loop* de entrada e vazio no *loop* de retorno

Distância total percorrida ( $L$ ):

$$L = L_d + L_e$$

Onde

- $L_d$  - Distância entre as estações fornecedora e receptora (m)
- $L_e$  - Distância entre as estações receptora e fornecedora (m)

# Contínuos em *looping*

Tempo de Entrega ( $T_d$ ):

$$T_d = \frac{L_d}{v_c}$$

Onde

- $L_d$  – Distância entre as estações fornecedora e receptora (m)
- $v_c$  - Velocidade do veículo (m/min)

# Contínuos em *looping*

Número de contêineres ( $n_c$ ):

$$n_c = \frac{L}{s_c}$$

Onde

- $L$  – Distância total percorrida
- $s_c$  – Distância entre contêineres no transportador (m/contêiner)

# Contínuos em *looping*

Número máximo de partes no sistema ( $N$ ):

$$N = \frac{n_p n_c L_d}{L}$$

Onde

- $n_p$  Número de peças unitizadas
- $n_c$  Número de contêineres
- $L_d$  Distância entre estações fornecedora e receptora (m)
- $L$  Distância Total (m)



# Contínuos em *looping*

Taxa de fluxo entre as estações de carga e descarga ( $R_f$ ):

$$R_f = \frac{n_p v_c}{s_c}$$

Onde

- $n_p$  Número de peças unitizadas
- $v_c$  Velocidade do transportador (m/min)
- $s_c$  Distância entre contêineres no transportador (m/contêiner)

# Contínuos em *looping*

---

## Caso especial de recirculação

- Possibilidade de não ter contêiner vazio disponibilizado na estação de carga
- Possibilidade de não ter contêiner cheio disponibilizado na estação de descarga

# Contínuos em *looping*

---

Considerando uma estação de carga e uma estação de descarga

- Princípios Básicos
  - Regra da velocidade
  - Restrição da capacidade
  - Princípio da uniformidade

# Contínuos em *looping*

## Regra da Velocidade

- A velocidade **mínima** do transportador deve ser determinada pelas taxas demandadas de carga e descarga nas respectivas estações

$$\frac{n_p v_c}{s_c} \geq \max\{R_L, R_U\}$$

# Contínuos em *looping*

## Regra da Velocidade

- A velocidade **máxima** do transportador deve ser determinada pela capacidade física dos manuseadores de materiais (carga e descarga)

$$\frac{v_c}{s_c} \leq \min \left\{ \frac{1}{T_L}, \frac{1}{T_U} \right\}$$

- A velocidade não pode exceder limites tecnológicos.

# Contínuos em *looping*

## Restrição de Capacidade

- A capacidade de fluxo do transportador deve ser ao menos igual a taxa de fluxo requerida

$$R_f \leq \frac{n_p v_c}{s_c}$$

# Contínuos em *looping*

---

## Princípio da Uniformidade

- Os itens devem ser uniformemente distribuídos no transportador
- Para evitar tempos de espera de carga/descarga devido a contêineres vazios/cheios, respectivamente.

# Próximas Aulas

---

- EXERCÍCIOS E REVISÃO
- P1