

## Avaliação da eficiência e ganho de produtividade com o uso de Carrossel Vertical Automatizado em uma central de distribuição agroindustrial

Marcos Vinícios Paulino Da Silva, Engenharia de Produção, Centro Universitário Integrado, Brasil

Gustavo Henrique Scherer, Engenharia de Produção, Centro Universitário Integrado, Brasil

Nelly Heine Marques Cordeiro, Engenharia de Produção, Centro Universitário Integrado, Brasil, nelly.marques@grupointegrado.br

### Resumo

Este artigo tem como objetivo principal comparar o desempenho operacional do processo de *picking* (separação de produtos) entre o método tradicional em prateleiras convencionais e o sistema automatizado de Carrossel Vertical Automatizado (CVA), utilizando a cronoanálise. O estudo, de natureza quantitativa, foi realizado como um estudo de caso em uma central de distribuição de uma cooperativa agroindustrial no Paraná. A automação, implantada no CD central, permitiu uma drástica otimização de espaço, substituindo 150m<sup>2</sup> de prateleiras por 20m<sup>2</sup> de CVA, que armazena mais de 8 mil SKUs. A metodologia envolveu a medição dos tempos de ciclo em ambos os métodos. Os resultados da cronoanálise foram enfáticos: o tempo médio de execução do *picking* foi reduzido de 130 segundos no método tradicional para 50 segundos no método CVA. Essa redução de 61% na eficiência temporal é atribuída à eliminação de desperdícios (*muda*), como o deslocamento e a busca manual, substituídos pela lógica "produto-ao-homem". Os resultados confirmam que a automação reconfigura o processo logístico, fornecendo um ganho de eficiência quantificável e contribuindo para a melhoria da acuracidade (qualidade) e da ergonomia operacional, fornecendo subsídios empíricos para decisões estratégicas de investimento em tecnologia.

**Palavras-chave:** Carrossel Vertical Automatizado. Cronoanálise. Picking Logístico

### Abstract

This article's main objective is to compare the operational performance of the picking process (product separation) between the traditional method using conventional shelving and the automated system of a Vertical Automated Carousel (VAC), utilizing time study (cronoanálise). The study, quantitative in nature, was conducted as a case study in a distribution center of an agro-industrial cooperative in Paraná, Brazil. The automation, implemented at the central DC, allowed for a drastic space optimization, replacing 150m<sup>2</sup> of shelving with 20m<sup>2</sup> of VAC, which stores over 8 thousand SKUs. The methodology involved measuring cycle times in both methods. The time study results were emphatic: the average execution time for picking was reduced from 130 seconds in the traditional method to 50 seconds in the VAC method. This 61% reduction in temporal efficiency is attributed to the elimination of waste (*muda*), such as displacement and manual searching, replaced by the "product-to-person" logic. The results confirm that automation reconfigures the logistics process, providing a quantifiable efficiency gain and contributing to the improvement of accuracy (quality) and operational ergonomics, offering empirical evidence for strategic technology investment decisions.

**Keywords:** Automated Vertical Carousel. Time Study Logistics Picking.

## INTRODUÇÃO

A evolução dos sistemas logísticos nas organizações é impulsionada pela necessidade de integrar operações de movimentação e armazenagem que garantam maior fluidez no fluxo de materiais, desde a aquisição de insumos, até a distribuição e a venda de produtos finais. Bowersox e Closs (2001) ressaltam que a logística integrada coordena atividades de armazenagem e transporte, visando assegurar a disponibilidade de produtos no tempo e local corretos, maximizando a eficiência e reduzindo custos operacionais.

No entendimento de Ching (2001), a logística integrada se estrutura em três vertentes: logística de suprimentos, logística de produção e logística de distribuição, articulando as relações fornecedor-empresa-consumidor. Nesse cenário, a adoção de tecnologias como os armazéns verticais automatizados surge como solução estratégica, otimizando o uso do espaço, agilizando a movimentação de produtos e melhorando a gestão de estoques.

O desenvolvimento deste estudo se justifica pela crescente importância das tecnologias voltadas à modernização da logística, especialmente no que se refere à automação dos processos de armazenagem e movimentação de materiais. Diante do modelo empresarial cada vez mais competitivo, é essencial que as organizações procurem soluções capazes de aumentar a produtividade, otimizar custos e garantir maior precisão nas operações.

Nesse contexto, a análise da adoção de sistemas de armazenagem vertical automatizados surge como uma oportunidade para compreender de maneira prática e fundamentada, os efeitos que a automação exerce sobre o desempenho logístico das empresas. O estudo busca oferecer subsídios teóricos e empíricos que auxiliem gestores na formulação de estratégias e na tomada de decisões voltadas à melhoria contínua das operações, apresentando resultados aplicáveis a diferentes segmentos produtivos.

Desta forma, o objetivo geral da pesquisa é comparar o desempenho operacional do processo de *picking* (separação de produtos) em um armazém do tipo Carrossel Vertical Automatizado (CVA), com o método tradicional em prateleiras convencionais, em uma central de distribuição de uma cooperativa agroindustrial, por meio de cronoanálise. Para o alcance deste objetivo, propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as tendências e lacunas da produção científica recente sobre armazéns verticais automatizados por meio de análise textual com o software IRAMUTEQ;
- Mensurar, por meio da cronoanálise, os tempos de ciclo e movimentos de cada etapa do processo de *picking* no método tradicional e no método automatizado;
- Calcular o ganho de produtividade em ciclos por hora e ciclos por turno advindo da implementação do sistema de carrossel vertical automatizado; e

- Analisar os impactos da automação nas operações logísticas, com foco na eliminação de desperdícios (deslocamentos e buscas) e melhoria da acuracidade.

Desta forma, o desenvolvimento deste estudo se justifica pela crescente importância das tecnologias voltadas à modernização da logística e pela necessidade empírica de quantificar os benefícios da automação nos processos de armazenagem e movimentação de materiais. Diante do modelo empresarial cada vez mais competitivo, é essencial que as organizações procurem soluções capazes de aumentar a produtividade, otimizar custos e garantir maior precisão nas operações. Nesse contexto, a comparação prática do desempenho operacional do *picking* em um armazém do tipo Carrossel Vertical Automatizado (CVA) com o método tradicional, por meio de cronoanálise, visa fornecer subsídios teóricos e empíricos que auxiliem gestores na formulação de estratégias e na tomada de decisões voltadas à melhoria contínua das operações, apresentando resultados aplicáveis a diferentes segmentos produtivos.

## MÉTODO

Para realizar o presente estudo de comparação dos métodos de armazenagem no setor de estoque e *picking*, são propostos métodos para que o objetivo da pesquisa fosse atingido. O estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa, de natureza exploratória e descritiva. O método adotado foi o estudo de caso, realizado em uma central de distribuição de uma Cooperativa Agroindustrial localizada na cidade de Campo Mourão, Paraná, que recentemente implantou um sistema de armazenagem vertical automatizado do tipo carrossel vertical automatizado (CVA).

A pesquisa foi conduzida em duas etapas complementares e correlatas:

- Uma análise textual e bibliométrica da literatura recente sobre armazéns verticais automatizados, com auxílio do *software IRaMuTeQ*; e
- Um estudo de caso empírico, utilizando a cronoanálise para mensurar tempos e movimentos dos métodos de *picking* tradicional e automatizado.

Essa combinação permitiu integrar evidências teóricas encontradas na revisão de literatura e dados práticos do estudo de caso, fortalecendo a validade e a aplicabilidade dos resultados.

A primeira etapa da pesquisa teve como objetivo identificar tendências, categorias temáticas e lacunas na produção científica sobre armazéns verticais automatizados e sua aplicação prática na rotina de *picking* nas empresas. A coleta dos dados foi realizada na base Google Scholar, com um recorte temporal entre 2014 e 2024. Foram utilizados os descritores “armazém vertical” e “automatizado”. A busca inicial resultou em 26 trabalhos, dos quais 23 foram selecionados após a aplicação dos seguintes critérios de inclusão:

- Relação direta com a temática de armazenagem automatizada e logística integrada;

- Disponibilidade de resumo em português ou inglês;
- Clareza quanto à metodologia e resultados apresentados.

Os resumos foram escolhidos como unidade de análise textual, pois concentram os principais elementos de cada pesquisa (objetivos, métodos e resultados), além de garantirem uniformidade e comparabilidade no tratamento estatístico.

O corpus textual resultante foi processado no software IRaMuTeQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires). A técnica utilizada foi a Classificação Hierárquica Descendente (CHD), proposta por Reinert (1990), que organiza os segmentos textuais em classes lexicais com base na frequência e ocorrência de palavras.

A adoção dessa ferramenta seguiu as orientações de Camargo e Justo (2013) e Almeida Júnior (2024), assegurando validade e replicabilidade. O resultado da CHD permitiu agrupar a literatura recente em classes temáticas, subsidiando a fundamentação teórica do trabalho e evidenciando lacunas relacionadas à ausência de estudos empíricos aplicados ao contexto agroindustrial.

Essas constatações orientaram a segunda etapa da pesquisa, focada na análise prática do desempenho operacional de métodos distintos de armazenagem.

O instrumento de coleta de dados quantitativos da segunda etapa da pesquisa teve como propósito mensurar e comparar os tempos e movimentos dos processos de *picking* nos dois métodos analisados — o tradicional, com prateleiras convencionais, e o automatizado, com o carrossel vertical (CVA).

A cronoanálise foi escolhida por ser uma ferramenta utilizada para avaliar o desempenho de processos por meio da medição do tempo padrão de execução das atividades (SANTOS, 2015). O tempo padrão de cada etapa foi obtido por medições diretas com cronômetro digital e pela observação das operações registradas no sistema WMS da empresa. A observação e registro dos tempos gastos em cada etapa (ex: deslocamento, busca, separação, retorno) foi realizada em um número de ciclos representativo para ambos os métodos.

As observações foram realizadas *in loco*, junto aos operadores dos carrosséis verticais e separadores de *picking*, buscando garantir representatividade e fidelidade às condições reais de operação.

Para o detalhamento das etapas do processo de *picking* nos dois métodos (tradicional em prateleiras e automatizado com CVA), foi elaborado um fluxograma representando o fluxo operacional antes e depois da implantação do CVA, com o auxílio do *software* HEFLO, conforme a simbologia BPMn.

Os dados da cronoanálise foram utilizados para calcular o tempo padrão do ciclo de *picking* para cada método, possibilitando converter o tempo padrão em indicadores de produtividade por unidade de tempo (ciclos/hora e ciclos/turno) para

ambos os métodos. Com isso foi possível comparar os indicadores de produtividade para quantificar o ganho advindo da automação.

Análise de desperdícios permitiu comparar o mapeamento de processos e a cronoanálise para identificar as etapas eliminadas ou significativamente reduzidas pelo CVA, com foco em movimentos e esperas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O avanço das tecnologias de automação tem transformado os sistemas logísticos, especialmente nas atividades de armazenagem, movimentação e separação de pedidos. Segundo Bowersox e Closs (2001), a logística integrada busca a coordenação eficiente de fluxos de materiais, informações e produtos, de modo a garantir disponibilidade e agilidade nas operações, reduzindo custos e desperdícios.

Entre as tecnologias mais utilizadas, destaca-se o Carrossel Vertical Automatizado (CVA), que opera pelo princípio de que o produto vem até o operador, em oposição ao método tradicional, que o operador vai até o produto. Essa inversão de lógica elimina deslocamentos desnecessários e reduz o tempo de busca por itens.

Nesta seção serão apresentados os resultados da pesquisa inerente a revisão de literatura, ressaltando os achados teóricos a respeito do tema, bem como os resultados obtidos por meio do estudo de caso.

### Revisão de literatura com auxílio do software IRaMuTeQ

Com o objetivo de mapear o estado atual da produção científica sobre armazéns verticais automatizados, foi conduzida uma análise textual com o auxílio do software IRaMuTeQ (Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires).

O corpus analisado foi composto de uma amostragem de 23 trabalhos em um recorte de tempo entre 2014 e 2024. A tabela abaixo mostra a distribuição anual das publicações obtidas:

Tabela 1 – Distribuição dos estudos disponíveis no google acadêmico

Estudos	Anos									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Dissertações										1
Monografias/TC C		1			1		1	1	1	2
Teses	1		2		1	2	1	1	3	
Artigos/Revistas	1			1						
Livros								1		

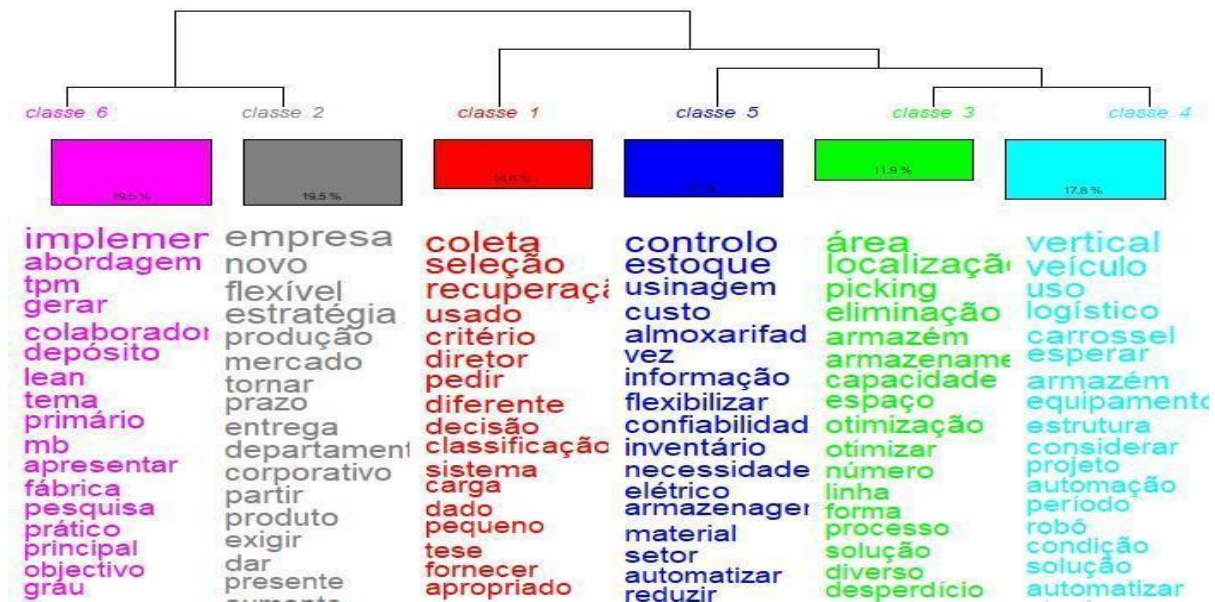
Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

É notado que no ano de 2022 foi o ano com mais trabalhos científicos obtidos. No que diz respeito ao tipo de trabalho científico, a maior predominância de teses, que mostra a busca por originalidade do tema de pesquisa.

Após o processamento dos dados do corpus no software IRaMuTeQ, de acordo com as características da CHD, identificamos que de um total de vinte e três textos equivalente ao montante dos resumos dos trabalhos que compuseram o corpus textual, o *software* os organizou em cento e quarenta e cinco segmentos de textos e os dividiu em seis classes. Em relação à retenção dos segmentos de textos, entre os cento e quarenta e cinco segmentos, cento e dezoito foram retidos, resultando em um índice de retenção de 81%.

O percentual de retenção de segmentos de textos encontrado é considerado aceitável, pois, conforme apontado por Camargo e Justo (2013, p. 21) “as análises do tipo CHD, para serem úteis à classificação de qualquer material textual, requerem uma retenção mínima de 75% dos segmentos de texto”. Com o índice encontrado, poderemos inferir algumas considerações a respeito de cada categoria. Isso permitirá explorar os contextos, objetivos e significados específicos de otimização de armazenagem através de armazéns verticais automatizados. A Figura 1, apresenta o dendrograma resultante:

Figura 1 – Dendrograma do corpus analisado



Fonte: Elaborado pelos autores no software IRaMuTeQ

A análise textual conduzida com auxílio do software IRaMuTeQ permitiu organizar a produção acadêmica recente (2014–2024) em classes temáticas bem definidas — cobrindo temas como seleção e avaliação de sistemas de armazenagem, estratégias gerenciais, otimização de layout, tecnologias de automação. Apesar da riqueza conceitual identificada, o tratamento sistemático do corpus revelou uma lacuna consistente: a escassez de estudos empíricos aplicados a contextos produtivos reais, em especial no domínio da armazenagem de peças agrícolas. Em outras palavras, a literatura concentra-se em análises teóricas, estudos de projeto e avaliação multicritério, mas são raros (ou ausentes) trabalhos que quantifiquem, com dados de chão de fábrica, os efeitos operacionais concretos — por exemplo, redução de tempo de *picking*, ganhos ergonômicos mensuráveis e melhoria na acuracidade de inventário — quando se substitui o método tradicional por sistemas verticalizados automatizados (carrossel vertical).

A revisão da literatura sugere que a pesquisa sobre armazéns verticais automatizados avançou consideravelmente na última década. A área, que antes se concentrava exclusivamente em aspectos técnicos, agora inclui tópicos como ergonomia, sustentabilidade e digitalização. Contudo, a maioria das pesquisas ainda é teórica e conceitual, com poucos estudos empregando abordagens quantitativas para analisar o desempenho. Essa lacuna na pesquisa ressalta a importância deste estudo, que busca combinar as conclusões teóricas já existentes com dados empíricos coletados por meio da cronoanálise, uma metodologia que examina tempos e movimentos, possibilitando comparar os ganhos do método verticalizado em comparação ao tradicional.

## Cronoanálise

De acordo com Oliveira (2009), a cronoanálise é uma metodologia sistemática utilizada para medir o tempo que um operador leva para realizar uma tarefa específica no fluxo produtivo. Além de registrar o tempo efetivamente gasto em cada etapa das atividades, essa técnica leva em conta fatores que podem causar variações, como necessidades fisiológicas dos trabalhadores, interrupções, pausas regulamentares e até mesmo falhas ou quebras nos equipamentos. Assim, a cronoanálise ajuda a estabelecer tempos-padrão mais realistas, favorecendo uma gestão mais eficaz dos processos produtivos e auxiliando na identificação de gargalos e oportunidades de melhoria.

Segundo Peinado e Graeml (2007), o estudo de tempos e movimentos baseia-se na coleta de dados estatísticos e observações para melhorar a execução dos trabalhos produtivos. Seu objetivo é alcançar elevados níveis de produtividade por meio de levantamentos técnicos sistemáticos, voltados à melhoria contínua dos processos e à potencialização da eficiência operacional.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2015), o estudo sistemático dos tempos e métodos é uma das ferramentas mais importantes para o aprimoramento das operações produtivas. A análise detalhada do tempo de execução permite identificar gargalos, eliminar desperdícios e definir padrões de desempenho mais eficientes, garantindo maior previsibilidade e controle sobre o processo. Dessa forma, a cronoanálise se torna essencial não apenas para mensurar a produtividade, mas também para apoiar decisões gerenciais relacionadas à melhoria contínua e ao balanceamento de atividades no ambiente industrial.

A aplicação adequada dessa metodologia permite compreender de forma detalhada como as tarefas são realizadas, possibilitando identificar gargalos, movimentos desnecessários e oportunidades de otimização. Assim, o estudo de tempos e movimentos atua não apenas como uma ferramenta de mensuração, mas também como um instrumento estratégico de gestão da produção, auxiliando na definição de padrões de desempenho, na capacitação dos operadores e na busca pela excelência operacional.

Conforme Peinado e Graeml (2007), o tempo médio de ciclo ( $T_c$ ) é obtido pela relação entre o somatório dos tempos observados e o número total de medições realizadas, permitindo determinar com precisão o desempenho médio de um processo.

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

(1)

Em que:

$T_c$  = Tempo médio do ciclo (em segundos);

$T_i$  = Tempo medido em cada observação;

$n$  = Número total de observações do ciclo.

## **Estudo de caso: aplicação da cronoanálise e comparação do desempenho operacional do processo de *picking***

O trabalho foi realizado em uma cooperativa agroindustrial do estado do Paraná. Com mais 32 mil associados, fornece serviços de assistência técnica, fornecimento de insumos agrícolas e veterinários, fornecimento de peças agrícolas, bens de lojas e além de oferecer soluções bancárias através de uma cooperativa de crédito que leva o mesmo nome.

Dentro destes serviços um que se destaca é o fornecimento de peças agrícolas aos seus associados, nas mais de setenta lojas espalhadas em três estados: Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, com quatro centrais de distribuições regionais e um CD (Centro de Distribuição) central localizado na sede da empresa na cidade de Campo Mourão no estado do Paraná.

O uso de carrossel vertical (figura 2) nas lojas de peças vem sendo implantado desde o ano de 2020, sendo o teste piloto no CD em Campo Mourão, e atualmente em todos os CD regionais e em mais de dez lojas de peças nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul.

Figura 2 – Modelo de CVA - LOGIMAT

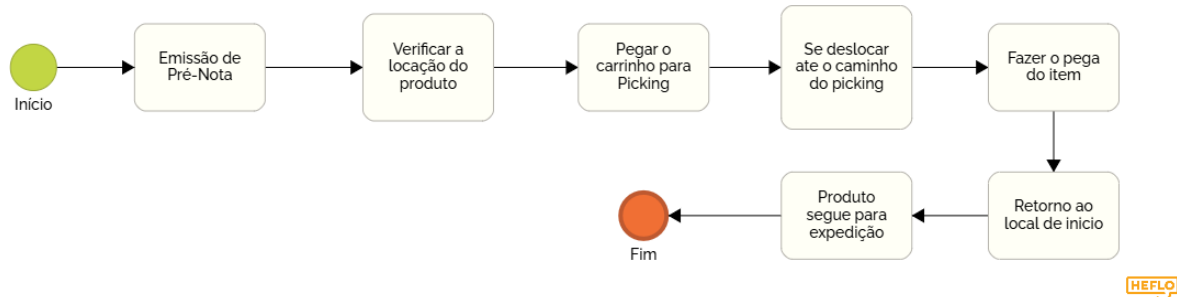


Fonte: Arquivo pessoal (2025)

Atualmente há *picking* de peças das duas maneiras, sendo que a tradicional vem cada vez sendo diminuída com a alocação de peças para a máquina. Antes num espaço datado de 150m<sup>2</sup>, continha prateleiras metálicas que armazenavam as peças para o *picking* e posterior expedição. Hoje há dois módulos de carrossel vertical no CD de Campo Mourão, ocupando um espaço de 10m<sup>2</sup> cada módulo, sendo eles com 128 prateleiras metálicas, com 80cm<sup>2</sup> de largura x 300cm<sup>2</sup> de comprimento. Cada módulo contém cadastrados mais de 8 mil SKUs, representando 59% do total de SKU ativos no CD.

Para início da cronoanálise foi necessário a elaboração do fluxograma de processo. As figuras 3 e 4 representam as operações de *picking* pelo método tradicional e do método carrossel vertical.

Figura 3 – Fluxograma do processo de picking através do método tradicional



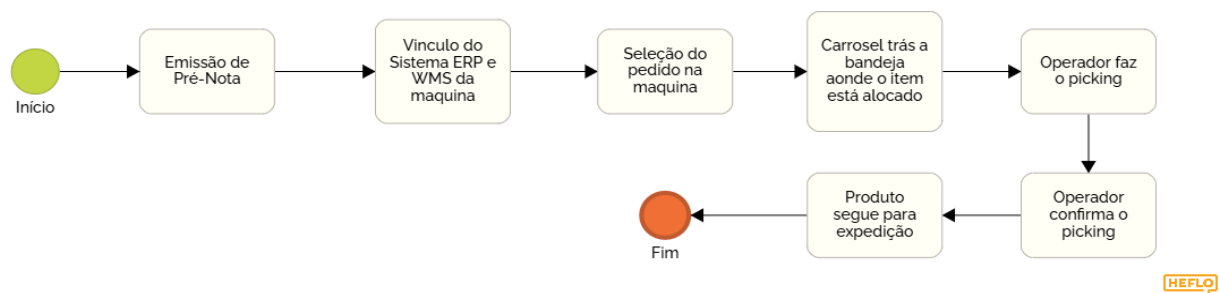
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O processo de *picking* tradicional é caracterizado por uma sequência de atividades que demandam principalmente o deslocamento do operador até o item a ser coletado, as seguintes etapas estão mencionadas abaixo:

1. Emissão da pré-nota de transferência: contém as informações do pedido, como quantidade, nome, (SKU), quantidade e localização do produto na prateleira.
2. Após a emissão, ocorre a pré-leitura das informações.
3. Deslocamento até a prateleira com o carrinho
4. Localização visual do item
5. Pega do item
6. retorno ao ponto de início, para expedição do pedido.

Na sequência, podemos observar o fluxo de processo do armazém vertical:

Figura 4 – Fluxograma do processo de *picking* através do armazém vertical



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

No sistema automatizado, a lógica do processo é inversa, o item vem até o operador, eliminando deslocamentos e simplificando o fluxo de trabalho.

1. Emissão da pré-nota de transferência: necessária para vínculo do sistema interno da empresa com o sistema da máquina.
2. Seleção do número do pedido no sistema da máquina

3. Aguarde para que o módulo traga a bandeja
4. Pega do item
5. Expedição do pedido

É possível perceber a diminuição de uma etapa do processo com auxílio da automação, não sendo necessária a pré-leitura das informações, pois a localização do item, a quantidade e para onde deve ir, já são anexas ao sistema do carrossel vertical, sendo que a única informação necessária ao operador é a quantidade necessária, para quando a bandeja chegar, este possa retirar a quantidade desejada.

Com auxílio de um cronômetro digital foi possível obter o tempo médio de cada atividade. Foi levado em consideração um turno de operação (8h), com a operação de um operador, previamente treinado para operação do CVA.

O tempo médio do ciclo ( $T_c$ ) foi calculado conforme a Equação de Peinado e Graeml (2007):

$$T_c = \frac{\sum_i^n t_i}{n} = 1 \text{ ti} \quad (2)$$

Em que:

$T_c$  = Tempo médio do ciclo (em segundos);

$t_i$  = Tempo medido em cada observação;

$n$  = Número total de observações do ciclo.

Para garantir a representatividade dos resultados e considerar as variações operacionais reais, foram realizadas cronometragens de ciclos de separação a cada intervalo de uma hora, tanto no método tradicional quanto no método com Carrossel Vertical Automatizado (CVA), totalizando oito medições por dia.

Essa abordagem permitiu observar diferenças naturais nos tempos de ciclo em função da localização dos itens. No CVA, as bandejas estão distribuídas em diferentes níveis de altura, o que implica tempos distintos de deslocamento até o ponto de coleta, quanto mais alto a bandeja estiver alocada, maior o tempo de busca do módulo até o operador.

Situação semelhante ocorre no método de *picking* tradicional, no qual os itens podem estar armazenados em prateleiras mais próximas ou mais distantes do ponto de expedição, exigindo diferentes deslocamentos físicos do operador. Assim, a cronometragem horária contribuiu para captar a variabilidade natural do

processo, proporcionando uma média mais realista e representativa do desempenho de cada sistema de armazenagem.

Com a padronização dos processos, foi possível organizar os dados nas tabelas 2 e 3, de acordo com cada etapa do processo:

Tabela 2: Cronoanálise para o método tradicional

Elemento do Trabalho	n	Tempo Médio (s)	% do Ciclo
Emissão da pré-nota	20	12	0,092
Pré-leitura / identificação	20	18	0,138
Deslocamento até a prateleira	20	45	0,346
Localização visual do item	20	20	0,154
Coleta do item	20	15	0,115
Retorno ao ponto de expedição	20	20	0,154
Total médio por ciclo		130	100%

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Tabela 3: Cronoanálise para o método com Carrossel Vertical

Elemento do Trabalho	n	Tempo Médio (s)	% do Ciclo
Emissão da pré-nota (WMS)	20	8	0,16
Seleção do pedido no painel	20	7	0,14
Espera da bandeja	20	20	0,4
Coleta do item (assistida)	20	10	0,2
Expedição do pedido	20	5	0,1
Total médio por ciclo		50	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A cronoanálise revelou que o tempo médio de execução por ciclo de *picking* no método tradicional foi de 130 segundos, ao passo que, com o uso do sistema carrossel vertical, o tempo foi reduzido para 50 segundos. Esse resultado indica uma melhoria de 61% na eficiência temporal do processo, evidenciando o impacto direto da automação sobre o desempenho operacional.

Essa diferença está diretamente relacionada à eliminação das etapas de deslocamento e busca manual presentes no método convencional. No modelo tradicional, grande parte do tempo é consumida com a movimentação do operador até a prateleira, localização visual do item e retorno ao ponto de conferência — atividades classificadas como desperdícios de movimentação e espera (muda) segundo os princípios do Lean Manufacturing.

Com o carrossel vertical, a lógica do processo é invertida, sendo o item se desloca automaticamente até o operador, reduzindo significativamente a distância percorrida e o número de movimentos manuais necessários. Além disso, a indicação visual por feixe de laser orienta a coleta precisa do item, evitando tempo gasto em conferências e correções.

A implementação do Carrossel Vertical Automatizado (CVA) na cooperativa agroindustrial demonstrou uma transformação fundamental no paradigma de separação de pedidos (*picking*), mudando de um modelo homem-ao-produto para produto-ao-homem. A análise dos resultados da cronoanálise não apenas quantifica o ganho temporal, mas também oferece subsídios acadêmicos para discutir a eliminação de desperdícios e a melhoria da acuracidade, elementos cruciais da excelência operacional em logística.

No método tradicional, as etapas de "deslocamento até a prateleira" (45s, 34,6% do ciclo) e "retorno ao ponto de expedição" (20s, 15,4% do ciclo) representavam a maior parte do tempo. Com o CVA, essas etapas são essencialmente eliminadas, sendo substituídas pela etapa passiva de "espera da bandeja" (20s, 40% do ciclo). Este resultado reforça a tese de que a automação reconfigura o processo, transformando tempo de valor-agregado nulo (transporte e movimentação de pessoas) em tempo de espera assistida (deslocamento da máquina).

Nota-se também que o método tradicional envolvia "pré-leitura/identificação" (18s) e "Localização visual do item" (20s), totalizando 38 segundos de busca manual. No CVA, essas etapas são substituídas pela "seleção do pedido no painel" (7s). O sistema produto-ao-homem elimina a busca visual e o erro de localização, transferindo a responsabilidade da localização para o *software* da máquina. A automação, neste caso, não apenas reduz o tempo, mas também diminui a carga cognitiva do operador.

A etapa de Emissão da pré-nota (WMS) no CVA é necessária para o vínculo entre o sistema interno da empresa e o sistema da máquina, garantindo que a informação de quantidade e locação esteja anexada ao sistema do carrossel. Essa integração reduz a necessidade de pré-leitura manual, diminuindo a probabilidade de erros de transcrição ou de interpretação da ordem de serviço.

Além do ganho de produtividade, a eliminação do deslocamento e do esforço de busca contribui diretamente para a diminuição da fadiga física dos operadores, resultando em maior estabilidade postural e menor esforço. Este é um impacto positivo na produtividade sustentável e na ergonomia do trabalho logístico.

A acuracidade é um indicador crucial de qualidade logística. Embora o estudo não apresente dados quantitativos sobre a taxa de erro, a análise qualitativa dos processos sugere uma melhoria significativa na acuracidade.

Por fim, a automação com CVA atua como um multiplicador de eficiência (61% de ganho temporal) e um fator de controle de qualidade ao eliminar as principais fontes de desperdício (deslocamento, busca, espera) e ao introduzir a coleta assistida por tecnologia, o que é fundamental para empresas com grande volume de SKUs, como a cooperativa, que armazena mais de 8 mil SKUs nos dois módulos do CVA.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões empíricas, obtidas por meio da cronoanálise em uma central de distribuição de uma cooperativa agroindustrial no Paraná, demonstram inequivocamente o impacto da automação na eficiência logística, demonstrando que o estudo alcançou seu objetivo de comparar o desempenho operacional do processo de *picking* entre o método tradicional em prateleiras convencionais e o sistema automatizado de Carrossel Vertical Automatizado (CVA).

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a automação por meio de sistemas verticais do tipo carrossel representa uma alternativa viável e eficiente para empresas do setor agroindustrial que buscam elevar o nível de desempenho logístico, otimizando espaço, reduzindo desperdícios e promovendo melhores condições de trabalho.

Observa-se também um ganho de espaço operacional, em vista que a adoção do sistema vertical automatizado reduziu o espaço para armazenagem de peças. O resultado de 61% de melhoria serve como *benchmark* aplicável a empresas de diferentes segmentos com alta rotatividade de SKUs.

Essa otimização de layout físico e do espaço de armazenagem mostra que a automação, vai além do ganho operacional e na eficiência do *picking*, mas também na melhor utilização do espaço horizontal, permitindo um crescimento sustentável da cooperativa. Os resultados confirmam que o uso do Carrossel Vertical Automatizado (CVA) promove ganhos expressivos de eficiência, ergonomia e assertividade, sendo assim uma estratégia viável de modernização logística para o setor agroindustrial.

O principal fator para esse ganho foi a inversão da lógica do processo, de homem-ao-produto para produto-ao-homem. O CVA eliminou as etapas de deslocamento até a prateleira e retorno (que representavam a maior parte do ciclo no método tradicional), substituindo-as pela espera da bandeja. Esta eliminação de

desperdício de movimentação e busca está diretamente alinhada com os princípios do *Lean Manufacturing*.

Existe, porém, no modelo CVA uma limitação relacionada ao tamanho do produto, pois cada bandeja tem um limite de altura para alocar um produto, sendo assim nem toda peça agrícola ou ferramental pode ser armazenada no CVA.

Sugere-se estudos futuros no que tange a ergonomia e o retorno sobre o investimento, a fim de avaliar os impactos financeiros ao longo prazo, além de replicar a cronoanálise em diferentes segmentos produtivos e tipos de armazéns verticais automatizados para verificar a validade externa e a generalização dos resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

- (1) ALCOCK, A.; LYTWINUK, J.; KLIMCHUK, K.; SEALE, P. **Vidir Vertical Solutions Vertical Farm**. *Procedia CIRP*, v. 50, p. 1-6, 2016. Elsevier.
- (2) ALMEIDA JUNIOR, E. R. B. **Representações Sociais de Astronomia: Um estudo na formação inicial em Pedagogia**. 2024. 137 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024.
- (3) ARAÚJO, M. M. A. **Lean nos serviços de saúde**. 2009.
- (4) BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições70, 2011.
- (5) BENTO, Alexandre Rodizio; TAMBOSI, Sérgio Luís; PRUS, Elcio Miguel. **Tecnologia de armazenagem aplicada no suporte à gestão de ferramentas de usinagem no setor automotivo**. In: 69º CONGRESSO ANUAL DA ABM - INTERNACIONAL, 69., 2014, São Paulo. Anais... São Paulo: ABM, 2014. p. 8034-8042. DOI: 10.5151/1516392X-24804.
- (6) BOURGUIGNON, B. M. L.; LUCCHI, M. **Quebras, falhas e lentidão no centro de distribuição automatizado da Choc Choc**. *Revista Brasileira de Casos de Ensino em Administração*, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2017.
- (7) BOWERSOX, Donald J. CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.
- (8) CAGLIANO, Anna Corinna. **A new decision making tool for automated industrial storage systems selection**. *Procedia CIRP*, v. 50, p. 1-6, 2016. Elsevier.
- (9) CAMARGO, Brígido Vizeu; JUSTO, Ana Maria. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em psicologia*, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.
- (10) CAMPOS, Cláudio Sérgio Dias Cunha. **Projeto de armazém numa empresa de motores elétricos – o caso da WEGeuro**. 2021. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, 2021.
- (11) CARDOSO, Jonathan Volkmann. **Projeto e adaptação de drone como solução logística industrial**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso

- (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.
- (12) CARVALHO, F.; RODRIGUES, L. A. **Perfil tecnológico e de automação das unidades armazenadoras de grãos do Estado do Paraná**. In: Congresso Brasileiro de Agroinformática – SBIAGRO. Paraná, 2021.
- (13) CHING, Hong Yuh. Manual de custos de instituições de saúde: sistemas tradicionais de custos e sistema de custeio baseado em atividades (ABC). In: **Manual de custos de instituições de saúde: sistemas tradicionais de custos e sistema de custeio baseado em atividades (ABC)**. 2001. p. 233-233.
- (14) COELHO, Márcio Selemen. **A adoção de práticas lean warehousing em Depósitos Primários da Marinha do Brasil: um estudo de casos**. 2019. 155 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.
- (15) CONCEIÇÃO, Mayra Silvyane Lopes da Silva. **Logística 4.0 – Avanços tecnológicos e os impactos causados nos colaboradores de nível operacional: um estudo de caso**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Transportes e Logística) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2023.
- (16) FERREIRA, Sérgio Duarte Silva. **Aumento da eficiência da linha de montagem na produção de elevadores**. 2020. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2020.
- (17) FREITAS, Juliane Aline; GOMES, Marco Antônio. **Sistema de armazenagem automatizado**. 2015. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- (18) GONÇALVES, Jonathan de Oliveira. **Dispositivo de almoxarifado inteligente**. 2020. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Faculdade de Tecnologia de Santo André, Santo André, 2020.
- (19) GONZALEZ, Jaime Afonso de Franco Figueiredo e Palma. **Desenvolvimento e implementação de programa de registo e gestão da manutenção – caso de uma empresa de estampagem**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa, 2022.
- (20) GUERREIRO, Daniel Fávaro; PANIGHEL, Juan Vinícius de Campos; GONÇALVES, Matheus Henrique Berghe; MARQUES JÚNIOR, Sérgio Luiz. **Sistema de armazenamento vertical automatizado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Faculdade de Tecnologia "Adib Moisés Dib", São Bernardo do Campo, 2018.
- (21) MARQUES, Bruno Costa Dias Almeida. **Modelo de análise de custos e de investimento para soluções de picking**. 2022. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, 2022.

- (22) MENDES, Giselly Santos. **Condomínios logísticos e fatores competitivos da logística atual. 1.** ed. São Paulo: Intersaberes, 2021. 250 p. ISBN 978-65-8981-879-3.
- (23) NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração, São Paulo**, v. 1, n. 3, p. 15, 1996.
- (24) PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007.
- (25) PEREIRA, Carlos Mário. **Práticas do lean warehouse em centros de distribuição: evidências de múltiplos estudos de caso.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2018.
- (26) PERREIRA DE JESUS, L. **Desenvolvimento de sistema automatizado de verificação de inventário através de mecanismo de inspeção com câmeras.** 2022. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP). 2022.
- (27) REINERT, Max. Alceste une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application: Aurelia De Gerard De Nerval. **Bulletin of Sociological Methodology /Bulletin de méthodologie sociologique**, v. 26, n. 1, p. 24-54, 1990.
- (28) RIBEIRO, Bruna Moraes. **Análise e proposta de melhoria para a retomada da implementação de um programa de manutenção produtiva total: estudo de caso em um centro de distribuição.** 2021. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.
- (29) RODRIGUES, Bruna Maria Souza Ferreira. **Otimização de processos logísticos na gestão de armazéns de aparelhagem de média e alta tensão.** 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.
- (30) SANTOS, Audilene Christina Farias dos. **Despacho aduaneiro de importação: uma proposta de automação na fiscalização de cargas aéreas, para uso do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).** 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.
- (31) SANTOSA, A. G.; ROLLAB, J.; MARTINHOA, A.; FRADINHOA, J.; COELHOA, A. G. **The rational footsteps for the design of the mechanism of a vertical carousel-type storage device.** *Procedia CIRP*, v. 50, p. 1-6, 2016.
- (32) SILVA, Ana Flávia de Figueiredo. **Impactos da estratégia de diversificação na estratégia de produção: estudo de caso da empresa Vilma Alimentos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2008.

# SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



FUNDAÇÃO  
ARAUCÁRIA  
Apoio ao Desenvolvimento Científico  
e Tecnológico do Paraná

- (33) SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2015.
- (34) **Manancial de oportunidades para cooperados e funcionários**. Revista Coamo. Dezembro de 2024. Disponível em: <<http://revista.coamo.com.br/revista/conteudo.php?ed=126&id=2141>>. Acesso em: 01 nov. de 2025