

Desenvolvimento de uma estratégia de automação num operador logístico

Francisco Manuel Correia Barreto

Dissertação de Mestrado

Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2021-02-25

Resumo

O presente relatório trata a automação, principalmente a implementação de automação aplicada à logística. O trabalho realizado permite adquirir um melhor entendimento de como lidar com a implementação de soluções automatizadas nos processos de manuseamento de material e as principais dificuldades a encontrar. Também serve de apoio à tomada de decisões considerando o grau de automação a implementar.

Através da análise extensiva dos processos da empresa nas várias operações de manuseamento de material identificaram-se os principais problemas com o uso de automação e de que forma a automação poderia ajudar a ultrapassar os problemas encontrados. Foi desenvolvido um estudo para perceber como é que a automação era percebida por parte dos funcionários envolvidos nestes processos e são apresentados os resultados. São expostas as soluções existentes no mercado tendo em consideração o seu nível de automação. Para identificar as tarefas com potencial para ser automatizadas foi realizado um mapa de processos. A ferramenta de apoio à decisão desenvolvida permite analisar as tarefas de uma operação específica e indicar as soluções existentes e o seu lucro, consoante o grau de automatização pretendido pelo cliente ou pela organização.

Development of a strategy regarding automation in a logistics operator

Abstract

This report discusses themes like automation, mainly the application of automation in logistics. Serves as a strong support towards decision making relating to the degree of automation in the processes. The work built allows the readers a better understanding of how to deal with the implementation of automatic solutions in the processes of material handling and the main difficulties expected to find. Through the analysis of the processes of the company in the different operations of material handling, the main problems were identified and was understood how automation could help overcome the main problems. A study was made with the objective of understanding how automation was perceived from the point of view of the employees involved in the processes and the results are revealed. The main sources of automation are displayed based on their different levels. To identify the tasks suitable of being automated a process map was developed. The development of a decision supporting tool allows the company to identify the main sources of automation and their profit, depending on the desired tasks and on the degree of automation desired by the client.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao coordenador da faculdade, Eduardo da Costa, e ao coordenador da empresa, por, mesmo não tendo disponibilidade, me ajudarem ao longo deste projeto. Também gostaria de agradecer ao Eng. Jorge Parente pelo apoio na empresa. A todos os funcionários da empresa que me auxiliaram ao longo do projeto segue o meu agradecimento.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação.....	1
1.2	O Projeto Automação na Logística na Empresa Rangel.....	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto	2
1.5	Estrutura da dissertação.....	2
2	Enquadramento Teórico.....	4
2.1	Evolução da logística	4
2.2	Importância da logística.....	4
2.3	Definição de supply chain.....	5
2.4	Automação	5
2.5	Automação na logística	8
2.5.1	Tendência da automação.....	8
2.5.2	Tipos de automação	10
2.5.3	Decisão em relação à automação	11
2.6	<i>Material handling</i>	12
2.7	Equipamento de transporte	14
2.7.1	Aplicações típicas.....	14
2.8	Sistemas de armazenamento	22
2.9	Equipamento para normalizar cargas.....	27
2.10	Sistemas de identificação e localização	27
2.11	Registo automático de dados	27
3	Automação nos armazéns da Rangel.....	28
3.1	Descrição das operações logísticas	28
3.1.1	Guardieiras	28
3.1.2	Correos Express.....	28
3.2	Montijo.....	28
3.2.1	Operação Pharma	28
3.2.2	Operação Tabaqueira.....	29
3.2.3	Operação Samsung.....	29
3.3	Oportunidades de automação.....	30
4	Soluções Propostas	31
4.1	Perceção da logística e da automação.....	31
4.1.1	Estudo I	31
4.1.2	Estudo II.....	31
4.2	Processo para a aquisição de automação.....	32
4.3	Ferramenta de análise de soluções automáticas	35
4.3.1	Mapa de Processos.....	36
4.3.2	Aplicação informática.....	36
4.3.3	Retorno de investimento	41
5	Conclusões e perspetivas futuras.....	43
	Referências.....	44
	ANEXO A: Sector Automation.....	46
	ANEXO B: Mapa de processos	47
	ANEXO C: Excel	52

Siglas

AGV - *Automated Guided Vehicle*

AS/RS - *Automated Storage/Retrieval System*

CAD – *Computer Aided Design*

WMS – *Warehouse Management System*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SKU – *Stock Keeping Unit*

VLM – *Vertical Lift Modules*

Índice de Figuras

Figura 1 - Setores de atividade da Rangel *in* <https://www.rangel.com/pt/a-rangel/sobre-nos/quem-somos/>

Figura 2- Evolução da Logística *in* Dembińska (2018)

Figura 3 - Fitt's List *in* Hoffman et al (2002)

Figura 4 – Gráfico do estudo da Mckinsey sobre o potencial da automação (2016)

Figura 5 - Modelo inicial que descreve os potenciais efeitos da variação do nível de automação *in* Frohm (2008)

Figura 6 – Tendência para a automação em armazéns *in* Trottman (2017)

Figura 7 – Razões para a tendência da automação *in* Trottman (2017)

Figura 8 - Níveis de automação *in* Trottman (2017)

Figura 9 – Estimativa dos custos e retorno para diferentes níveis de automação *in* Trottman (2017)

Figura 10 – Evolução das tecnologias de *picking* *in* Trottman (2017)

Figura 11 -Equipamento de transporte em função da quantidade a transportar e distância *in* Groover (2002)

Figura 12 – Trajetória da máquina S/R para um ciclo simples (a) e ciclo duplo (b) *in* Groover (2002)

Figura 13 – Vistas de um carrossel com 18 carriers e 4 contentores *in* Groover (2002)

Figura 14 - Gráfico das desvantagens da automação

Figura 15 - Mapa de Processos

Figura 16 - Form Principal

Figura 17 - Form Operações

Figura 18 - Form Processos

Figura 19 - Form Custos dos processos

Figura 20 - Form Tarefas

Figura 21 - Form Ferramenta

Figura 22 - Form Documentos

Figura 23 - Cálculo do lucro das soluções automáticas

1 Introdução

O presente projeto foi realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e realizado em ambiente empresarial na empresa Rangel, em Ermesinde.

Este projeto surgiu da competitividade da empresa e do desejo de evoluir e ir além das suas capacidades atuais. Para tal, uma das formas a atingir este objetivo é através da automação. Dado o potencial da automação, a empresa sentiu que poderia melhorar bastante em relação a este aspeto.

O tema do projeto é a construção de uma ferramenta que permita analisar operações de manuseamento de material e indicar, consoante o grau de automatização, os processos a automatizar e as soluções a implementar. Também é previsto a indicação das dificuldades esperadas durante o projeto de automação e o cálculo do tempo de retorno do investimento.

As conclusões devem incluir o estado atual do grau de automação dos processos, as dificuldades relativamente à implementação de tecnologia e o potencial da automação.

A empresa em questão é a Rangel, uma empresa dedicada, exclusivamente, a logística, acartando todas as responsabilidades logísticas de empresas que preferem subcontratar.

O projeto envolve a análise dos processos, a procura de melhorias e a redução de custos através do uso de automação.

O problema principal que o projeto tenta corrigir é o desperdício nos processos e os altos custos associados às operações, nomeadamente transporte e armazenamento.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Sendo o tema, automação na logística, a dimensão deste projeto podia englobar todos os setores da empresa. No entanto, o objetivo é melhorar a rede de distribuição logística, trazendo benefícios para a logística contratual. Assim, o projeto decorreu no departamento de logística contratual, responsável pela gestão de todos os processos desde a colocação da encomenda até a entrega ao cliente.

Numa indústria cada vez mais exigente, a tendência para a automação é cada vez maior, por isso este projeto, do ponto de vista da inovação e melhoria, é bastante importante se a empresa deseja competir a um nível cada vez mais elevado.

Com o *feedback* da ferramenta e os dados recolhidos ao longo do projeto, a empresa encontra-se na direção certa para implementar soluções automáticas com sucesso.

1.2 O Projeto Automação na Logística na Empresa Rangel

A Rangel Logistics Solutions foi fundada em 1980 crescendo rapidamente marcando cedo a sua posição no mercado. Atualmente é reconhecida como um forte parceiro logístico global movimentando mercadorias entre mais de 220 países e territórios por terra, mar e ar. Para além

de Portugal, estão presentes em Angola, Moçambique, Cabo Verde e Brasil. A Rangel é constituída por vários setores de atividade como: Express, Atividade Aduaneira, Terreste Internacional, Transporte Marítimo, Transporte Aéreo, Logística Contratual, Custom Critical e FeiroExpo, representados na Figura 1 - Setores de atividade da Rangel

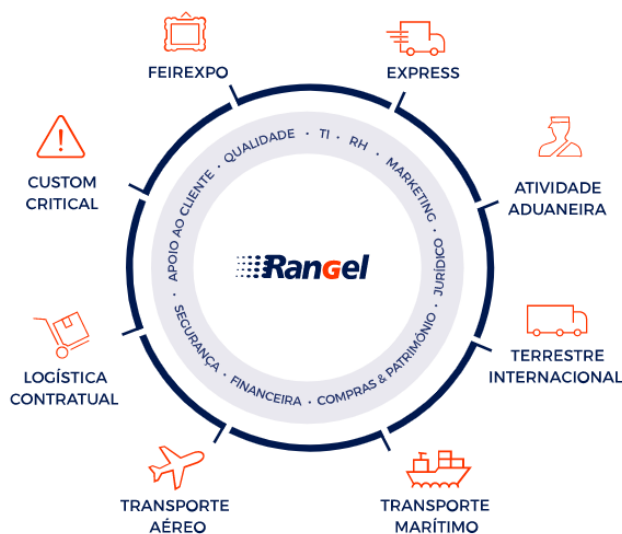


Figura 1 - Setores de atividade da Rangel in <https://www.rangel.com/pt/a-rangel/sobre-nos/quem-somos/>

A unidade onde o projeto decorreu foi na Logística Contratual. Atualmente existem alguns processos que podem ser melhorados e uma das soluções passa pela automação. Estes problemas aliados à vontade de melhorar e alcançar novos objetivos levaram à implementação deste projeto.

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo do presente projeto é a criação de uma ferramenta que permita analisar operações, atuais e futuras, e ajudar na decisão em relação à implementação de automação. Para isso é necessário descobrir quais as soluções ideais para cada tarefa, o seu custo e as melhorias que trazem, tanto no *throughput* como no custo dos processos. Outros objetivos a ter em conta ao longo do projeto são: descobrir as vantagens e desvantagens da automação, a posição atual da empresa neste tópico, identificar as tarefas suscetíveis a automação e estabelecer um plano dedicado à implementação deste tipo de soluções. Neste plano devem estar claramente esclarecidos os pontos onde se tomam as decisões responsáveis pelo sucesso do projeto.

1.4 Método seguido no projeto

Numa primeira fase é realizada a identificação da tecnologia e feita uma pesquisa sobre as suas vantagens e desvantagens. Posteriormente são identificadas as tarefas alvo de automação e as mais suscetíveis a um maior grau de automação. Numa terceira fase, são estudados os impactos da automação no *throughput* e nos custos dos processos. Por fim é desenvolvido o método para calcular o tempo de retorno dos investimentos.

1.5 Estrutura da dissertação

O presente relatório encontra-se dividido em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo foi efetuado o enquadramento do projeto na empresa e foram estabelecidos os objetivos a cumprir. No segundo capítulo é apresentado o enquadramento teórico do projeto e a respetiva revisão

bibliográfica. No capítulo 3 são discutidos os problemas de manuseamento de material da empresa em relação à automação. Estes problemas encontram-se agrupados por armazém e por operação, e é feita uma observação em relação às possíveis soluções. No capítulo 4 são discutidas as soluções propostas. Finalmente, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros.

2 Enquadramento Teórico

O enquadramento teórico além de tratar a importância da logística, vem suportar a evolução da automação na logística, definir conceitos essenciais para a sua aquisição e explicar os seus benefícios e desvantagens. Expõe o tema *material handling* e aborda todo o equipamento por que este é responsável.

2.1 Evolução da logística

Por volta dos anos 50, só se pensava na logística em termos militares. As empresas mantinham as suas atividades muito fragmentadas. Isto gerava conflitos entre os diferentes departamentos dificultando as atividades logísticas que por sua vez resultava numa sub-otimização dos custos e do *customer service*.

As razões para esta fragmentação poderiam ser: falta de conhecimento de *tradeoff* de custos, tradição e outras áreas serem consideradas mais importantes que a logística.

O estudo da distribuição física de material e da logística começou a emergir por volta de 1960 e 1970 devido a altos custos logísticos resultantes da negligência dada a esta área (Ballou, 2007b).

Com a evolução da tecnologia e da sociedade, a logística conseguiu dar grandes passos em direção a uma indústria que tem como objetivo minimizar custos e esforço laboral, como observado na Figura 2.

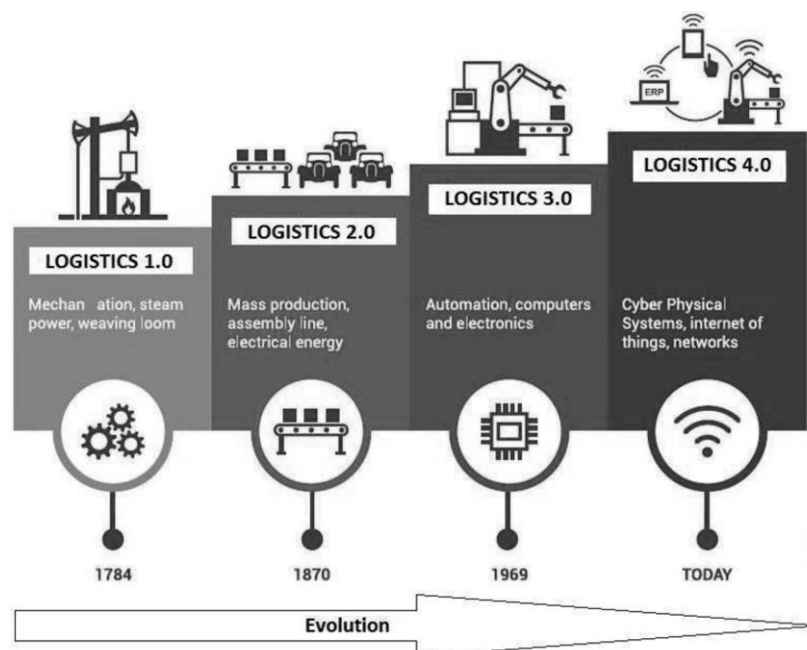


Figura 2- Evolução da Logística in Dembińska (2018)

2.2 Importância da logística

Com o crescimento da economia e consequente aumento da procura por produtos e serviços, a logística tem vindo a ter um papel cada vez mais importante no cotidiano das empresas. Por vários fatores, a vida cíclica dos produtos é cada vez menor, existindo uma grande competição para produtos cada vez mais frequentes e mais variados, ao mesmo tempo diminuindo os seus custos. Há muito que a logística é reconhecida como um recurso para uma vantagem competitiva nas empresas (Bowersox et al., 1989). Apesar dos custos logísticos variarem de

empresa para empresa dependendo do seu tipo de atividade, é estimado que os custos médios logísticos usualmente representam entre 10 a 30% do volume de vendas de uma companhia de produção (Gattorna et al., 1991).

De acordo com Mattsson e Jonsson (2003), um correto e bem formulado sistema logístico pode aumentar de muitas formas a eficiência para uma organização e assim devia ser um grande interesse numa grande variedade de organizações. Assim, as organizações começaram a integrar cada vez mais a logística na visão da empresa, dando origem a *supply chains* cada vez mais eficazes.

2.3 Definição de supply chain

A logística é responsável por gerir o fluxo físico de material, desde o fornecedor até ao cliente, e o fluxo de informação, quer para jusante como para montante.

Uma forma de distinguir a logística da *supply chain* é assumir que *supply chain* é a rede de instalações, veículos, sistema informático logístico (LIS) interligados com os fornecedores e os clientes. A logística é o que acontece na *supply chain*. Atividades logísticas (resposta ao cliente, gestão de inventários, material, transporte e armazenamento) conectam e ativam os objetos da *supply chain* (Frazelle, 2002).

Inicialmente, cada empresa tinha uma mentalidade individualista. Pensavam que era mais lucrativo dar atenção ao seu negócio, tentando minimizar custos internamente mesmo que isso implicasse prejudicar as outras empresas a montante ou jusante da *supply chain*. Isto resultava numa transição de custos para outro lado que por sua vez não tinha implicações no preço final do produto. Apercebendo-se disto, as empresas mentalizaram-se que seria mais vantajoso se cooperassem umas com as outras dentro da *supply chain*. Esta cooperação deu origem à integração na cadeia de abastecimento passando-se a olhar para a cadeia de uma perspetiva coletiva. Assim, é possível baixar custos ao longo da cadeia diminuindo o custo do produto final.

Neste fluxo de material e informação a chave principal é sempre o cliente final. É o seu comportamento que causa o fluxo de material pela *supply chain* (Gattorna, 1998b).

Com o desenvolvimento da tecnologia surgiram soluções que iriam revolucionar o mercado e fomentar o crescimento da economia.

2.4 Automação

A automação é um tema discutido desde os princípios dos anos 50 e, desde então, várias tentativas foram feitas para uma correta classificação dos seus tipos.

Desde muito cedo, tentou-se fazer uma clara distinção entre as tarefas a ser executadas por máquinas ou por humanos, por exemplo a lista MABA, *Machines Are Better At*. E ainda, mais recentemente, um estudo da McKinsey, tenta identificar os potenciais setores e atividades sujeitas a um maior grau de automação.

Portanto, ainda existem limites para o que a automação pode fazer, por isso é muito importante otimizar a alocação de tarefas entre a tecnologia e os seus utilizadores.

Em 2002, foi publicada uma lista por Fitt (Hoffman et al., 2002), representada pela Figura 3, que sugere uma divisão entre as atividades de cada parte.

HUMANS SURPASS MACHINES IN THE:	MACHINES SURPASS HUMANS IN THE:
– Ability to detect small amounts of visual or acoustic energy – Ability to perceive patterns of light or sound – Ability to improvise and use flexible procedures – Ability to store very large amounts of information for long periods and to recall relevant facts at the appropriate time – Ability to reason inductively – Ability to exercise judgment	– Ability to respond quickly to control signals and to apply great force smoothly and precisely – Ability to perform repetitive, routine tasks – Ability to store information briefly and then to erase it completely – Ability to reason deductively, including computational ability – Ability to handle highly complex operations, i.e. to do many different things at once

Figura 3 - Fitt's List in Hoffman et al (2002)

No entanto, já existiam algumas discórdias anteriores a esta lista, sobre a tentativa de comparar aptidões humanas e das máquinas, visto que só as máquinas é que podem ser programadas para uma tarefa específica pré-definida (Jordan, 1963) de acordo com Gattorna. Assim, a ideia de se comparar máquinas e humanos devia ser descartada. Contrariamente, é necessário ter em conta que ambos trazem benefícios. São complementares ao invés de conflituosos. A sua entreaajuda é fundamental para o desenvolvimento de sistemas humano-máquina.

Existem atividades com uma maior aptidão para a automação. Segundo o estudo da Mckinsey, pela observação da Figura 4, estão são: trabalho físico previsível e processamento e recolha de dados.

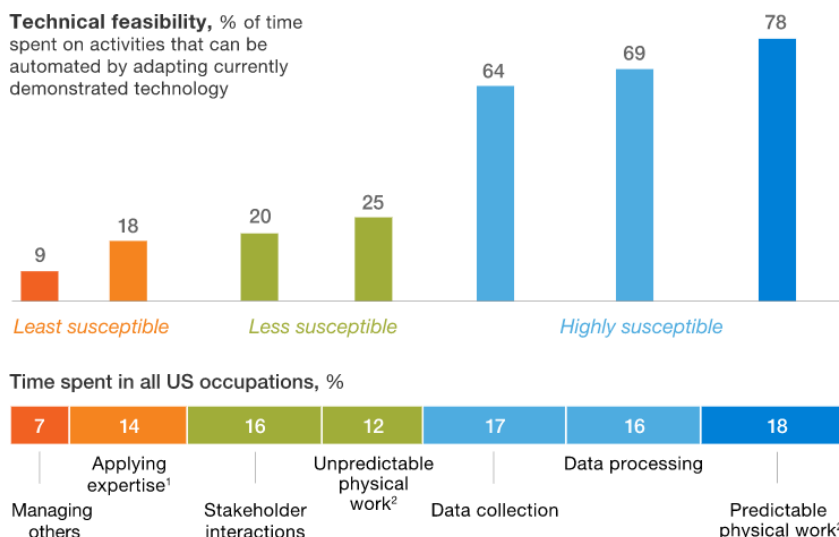


Figura 4 – Gráfico do estudo da Mckinsey sobre o potencial da automação (2016)

Consultando o anexo A, Sector Automation, é possível observar que grande parte dos processos de transporte e armazenagem consistem em trabalho físico previsível (24%) e recolha de dados (22%). Portanto pode-se assumir que quase 50% das atividades de manuseamento de material têm um grande potencial para serem automatizadas.

No entanto, esta inclinação para a automação não é suficiente para a tomada de decisão. É necessário ter em conta outros fatores como: o custo de investimento, a diferença em relação ao processo manual e os benefícios adicionais da automação.

Automação pode ser definida como a tecnologia que envolve a aplicação de sistemas mecânicos, eletrônicos e computadorizados para produzir e controlar a operação. Pode ser definida como a tecnologia que executa um processo sem assistência humana (Groover, 2002).

A vantagem da automação não é facilmente demonstrada na forma do projeto da empresa. Os benefícios da automação muitas vezes surgem de maneiras inesperadas como o aumento da qualidade, aumento das vendas, melhores relações no trabalho e melhor imagem da empresa. Companhias que não usam automação provavelmente encontram-se numa desvantagem competitiva em relação aos seus clientes, aos seus funcionários e ao público geral (Groover, 2002).

“No entanto, no caso de não se automatizar tudo sempre, o maior nível de capacidade tecnológica é cada vez mais difícil de atingir” (Satchell, 1998). Muita pesquisa nesta área mostra que existem desvantagens em reduzir o papel humano no controlo de sistemas e na resolução de problemas (Bainbridge, 1982; Rasmussen, 1986; Sheridan, 1992).

De acordo com Harlin et al. (2006) citado por Frohm (2008), um problema chave é estabelecer e manter um nível apropriado de automação onde existe um grande potencial tentando ao mesmo tempo evitar os aspetos negativos da automação.

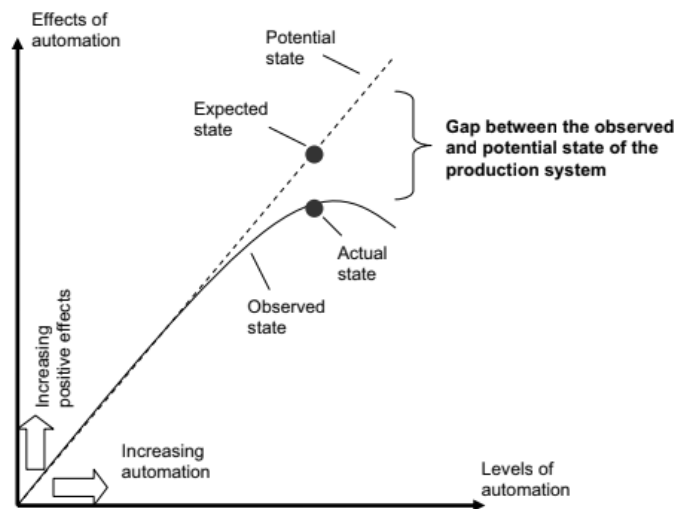


Figura 5 - Modelo inicial que descreve os potenciais efeitos da variação do nível de automação in Frohm (2008)

O gráfico da Figura 5 é um exemplo de um dos problemas da automação. De acordo com Harlin et al. (2006), a discrepância observada no gráfico corresponde ao potencial da automação se os aspetos críticos forem tidos em conta.

O aumento dos efeitos positivos corresponde ao aumento de segurança, dado que existe uma maior distância entre o operador e a atividade a realizar. No entanto, um efeito negativo da automação é o aumento da carga de trabalho devido à sobrecarga de informação em situações críticas e em perturbações no processo, como apontado por Endsley e Garland (2000). Um aumento no nível de automação também pode levar à degradação da consciência dos processos se o utilizador não tiver um contacto mínimo com a automação (Endsley e Kiris, 1995).

As principais vantagens da automação são: menor *lead time*, redução de custos laborais, independência, inovação no mercado, robustez, maior capacidade para responder a picos, maior segurança e redução de tarefas de rotina. Enquanto as desvantagens passam por: falta de flexibilidade, altos custos de equipamento, fiabilidade do equipamento, problemas de software, integração do equipamento, tempo de implementação e quedas do nível de serviço nesse período, custos de manutenção, interface fraca e necessidade de formação, falta de empenho pelo topo da administração, problemas relacionados com a mudança de cultura, políticas internas e aceitação por parte dos trabalhadores. Se for possível ultrapassar estas dificuldades a automação pode trazer grandes benefícios à logística.

2.5 Automação na logística

Para melhor satisfazer as necessidades dos clientes e competir com o constante crescimento da economia, a logística tem optado pela implementação de automatização. A automatização na logística surgiu da automação na indústria. Como era cada vez mais evidente que trazia resultados positivos para a indústria começou a ser aplicada noutras áreas. Devido a toda a atividade envolvida na logística a automação pareceu um evidente aliado para um rápido crescimento.

Na logística existem muitos processos de elevada carga laboral, repetitivos e que consomem demasiado tempo, tal como o manuseamento e transporte de paletes, que são exemplos de processos ideais para a automação. Portanto, esta área mostra um grande potencial para a implementação de sistemas automáticos. Além disso, grande parte dos seus custos estão diretamente relacionados com o trabalho manual exigido. Frazelle (2001b) aponta a automação na logística interna como um dos fatores dominantes para o sucesso de um projeto de armazenamento.

Schulze e Wullner (2006) concluíram que a automação será um fator chave no desenvolvimento futuro da logística interna. É possível assistir, cada vez mais, a soluções automáticas de grande escala e a tendência para sistemas completamente automatizados tem vindo a aumentar. O futuro da logística passa por um grau de automatização muito elevado com os operários a estabelecerem o controlo e ordem nestes sistemas.

Atualmente, automação é usada frequentemente em algumas áreas específicas da logística, como sistemas automáticos de armazenamento e recolha, especialmente em armazéns grandes (Baker, 2004).

2.5.1 Tendência da automação

Segundo um estudo da Westernacher realizado em 2017, a previsão do número de robôs em armazéns deveria crescer 15 vezes até 2021.

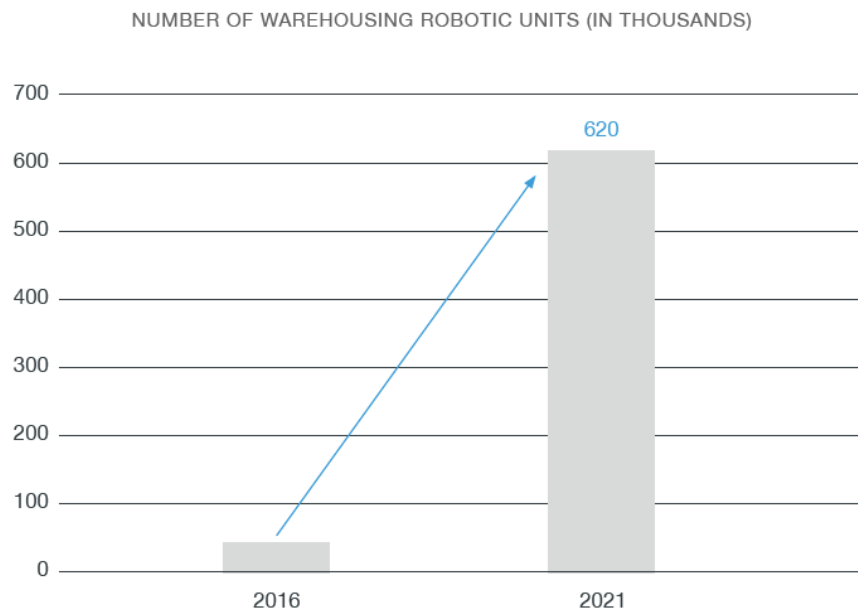


Figura 6 – Tendência para a automação em armazéns *in* Trottman (2017)

Apesar do conceito de automação não ser recente, visto que o primeiro AGV foi inventado em 1953, só ultimamente é que a automação ganhou um grande interesse. Além de melhorias tecnológicas existem outros fatores responsáveis por este facto.

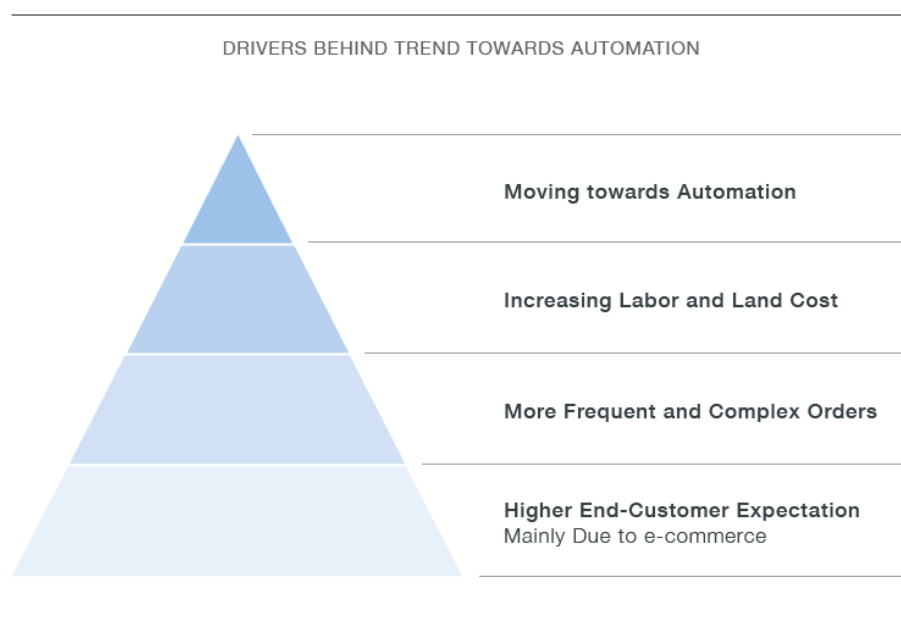


Figura 7 – Razões para a tendência da automação *in* Trottman (2017)

Resumindo, a tendência resulta do aumento de custos devido aos desafios operacionais causados pelas maiores expectativas dos consumidores (Trottman, 2017).

2.5.2 Tipos de automação

Existem diferentes formas de interpretar os tipos de automação. Pode-se categorizar a automação em dois tipos: automação para a tomada de decisões e automação para a movimentação de bens. O primeiro tem em conta a tomada de decisões dentro do armazém enquanto o segundo preocupa-se com automatizar os vários movimentos executados fisicamente. Dentro do armazém podem existir quatro níveis de automação distintos: baixo, sistema, mecanizado e sofisticado. Cada tipo de automação utiliza uma mistura de diferentes níveis de tecnologia e requer um nível de investimento diferente (Trottman, 2017).

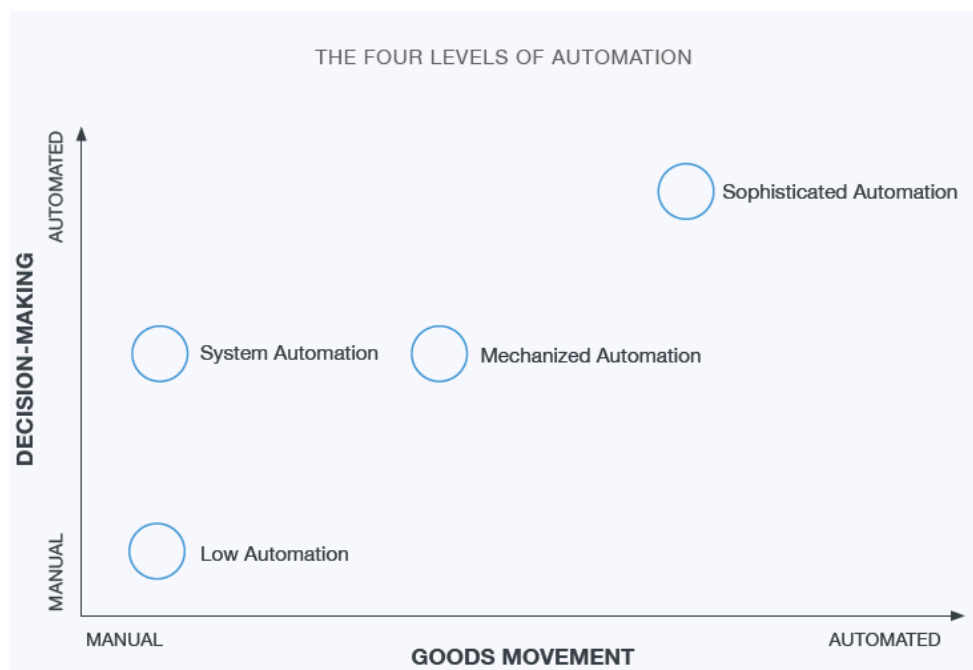


Figura 8 - Níveis de automação in Trottman (2017)

Baixa Automação

Este tipo de armazéns funciona, ainda, com métodos rudimentares de registo de inventário operando principalmente usando papel. O sistema pode dar alguma informação em relação às decisões a tomar, mas estas decisões são tomadas pelos operários. Os operários precisam de percorrer grandes distâncias para depositar e recolher bens das prateleiras.

Automação de sistema

Neste nível já existem sistemas de gestão de armazéns (WMS) que tomam decisões onde guardar e recolher material e gerem processos como desconsolidação, serviços de valor acrescentado e inspeção. São usados sistemas de localização e identificação, como RFID, para enviar informação ao sistema WMS em tempo real. Em geral, a maioria das empresas observa um ganho de cerca de 25% na produção, uma melhoria de 10 a 20% na utilização de espaço e 15 a 30% de redução do stock de segurança quando passa de um sistema com base no papel para este nível de automação (Hokey, 2015).

Com a utilização do WMS também é possível a implementação de tecnologias de *picking* como *pick-by-light* melhorando o *throughput* de *picking* em 30 a 50%, e reduzindo erros em 67%, de acordo com o MHI (Material Handling Institute).

Automação mecanizada

Neste nível não só a tomada de decisões é automatizada como também a movimentação de bens. Em vez dos operários se deslocarem para recolher bens (*person-to-goods*), o equipamento automático transporta esses bens até aos operários (*goods-to-person*). Os equipamentos mais utilizados são por norma *conveyors* e sistemas Automated Storage/ Retrieval Systems (AS/RS).

Automação Sofisticada

No topo encontram-se os sistemas altamente automatizados que eliminam movimentos manuais e processos manuais de *order-picking*. Este nível de automação requer sistemas que sejam capazes de tomar decisões lógicas bastante complexas. Além de *conveyors* e sistemas de AS/RS são utilizados *sorters* automáticos, *automated guided vehicles* (AGV), sistemas de *picking* robóticos e paletizadores/ depaletizadores automáticos.

2.5.3 Decisão em relação à automação

A Figura 9 mostra os custos estimados e o período de retorno de investimento em função dos diferentes níveis de automação. É importante ter uma ideia inicial dos valores para facilitar a tomada de decisões em relação à automação.

	TECHNOLOGIES	EST. COST IN USD	EST. PAYBACK PERIOD
System Automation	WMS with RF Device, Pick-to-light, or Voice-picking	0.5 – 2M	0.5 – 2 years
Mechanized Automation	+ Conveyors, AS/RS	5 – 15M	2 – 4 years
Sophisticated Automation	+ Sorter, AGV, Robotic picking, Palletizer, etc	>50M	> 5 years

Figura 9 – Estimativa dos custos e retorno para diferentes níveis de automação *in* Trottman (2017)

Estas decisões devem ter em consideração as necessidades de cada armazém. Se o caso for um armazém novo com um sistema complexo de distribuição e uma elevada taxa de *picking* faz todo o sentido investir num sistema AS/RS, por exemplo. Mas se o caso for um armazém antigo com uma velocidade moderada de SKU faz mais sentido instalar ou melhorar o sistema WMS existente, como para, por exemplo, SAP's EWM (Extended Warehouse Management) e utilizar as suas funcionalidades avançadas.

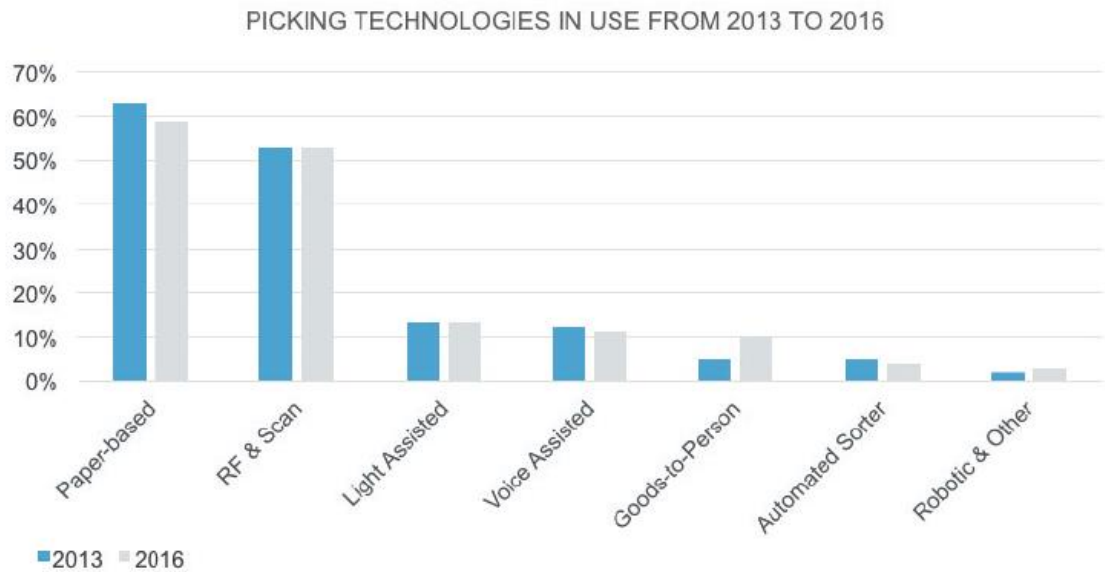


Figura 10 – Evolução das tecnologias de *picking* in Trottman (2017)

O caminho para elevados níveis de automação às vezes passa por atravessar cada nível de automação à medida que o negócio progride e amadurece. Quando se toma a primeira decisão de melhoria é importante pensar no futuro e escolher uma solução automática flexível que seja facilmente integrável em soluções futuras (Trottman, 2017).

2.6 Material handling

Material handling é definido pela Material Handling Industry of America como o movimento, armazenamento, proteção e controlo de materiais na produção e distribuição incluindo o seu consumo e o seu descarte.

O equipamento para o manuseamento de material divide-se em: equipamento de transporte, sistemas de armazenamento, equipamento para normalizar cargas e sistemas de identificação e localização.

Este equipamento normalmente encontra-se implementado num sistema. Este sistema tem de estar ajustado de forma a satisfazer os requisitos de uma dada aplicação. As especificações da aplicação, como o tipo de materiais, quantidades ou distâncias, influenciam o *design* do sistema de manuseamento de material que, por sua vez, afeta a decisão em relação à automação (Groover, 2002).

Características materiais

Os materiais podem variar em relação ao: estado físico, tamanho, peso, formato, condição, risco de dano, risco de segurança. Em função destas características, têm de ser tomadas diferentes abordagens para o *design* e para a escolha de soluções automáticas (Groover, 2002).

Fluxo de material

Além das características materiais é necessário ter em conta o volume de material a ser transportado e a distância que este material percorre. Quanto maior a distância a percorrer e a

o volume de material a transportar maior a suscetibilidade para a implementação de *conveyors* e AGV, como demonstrado na Figura 11.

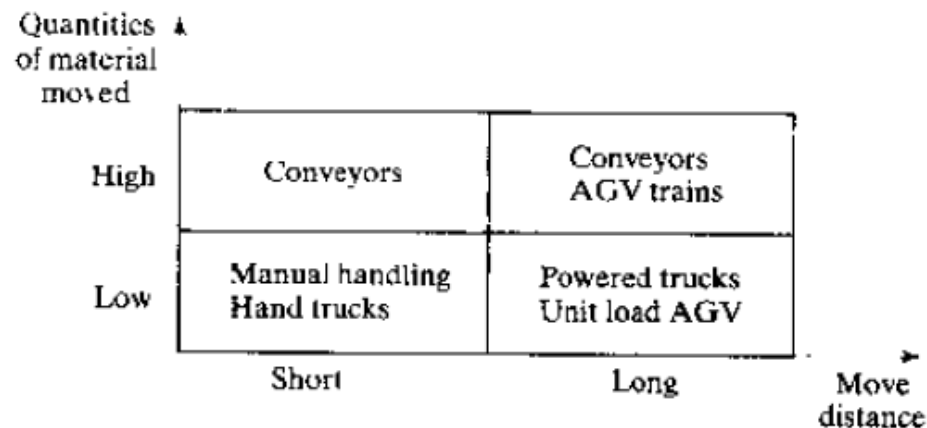


Figura 11 -Equipamento de transporte em função da quantidade a transportar e distância in Groover (2002)

Layout

O layout do processo também é um dos fatores cruciais a ter em consideração. No caso de instalações novas é ideal criar um *layout* que otimize o fluxo de material e que utilize um sistema de manuseamento adequado. No caso de processos já bem definidos existe pouca flexibilidade no *layout* e, assim, dificulta a implementação de soluções automatizadas (Groover, 2002).

Princípios de material handling

Existem dez princípios que podem ser aplicados no manuseamento de material: princípio de planeamento, princípio de standardização, princípio do trabalho, princípio da ergonomia, princípio da unidade de carga, princípio da utilização de espaço, princípio do sistema, princípio da automação, princípio ambiental, princípio do custo do ciclo de vida. Estes princípios foram desenvolvidos pelo College Industry Council on Material Handling Education (CICMHE).

Princípio 1. Planning Principle: Todo o equipamento de manuseamento de material deve ser resultado de um plano deliberado onde todas as necessidades, objetivos e especificações dos métodos propostos são completamente definidos.

Princípio 2. Standardization Principle: Métodos de manuseamento de material, equipamento, controlos e *software* deve ser normalizado dentro dos limites de atingir os objetivos globais sem sacrificar flexibilidade, modularidade e *throughput*.

Princípio 3. Working Principle: Trabalho de manuseamento de material deve ser minimizado sem sacrificar produtividade ou o nível de serviço necessário à operação.

Princípio 4. Ergonomic Principle: As capacidades e limitações humanas têm de ser reconhecidas e respeitadas no design das tarefas de manuseamento de material e equipamento para assegurar operações seguras e eficazes.

Princípio 5: Unit Load Principle: Unidades de carga devem ser dimensionadas apropriadamente e configuradas de modo a atingir os objetivos de fluxo de material e inventário em cada passo da *supply chain*.

Princípio 6: Space Utilization Principle: Todo o espaço disponível deve ser usado de forma eficaz e eficiente.

Princípio 7: System Principle: Atividades de movimentação de material e armazenamento devem ser completamente integradas para formarem um sistema coordenado e operacional que abrange recepção, inspeção, armazenamento, produção, montagem, embalagem, unificação, seleção de encomendas, envio, transporte, e manuseamento de produtos devolvidos.

Princípio 8: Automation Principle: Operações de manuseamento de material devem ser mecanizadas e/ou automatizadas onde for possível aumentar eficiência operacional, aumentar a capacidade de resposta, aumentar consistência e previsibilidade, diminuir custos operacionais, e eliminar trabalho manual repetitivo ou perigoso.

Princípio 9: Environmental Principle: O impacto ambiental e o consumo de energia devem ser tidos em conta como critérios durante o design ou seleção de equipamento e sistemas de manuseamento de material.

Princípio 10: Life Cycle Cost Principle: Uma análise económica detalhada deve ser considerada para a totalidade do ciclo de vida de todo o equipamento de manuseamento de material e dos sistemas resultantes (Groover, 2002).

2.7 Equipamento de transporte

Neste subcapítulo são examinados os vários tipos de equipamento de transporte de material. É feita uma análise quantitativa dos equipamentos de transporte para estudar este tipo de soluções.

2.7.1 Aplicações típicas

Existem cinco categorias de equipamento de transporte, tipicamente utilizado, para mover partes e outro material pela produção e armazéns: camiões industriais, AGV, carris, *conveyors*, gruas e guindastes e robôs (Groover, 2002).

Com a implementação de AGV é necessário ter em conta o controlo de tráfego, o despacho de veículos, segurança. (Groover, 2002).

Equipamento de manuseamento	Características	Aplicações típicas
Empilhadores, manual	Custo baixo Baixa entregas/hora	Mover cargas leves
Empilhadores, automatizados	Custo medio	Mover paletes e contentores paletizados
AGV	Custo alto Rotas flexíveis Vias não obstruídas	Mover paletes e contentores paletizados Mover embalagens ao longo de várias rotas
Veículos guiados	Custo alto Rotas flexíveis <i>On-the-floor</i> ou <i>overhead</i>	Mover grandes quantidades de material ao longo de uma rota fixa

Conveyors	Grande variedade de equipamento <i>In-floor, on-the-floor ou overhead</i>	Mover produtos ao longo do processo Selecionar produtos
Gruas e guindastes	Capacidade de carga até mais de 100 toneladas	Mover cargas grandes e pesadas
Robôs	Custo alto Alta precisão	Paletizar e despaletizar unidades de carga Efetuar <i>picking</i> automaticamente

Tabela 1 – Tipo de equipamento de manuseamento de material

Tipos de AGV

Os AGV podem ser divididos em três categorias: comboios sem condutor, empilhadores e transportadores de unidade de carga. Os primeiros tipos de AGV apresentados foram os comboios sem condutor que consistem em veículos autónomos com uma ou mais carruagens. Empilhadores automáticos são idênticos a empilhadores convencionais, servem para mover paletes numa rota predeterminada, com a exceção de que não precisam de um operador. Transportadores de unidade de carga servem para mover cargas individuais de uma estação até outra. Normalmente são usados para a carga ou descarga de paletes (Groover, 2002).

Os AGV também podem ser divididos consoante a forma como operam, com guiamento ou sem guiamento. Em seguida seguem-se os vários tipos de AGV, separados pelo tipo de navegação e se utilizam ou não equipamento auxiliar ao seu guiamento.

Com infraestrutura:

Fio

O AGV segue o caminho percorrido por um fio que é instalado numa ranhura no chão. O fio emite sinais radio que são captados pelos sensores do AGV.

Fita guia

Existem dois tipos de fita: magnética e colorida. Uma das vantagens em relação ao guiamento com fio é que a fita pode ser facilmente removida e aplicada noutros locais. Fita colorida é mais económica, mas desgasta-se mais facilmente.

Navegação por laser

A navegação é feita através de fita refletora montada em paredes ou postes. O AGV transporta um transmissor e recetor laser que interage com a fita.

Inertial navigation

Um computador é responsável pela atribuição de tarefas aos veículos. Existem *transponders* espalhados pelo chão de fábrica. Com a ajuda de um giroscópio o AGV usa estes transponders para se orientar.

Natural feature navigation

Utilizam sensores de distância, sensores laser, giroscópios e técnicas de localização Monte-Carlo/Markov para se orientarem e perceberem qual é caminho mais curto até ao seu destino. A maior vantagem destes sistemas é a sua grande flexibilidade que proporciona uma rápida implementação em qualquer local.

Sem infraestrutura:

Vision guidance

Podem ser instalados sem modificação na infraestrutura. O AGV utiliza camaras para registar as características da rota. Posteriormente, este repete a rota e orienta-se através das características filmadas.

Geoguidance

O veículo AGV reconhece o local onde opera para se localizar. Consegue detetar e identificar colunas, prateleiras e paredes dentro do armazém. Através destes pontos fixos, consegue se orientar e estabelecer a sua rota.

Tipos de Robôs

O uso de robôs na produção é algo comum devido à uniformidade dos movimentos realizados. No manuseamento de materiais devido à complexidade e diversidade dos movimentos, e devido à inflexibilidade deste tipo de soluções muitas vezes estas tornam-se obsoletas. No entanto, com o avanço da tecnologia, atualmente, existem dois tipos de robôs úteis neste campo: sistemas robotizados de *picking* e paletizadores/despaletizadores automáticos.

Sistemas robotizados de *picking*

Este tipo de robôs consegue identificar os componentes existentes dentro de um contentor através de tecnologia CAD, pegar neles e atribuí-los aos contentores ou caixas correspondentes. Requerem um alto nível de precisão e são considerados a fronteira da automação em armazém.

Paletizadores/despaletizadores automáticos

Estes robôs utilizam algoritmos específicos para este tipo de funções para construir uma paleta perfeita, independentemente das dimensões dos produtos. Posteriormente, podem ser embaladas automaticamente e enviadas para expedição.

Despaletizadores automáticos realizam a função inversa. Quando as paletes chegam ao armazém, se não forem guardadas imediatamente, são despaletizadas camada a camada por este robô, que posteriormente coloca as caixas em *conveyors*.

Análise de sistemas AGV

O tempo de um ciclo normalmente realizado por um sistema AGV pode ser calculado pela soma de quatro tempos diferentes: tempo de carga na estação, tempo de deslocação até à estação de descarga, tempo de descarga e tempo de volta à estação de carga. Assim o tempo do ciclo é dado pela Equação (2.1) (Groover, 2002):

$$T_c = T_L + \frac{L_d}{v_c} + T_U + \frac{L_e}{v_c} \quad (2.1)$$

Onde:

T_c é o tempo de ciclo (min/del),

T_L é o tempo de carga na estação de carga (min),

L_d é a distância entre estações de carga e descarga (m),

v_c é a velocidade do veículo,

T_U é o tempo de descarga na estação de descarga, e

L_e é a distância que o veículo percorre vazio até ao início do próximo ciclo (m)

Este tempo é considerado um tempo ideal porque não tem em conta perdas de tempo devido a problemas ou congestionamentos.

Como os destinos de carga e descarga podem variar de ciclo para ciclo, e assim variam as distâncias L_d e L_e , estas medidas são consideradas uma média das operações realizadas pelos AGV.

Este tempo permite calcular o *throughput* por veículo e o número de veículos necessários para realizar uma dada operação. Para ter em conta perdas de tempo é introduzido o conceito de *availability time* que é influenciado pela *availability*, pelo tempo de congestionamento e pela eficiência dos condutores em caso de o equipamento ser operado manualmente. *Availability* (disponibilidade) é a percentagem de tempo em que o veículo se encontra operacional, não avariado ou a não funcionar. Para medir o tempo de congestionamento é utilizado o fator de trânsito, T_f , que tem em conta perdas de tempo em cruzamentos ou bloqueio do percurso. Estes valores também dependem do número de veículos no sistema. Se só existir um veículo e não existirem perdas o fator T_f toma o valor de 1.0. Valores típicos de fator de trânsito para AGVS situam-se entre 0,85 e 1,0 (Groover, 2002).

Para medir a eficiência dos condutores é utilizado o fator eficiência, E , mas como neste caso os veículos são autónomos, $E = 1,0$. abaixo

Assim é possível expressar o tempo disponível por hora por veículo em 60 minutos, ajustando A , T_f e E , como demonstrado na Equação (2.2) (Groover, 2002):

$$AT = 60 \cdot A \cdot T_f \cdot E \quad (2.2)$$

Onde:

AT é o *available time* (min/hr por veículo),

A é a *availability*,

T_f é o *traffic factor*, e

E é o fator de eficiência

Obtendo este valor é possível determinar o fluxo de entregas por veículo, dado pela Equação (2.3) (Groover, 2002):

$$R_{dv} = \frac{AT}{T_c} \quad (2.3)$$

Onde:

R_{dv} é o fluxo de entrega (del/hr por veículo),

T_c é o tempo de ciclo dado pela equação (10.1) (min/del), e

AT é o *available time* numa hora tendo em conta perdas de tempo (min/hr)

Para determinar o número total de veículos necessários para um dado processo é necessário saber a carga de trabalho total que o transporte tem de efetuar em uma hora, que pode ser expressa pela Equação (2.4) (Groover, 2002):

$$WL = R_f T_c \quad (2.4)$$

Onde:

WL é a carga de trabalho (min/hr),

R_f é o fluxo de entregas por hora especificado para o sistema (del/hr), e

T_c é o tempo de ciclo (min/del)

Agora é possível calcular o número de veículos, dado pela Equação (2.5) (Groover, 2002):

$$n_c = \frac{WL}{AT} \text{ ou } n_c = \frac{R_f}{R_{dv}} \quad (2.5)$$

Onde:

n_c é o número de veículos necessários,

WL é a carga de trabalho (min/hr),

AT é o tempo disponível por veículo (min/hr por veículo),

R_f é o fluxo de entregas necessário (del/hr), e

R_{dv} é o fluxo de entrega por veículo (del/hr por veículo)

Este cálculo não tem em conta perdas de tempo nas estações de carga e descarga responsáveis pela espera de veículos. A equação não tem em consideração estas perdas e o seu impacto no custo. Assim, para minimizar estes tempos, é possível que sejam necessários mais veículos do que os indicados pela Equação (2.5).

Análise de *conveyors*

São tidos em conta três tipos de *conveyors* nesta análise: *conveyors* de um único sentido, *conveyors* em *loop* contínuo e *recirculating conveyors*.

Conveyors simples

São considerados os *conveyors* de direção única com uma estação de carga e uma estação de descarga. Os materiais são carregados num ponto inicial e descarregados no fim da linha. Assumindo que a velocidade do tapete é constante, o tempo necessário para o material atravessar a linha é dado pela Equação (2.6) (Groover, 2002):

$$T_d = \frac{L_d}{v_c} \quad (2.6)$$

Onde:

T_d é o tempo de entrega (min),

L_d é a distância entre estações de carga e descarga (m), e

v_c é a velocidade do *conveyor* (m/min)

O fluxo de material é determinado pela velocidade de carga na estação de carga. A velocidade de carga é limitada pelo recíproco do tempo necessário para carregar os materiais. Sabendo a velocidade do *conveyor*, a velocidade de carga vai determinar o espaçamento entre materiais no tapete, obtido pela Equação (2.7) (Groover, 2002):

$$R_f = R_L = \frac{v_c}{s_c} \leq \frac{1}{T_L} \quad (2.7)$$

Onde:

R_f é o fluxo de material (unid/min),

R_L é a velocidade de carga (parts/min),

s_c é o espaçamento entre material no conveyor (m/unid), e

T_L é o tempo de carga (min/unid)

Pode se pensar que a velocidade de carga, R_L , é recíproca do tempo de carga, T_L . No entanto, R_L é dado pelo fluxo de material no *conveyor*, R_f , enquanto o T_L é determinado por fatores ergonómicos. O operário que carrega o *conveyor* pode efetuar a tarefa mais rapidamente que a velocidade do tapete. Mas a velocidade do tapete nunca pode ser superior à velocidade do operário (Groover, 2002)

Em adição, o tempo de descarga tem de ser inferior ou igual ao tempo de carga, respeitando a Equação (2.8) (Groover, 2002). Se a descarga demorar mais tempo, pode haver acumulação de material não removido no fim da linha do *conveyor*.

$$T_U \leq T_L \quad (2.8)$$

Normalmente o fluxo de materiais dado pela velocidade do *conveyor* é bastante superior à realidade, mas acaba por ser limitado pelo tempo de carga.

Continuous loop conveyors

Este tipo de *conveyors* funciona por base num *loop* infinito entre uma estação de carga e uma estação de descarga, em que numa parte do *loop* os contentores vão cheios e noutra retornam vazios. O comprimento total é dado pela soma dos dois comprimentos, comprimento de entrega e comprimento de retorno, $L = L_d + L_e$, e o tempo do ciclo é dado pela Equação (2.9) (Groover, 2002):

$$T_c = \frac{L}{v_c} \quad (2.9)$$

Onde:

T_c é o tempo total de ciclo (min), e
 v_c é a velocidade do *conveyor* (m/min)

O tempo de ida é dado pela Equação (2.10) (Groover, 2002):

$$T_d = \frac{L_d}{v_c} \quad (2.10)$$

Onde:

T_d = tempo de entrega do ciclo (min)

O número de contentores necessários, sabendo que estão espaçados de uma distância s_c , é dado pela Equação (2.11) (Groover, 2002):

$$n_c = \frac{L}{s_c} \quad (2.11)$$

Onde:

n_c é o número de contentores,
 L é o comprimento total do *conveyor* (m), e
 s_c é o espaçamento entre contentores (m/carrier)

O valor do número de contentores tem de ser um inteiro, por isso os valores de L e s_c têm de ser consistentes com essa restrição.

O fluxo de material é calculado da mesma forma que o *conveyor* simples, dado pela Equação (2.12) (Groover, 2002):

$$R_f = \frac{v_c}{s_c} \quad (2.12)$$

Onde:

R_f é o número de unidades por minuto

Este valor tem de ter em conta as mesmas limitações dos tempos de carga e descarga, definidos pelas Equações (2.7) e (2.8).

Recirculating conveyors

A diferença em relação aos *continuous loop conveyors* é que os contentores podem voltar ao ciclo sem ser descarregados. Na análise deste tipo de sistemas é necessário ter em conta dois problemas que afetam a circulação: a possibilidade de não existirem contentores vazios na zona de carga quando necessário e a possibilidade de não existirem contentores cheios na zona de descarga quando necessário. É considerado uma zona de carga e uma zona de descarga nesta análise. De acordo com Kwo, existem três princípios básicos que é necessário seguir no design do sistema (Groover, 2002):

(1) Regra da velocidade. Este princípio indica que a velocidade de operação tem de se encontrar entre certos limites. O limite inferior é dado pela velocidade de carga e descarga das respetivas estações, R_L e R_U respetivamente, que por sua vez são determinadas pelos sistemas externos conectados ao *conveyor*. Assim o fluxo de material tem de respeitar a Equação (2.13) (Groover, 2002):

$$\frac{n_p v_c}{s_c} \geq \text{Max}\{R_L, R_U\} \quad (2.13)$$

E o limite superior é estabelecido pelas capacidades dos operários de realizarem as tarefas de carga e descarga, definidas pelos respetivos tempos. Logo a Equação (2.14) (Groover, 2002) tem de ser respeitada:

$$\frac{v_c}{s_c} \leq \text{Min}\left\{\frac{1}{T_L}, \frac{1}{T_U}\right\} \quad (2.14)$$

Onde:

T_L é o tempo de carga (min/contentor), e

T_U é o tempo de descarga (min/contentor)

(2) Restrição de capacidade. O fluxo de material do *conveyor* deve ser no mínimo igual ao fluxo que permite acomodar *stock* e oferece o tempo necessário entre cargas e descargas devido à distância entre contentores, dado pela Equação (2.15) (Groover, 2002):

$$\frac{n_p v_c}{s_c} \geq R_f \quad (2.15)$$

R_f aqui representa o fluxo de material especificado pelo sistema.

(3) Princípio da uniformidade. Este princípio indica que as estações de carga devem se encontram igualmente espaçadas pelo comprimento do *conveyor* de forma a que durante o seu percurso os contentores não se encontram ou totalmente cheios ou totalmente vazios. A razão deste princípio é para evitar longos tempos de espera na carga e descarga dos contentores.

2.8 Sistemas de armazenamento

O armazenamento de materiais inclui uma variedade de tipos de materiais a armazenar, em que cada tipo requer uma solução diferente. O processo de armazenagem por norma é realizado de forma pouco eficaz, quer tendo em conta os recursos humanos, o espaço utilizado ou o controlo. É, principalmente, nesta área que os sistemas automáticos podem trazer grandes benefícios e melhorar a eficiência do processo (Groover, 2002).

Indicadores de performance para armazenamento podem ser: capacidade de armazenamento, densidade, acessibilidade, *throughput*. Para soluções automatizadas ainda inclui: utilização e fiabilidade (Groover, 2002).

Soluções automáticas para este tipo de processos incluem sistemas AS/RS.

Normalmente são usados em aplicações onde: existe um grande volume de material a movimentar, a densidade de armazenamento é um fator importante, não é adicionado valor no processo e a precisão é um fator fundamental.

A Material Handling Institute of America (MHIA) dividiu sistemas AS/RS em duas categorias: corredor fixo e Carrosséis/*Vertical Lift Modules* (VLM). Um sistema fixo é por norma um sistema de maior dimensão, enquanto carrosséis e VLM são mais utilizados para aplicações de média ou pequena dimensão (Groover, 2002).

Sistemas fixos: *stacker crane* ou *shuttle technology*

Stacker crane é utilizado em sistemas de armazenamento de grandes dimensões, de paletes ou contentores. Consiste numa grua, por corredor, com movimento horizontal e vertical, que, aliado a um sistema, por norma também automático, de fornecimento de material, armazena-o automaticamente. A grua tem capacidade para mover até duas unidades de carga ao mesmo tempo, aumentando assim o *throughput*. O armazenamento também pode ser aleatório ou dedicado. Se for aleatório é possível poupar no espaço necessário ao sistema de armazenamento, mas, em contrapartida, perde-se no *throughput*.

Shuttle technology funciona com transportadores de unidade de carga automáticos, instalados normalmente um por nível de altura por corredor. Similarmente ao *stacker crane* pode funcionar com paletes ou contentores.

Outra tecnologia desenvolvida mais recentemente é o *autostore*. Esta solução fornece um *throughput* elevado aliado a um nível de serviço muito elevado. Especializado em armazenamento de caixas, este sistema é ideal para encomendas individuais como o e-commerce.

A maior vantagem do *shuttle technology* e do *autostore* é a flexibilidade destas soluções em relação à carga de trabalho. Consoante a carga de trabalho facilmente se adicionam ou retiram os robôs responsáveis pela recolha das unidades de carga para igualar a procura.

Os VLM são bastante flexíveis na utilização do espaço em armazém. Como são módulos individuais, podem ser implementados no sistema sem grandes alterações. Como são construídos em altura otimizam o espaço disponível no armazém. Além de pouparem espaço, aumentam o *throughput* e a precisão.

Carrosséis podem ser classificados como horizontais ou verticais. São sistemas de uma série de contentores, normalmente por três de altura, montados em espiral. Podem ser operados manualmente, através de um pedal ou interruptor, por exemplo, ou operados por computador. No sistema automático, após colocada uma ordem, o carrossel roda pelo caminho mais curto até atingir a posição do material necessário. Aliado a um sistema de *pick to light*, o utilizador retira o material necessário e o carrossel passa para o próximo pedido.

Todas estas soluções têm em comum o método de recolha, *goods to person*, que consiste em trazer os produtos para os operários invés de serem os operários a ir buscar os produtos. Isto diminui drasticamente tempos e aumenta o *throughput*.

Análise de sistemas AS/RS

Dimensionamento do sistema

Para o cálculo do *throughput* do sistema AS/RS é, primeiro, necessário dimensionar o sistema, determinar largura, comprimento e altura de um corredor. Estas características dependem das dimensões da unidade de carga e do número de compartimentos. Assim estão representadas pelas Equações (2.16) (Groover, 2002):

$$\begin{aligned} W &= 3(x + a) \\ L &= n_y(y + b) \\ H &= n_z(z + c) \end{aligned} \tag{2.16}$$

Onde:

n_y corresponde ao número de lugares ao longo do comprimento, e

n_z corresponde ao número de lugares ao longo da altura

Em que x, y e z representam as dimensões da unidade de carga e a, b e c representam as folgas, nas respetivas direções.

Throughput

Os sistemas AS/RS podem ser divididos pela forma como funcionam: ciclo de comando simples ou duplo. Para o ciclo de comando simples, assume-se que a carga a depositar e retirar encontra-se localizada no centro do sistema, como sugerido na Figura 12 (a) (Groover, 2002). Assim, o

cálculo do tempo de ciclo do comando simples do sistema vem dado pela Equação (2.17) (Groover, 2002):

$$T_{cs} = 2 \text{Max} \left\{ \frac{0,5L}{v_y}, \frac{0,5H}{v_z} \right\} + 2T_{pd} = \text{Max} \left\{ \frac{L}{v_y}, \frac{H}{v_z} \right\} + 2T_{pd} \quad (2.17)$$

Onde:

T_{cs} é o tempo de ciclo para um ciclo de comando simples (min/ciclo),

L é o comprimento do sistema AS/RS (m),

v_y é a velocidade da máquina S/R ao longo do comprimento (m/min),

H é a altura do sistema (m),

v_z é a velocidade da máquina S/R ao longo da altura (m/min), e

T_{pd} é o tempo de recolha e depósito (min)

São necessários dois tempos destes, T_{pd} , por ciclo, um para recolher a carga para a máquina S/R e outro para libertar essa carga.

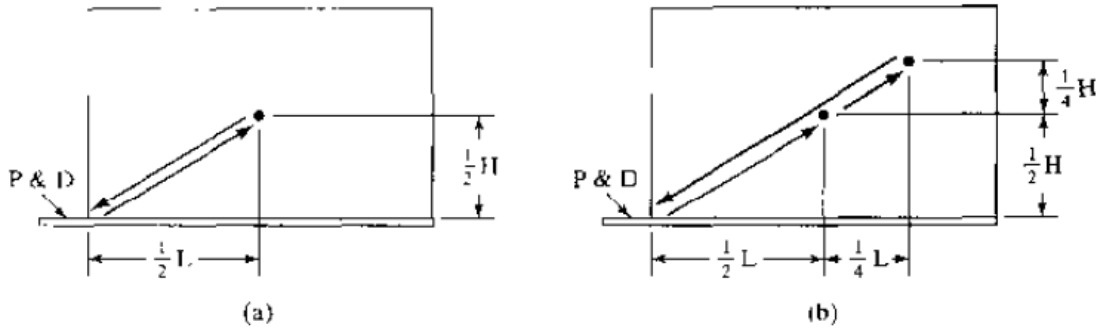


Figura 12 – Trajetória da máquina S/R para um ciclo simples (a) e ciclo duplo (b) in Groover (2002)

Para um ciclo de comando duplo, a máquina viaja até ao centro do sistema para depositar uma carga e volta a viajar até $\frac{3}{4}$ do comprimento e altura do sistema para retirar outra carga, como se encontra representado na Figura 12 (b). Assim o cálculo do tempo de ciclo duplo vem dado pela Equação (2.18) (Groover, 2002):

$$T_{cd} = 2 \text{Max} \left\{ \frac{0,75L}{v_y}, \frac{0,75H}{v_z} \right\} + 4T_{pd} = \text{Max} \left\{ \frac{1,5L}{v_y}, \frac{1,5H}{v_z} \right\} + 4T_{pd} \quad (2.18)$$

Onde:

T_{cd} é o tempo de ciclo para um ciclo de comando duplo (min/ciclo)

O *throughput* do sistema depende da percentagem de ciclos duplos e simples que o sistema executa.

Com a implementação de uma categorização por classes em sistemas AS/RS é possível ter uma melhoria no *throughput* até 25%.

Análise de Carrosséis

Capacidade

A circunferência do carrossel é dada pela Equação (2.19) (Groover, 2002):

$$C = 2(L - W) + \pi W \quad (2.19)$$

Onde:

C é a circunferência do carrossel em oval (m),

L é o comprimento (m), e

W é a largura dessa oval (m)

A capacidade depende do número e tamanho dos contentores no sistema. Assumindo contentores com dimensões standard, como ilustrado na Figura 13, o número de contentores pode ser utilizado como medida de capacidade, dado pela Equação (2.20) (Groover, 2002).

$$N^{\circ} \text{ total de contentores} = n_c n_b \quad (2.20)$$

Onde:

n_b representa o número de contentores por carrier, e

n_c representa o número de carriers ao longo do perímetro do conveyor

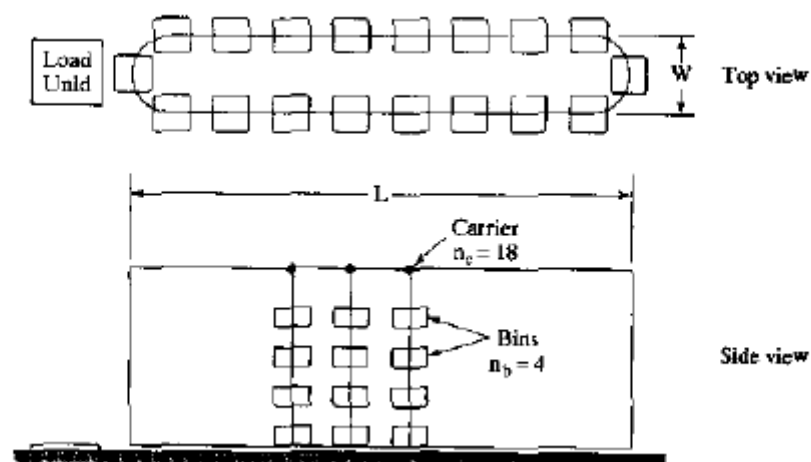


Figura 13 – Vistas de um carrossel com 18 carriers e 4 contentores in Groover (2002)

Como existe espaçamento entre os contentores, o número de corredores de contentores tem de cumprir a Equação (2.21) (Groover, 2002):

$$s_c n_c = C \quad (2.21)$$

Onde:

C é a circunferência (m),

s_c é o espaçamento entre carriers (m/carrier), e

n_c é o número de carriers, que tem de ser um inteiro

Throughput

Para o cálculo do *throughput* de carrosséis assumem-se ciclos simples, onde se acede ao contentor para depositar materiais para armazenamento ou para retirar um ou mais produtos. Também são ignoradas acelerações, o carrossel funciona a velocidade constante. É utilizado armazenamento aleatório, qualquer lugar no carrossel tem a mesma probabilidade de ser escolhido. Por fim, o carrossel pode-se mover em qualquer sentido. Segundo esta última afirmação, pode ser mostrado que a distância média entre a estação de carga/descarga e um contentor selecionado aleatoriamente é $\frac{C}{4}$ (Groover, 2002). Assim o tempo de ciclo pode ser calculado pela Equação (2.22) (Groover, 2002)(2.22).

$$T_c = \frac{C}{4v_c} + T_{pd} \quad (2.22)$$

Onde:

T_c = tempo de ciclo do S/R (min),

C = circunferência do carrossel (m), dada pela equação (2.19),

v_c = velocidade do carrossel (m/min), e

T_{pd} = tempo médio de recolha ou depósito de material efetuada pelo operador na estação de carga/descarga, por ciclo (min)

O número de transações efetuadas por hora é dado pela Equação (2.23) (Groover, 2002).

$$R_t = R_c = \frac{60}{T_c} \quad (2.23)$$

2.9 Equipamento para normalizar cargas

Devido à quantidade de diferentes materiais a transportar, para facilitar as operações de manuseamento de material é necessário organizar os produtos em unidades standard. Existem três unidades de carga standard: paletes, caixas e contentores (Groover, 2002). Além desta divisão ainda existem dimensões *standard* para cada tipo de unidade de carga, reguladas pelas normas europeias de forma a facilitar o transporte entre países, por exemplo: EURO-paleta (ISO 445:2013).

2.10 Sistemas de identificação e localização

O manuseamento de material requer uma forma de identificação e localização para se manter o contacto com os produtos em qualquer momento. Normalmente isto implica afixar uma etiqueta ao material como forma de identificação. Esta etiqueta costuma ser um código de barras ou um RFID, *radio frequency tag*. A vantagem dos RFID é que guardam mais informações do que o código de barras.

Código de barras

Os códigos de barras podem conter informação relativamente ao nome do produto, número de lote, data de produção, número de ordem, número de série, etc.

RFID

As *tag* podem conter informação como o número de produtos, o seu valor, quando é que um produto viajou de um lugar para outro, etc.

Num armazém, para localizar todos os materiais em inventário, é esperado encontrar códigos de barras a identificar inventário individual e produtos e *RFID* a identificar paletes e contentores (Groover, 2002).

2.11 Registo automático de dados

Registo automático de dados refere-se à tecnologia que, sem a intervenção humana, é capaz de armazenar dados num sistema de controlo. Existem inúmeras aplicações no manuseamento de material que podem tirar partido desta tecnologia, como: transporte e receção, armazenamento, ordenação e *order picking*.

Existe uma série de desvantagens associadas ao registo manual que são facilmente ultrapassadas com o uso desta tecnologia, tais como:

- Erros, tanto a recolher dados como a processá-los
- Tempo, existe sempre um atraso entre as atividades e o registo na base de dados
- Custo laboral, são necessários operários para fazer este registo

Os componentes necessários para o registo automático de dados passam por: dados codificados, leitor ou scanner e decodificador. Os dados codificados armazenam vários tipos de informação e posteriormente são lidos por um scanner que transforma os dados em sinais elétricos que por sua vez são decodificados de volta a dados digitais e caracteres alfanuméricos (Groover, 2002).

3 Automação nos armazéns da Rangel

A empresa Rangel tem várias operações com dimensões diferentes em que cada uma requer uma solução única. No entanto existem operações que não se encontram completamente otimizadas ou existe oportunidade para melhoria. Uma das soluções possíveis passa pela automação. Apesar de existente em algumas dessas operações há, ainda, um maior potencial para a automação, enquanto outras operações carecem significativamente deste tipo de melhorias.

3.1 Descrição das operações logísticas

A Rangel opera em várias áreas do país, mantendo várias operações tanto no Norte como no Sul. O armazém das Guardieiras, onde se encontram vários clientes, e o armazém da Correos Express situam-se ambos no Norte na região de Ermesinde. As operações de maiores dimensões, como a Pharma, a Tabaqueira e a Samsung, encontram-se no Sul, na região de Montijo.

3.1.1 Guardieiras

Um dos casos mais problemáticos é o armazém das Guardieiras que, por também ser um dos mais antigos, não possui um elevado nível de automação. Um dos maiores problemas neste armazém é a utilização de papel, nomeadamente no *picking*. O sistema também não fornece ordens de *picking*, por isso pode existir perda de tempo nas deslocações.

Como existem vários clientes com produtos diferentes a operar neste armazém existe uma grande diversidade de materiais. A agravar esta situação ainda existe uma grande variedade de produtos de limpeza armazenados sem unidade de carga, dificultando a automatização do processo de armazenamento e *picking*.

Neste caso o mais aconselhável é melhorar o sistema WMS e eliminar completamente o uso de papel. E, num futuro próximo, considerar um sistema de *picking-by-light* e embalagem automática se o número de encomendas o justificar.

3.1.2 Correos Express

Esta operação funciona na base de *cross-docking*. As encomendas, neste caso, de pequenas dimensões, entram no armazém e não são armazenadas, atravessando diretamente para a expedição. Com a implementação de um *sorter* foi possível automatizar o processo de separação de encomendas, aumentando o *throughput* e diminuindo custos. Existe espaço para melhoria no processo de *outbound*, onde os operários utilizam carros logísticos para realizar o deslocamento até às zonas de expedição. Este esforço físico pode ser substituído por um sistema de *conveyors* ou, na falta de espaço, por um conjunto de AGV. No entanto, dado as distâncias curtas dos trajetos, os ganhos podem não compensar o investimento.

3.2 Montijo

As operações no Montijo estão divididas em três armazéns distintos, em que em cada um decorrem operações completamente diferentes. Existe a operação da Pharma, responsável por produtos farmacêuticos, a operação da Tabaqueira, responsável por vários tipos de produtos e a operação da Samsung responsável por todo o tipo de equipamento eletrónico.

3.2.1 Operação Pharma

A operação da Pharma é uma operação típica, onde os produtos chegam em paletes, são armazenados e posteriormente, consoante as ordens de reposição, são levados para a zona de

picking. equipado com um sistema de *picking-by-light* aliado a um conjunto de *conveyors* e *sorters*. O processo de *picking* encontra-se bastante automatizado e otimizado, equipado com um sistema de *picking-by-light* aliado a um conjunto de *conveyors* e *sorters*. No processo *inbound*, o transporte das paletes desde o caminhão até à zona de verificação é realizado por um empilhador, que pode ser substituído por um sistema de *conveyors*, se existir espaço para tal. Posteriormente, após ser realizada a verificação dos produtos, outro empilhador realiza o armazenamento das paletes. Num futuro próximo, a implementação de um sistema AS/RS para armazenar automaticamente as paletes e reabastecer a unidade de *picking* deve vir a ser considerado, eliminando a necessidades destes dois empilhadores. Para se reduzir custos do processo de *outbound* a longo prazo, pode ser considerada a instalação de robôs paletizadores para substituir o trabalho manual e repetitivo desta tarefa e a instalação de AGV na expedição destas paletes.

No processo de *inbound* desta operação é necessário verificar os produtos farmacêuticos um a um e efetuar o scan do seu código de barras. Além disso, como é feita por um só operário, esta tarefa acaba por exigir uma grande quantidade de tempo. É possível que existam robôs capazes de realizar essa tarefa num menor espaço de tempo, contudo o custo de investimento em tal tecnologia poderia não compensar os ganhos a longo prazo.

3.2.2 Operação Tabaqueira

Nesta operação os produtos são armazenados à caixa ao nível do chão e à palete nas prateleiras superiores. Atualmente são utilizados *carriers* auxiliados com um sistema *picking-by-light* para realizar a recolha no processo de *picking*. A utilização de um sistema do tipo *shuttle technology* para caixas poderia aumentar significativamente o *throughput*, diminuir custos e diminuir o número de erros. As paletes poderiam ser armazenadas com um conjunto de *conveyors* e um sistema AS/RS.

Na deslocação das paletes no *outbound* são utilizados porta-paletes convencionais. O uso de AGV ou porta-paletes automáticos poderia ser considerado para substituir este trabalho manual.

No entanto, como nesta operação é necessário a verificação e recontagem obrigatória dos produtos numa fase posterior de *picking*, antes de embalagem, esta tarefa acaba por consumir muito tempo e torna-se no *bottleneck* da operação. Por esta razão a implementação de tecnologia a montante ou jusante deste ponto, apesar de reduzir custos de mão de obra, não gera ganhos em termos de *throughput*, podendo criar acumulação de material a montante desta estação. Robôs poderiam realizar esta tarefa, mas para aumentar o *throughput* o investimento necessário deve ser significativo.

3.2.3 Operação Samsung

A unidade de carga principal desta operação é a palete. Por isso, existem muitas deslocações fixas de empilhadores que podem ser substituídas por um sistema de *conveyors* eficiente. Auxiliados a um sistema AS/RS, por exemplo *stacker crane*, o *throughput* da operação poderia aumentar significativamente, se necessário.

Nesta operação, são utilizados dois tipos diferentes de paletes, com dimensões diferentes, portanto o sistema automatizado teria de distinguir estes dois tipos e atribuir cada um ao seu respetivo lugar.

A tarefa de embalagem das caixas pode ser facilmente automatizada reduzindo custos de mão de obra.

3.3 Oportunidades de automação

Dado o historial da empresa é compreensível que alguns métodos e ideologias estejam ultrapassados. É importante entender a perspetiva dos funcionários em relação aos processos onde intervêm e em relação à automação.

O grande problema da empresa em relação à automação é não ter um plano, ou uma estratégia, específico para a implementação deste tipo de sistemas. Além disso, não existe maneira de perceber antecipadamente se o investimento a realizar será benéfico para a empresa, ou seja, se terá retorno ou não, e quanto tempo será necessário para recuperar esse investimento. Também não existe nenhuma equipa ou pessoa dedicada, unicamente, a este tipo de soluções. Para o sucesso das soluções automáticas é importante existir alguém que perceba os desafios das soluções e lidere o projeto em bom rumo.

No capítulo seguinte serão abordadas estas questões e será apresentada uma proposta para a solução destes problemas.

4 Soluções Propostas

Foram realizados dois estudos para avaliar as vantagens e desvantagens da automação, além das dificuldades na sua implementação. Foram definidos os passos para a correta aquisição de soluções automáticas e foi desenvolvido um mapa de processos para estabelecer os processos e tarefas de uma operação *standard* e identificar as tarefas com potencial para ser automatizadas. Posteriormente, foi desenvolvido um programa para servir como ponte para o ficheiro Excel, onde se encontram os resultados do retorno dos investimentos das soluções.

4.1 Perceção da logística e da automação

É importante que todos os responsáveis pelo sucesso das operações tenham uma boa perceção da logística e uma mente aberta em relação à automação, percebendo os benefícios que esta pode trazer para o seu trabalho.

4.1.1 Estudo I

O objetivo deste estudo foi perceber o grau de automatização dos processos a decorrer na empresa e as maiores dificuldades da automação. Este estudo aborda tópicos como a consciência dos funcionários para a automação e os problemas e dificuldades relacionados com a automação.

O estudo decorreu nas instalações da Rangel, nomeadamente nos armazéns logísticos do Montijo, no armazém das Guardieiras, no armazém de *cross-docking* na Maia e no armazém da Correos Express. Na primeira visita foram realizadas observações diretas e entrevistas não estruturadas aos funcionários das instalações. Durante esta visita, em cada armazém, houve um guia, bastante familiarizado com as operações, que acompanhou pelos processos desde a chegada dos materiais ao armazém até à sua expedição. Na segunda visita foram realizadas entrevistas semiestruturadas e questionários a vários funcionários de cada armazém. Estes questionários serviram para adquirir dados de natureza quantitativa e continham, na maior parte, perguntas de resposta múltipla, além de algumas perguntas de resposta aberta.

É importante realçar que, devido ao estado de pandemia, não foi possível visitar todas as operações, nomeadamente Bosch, que é uma das operações com um maior nível de automação. O presente estudo baseia-se nas operações no armazém do Montijo, das Guardieiras e da Correos Express.

4.1.2 Estudo II

O estudo II concentra-se na perceção da logística. Tendo em conta que esta é uma empresa de logística pura, todos os envolvidos nas operações têm uma boa perspetiva da logística, dos seus benefícios e do seu potencial. Por isso, este estudo é direcionado aos operários da empresa, visto que também é importante que tenham uma boa perceção da logística e da sua implicação no seu trabalho.

É natural que alguns métodos e ideologias sejam um pouco desatualizadas. É importante perceber se a empresa adotou novas ideologias ao longo do tempo ou se continuam a utilizar métodos antigos menos eficientes.

O inquérito realizado aborda os temas dos dois estudos. Respondeu ao inquérito um total de 24 funcionários das diversas operações. Os resultados obtidos dos inquéritos vieram confirmar os problemas relacionados com a automação. De acordo com os dados recolhidos foi possível elaborar o gráfico da Figura 14.

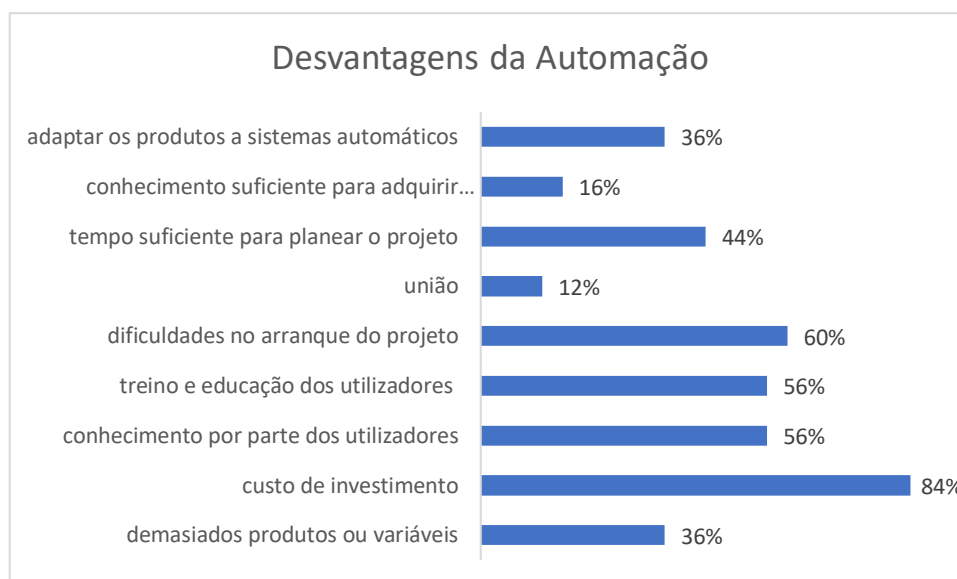


Figura 14 - Gráfico das desvantagens da automação

Cerca de 84% dos inqueridos concordaram que a maior desvantagem da automação é o seu custo de investimento, imediatamente seguido pelas dificuldades no arranque do projeto, 60%. Problemas com a falta de conhecimento da tecnologia foram pouco mencionados, apenas 16%. Aspectos como a perturbação do ambiente de trabalho não entraram nas maiores desvantagens da automação (união, 12%), mas foram mencionados algumas vezes posteriormente.

Também como esperado apenas os funcionários envolvidos nas operações da Pharma e da Correos avaliaram o nível de automação na sua operação como um “bom grau de automatização”.

Foi pedido para anotarem os processos onde poderia existir espaço para melhoria e os resultados foram os esperados. Na operação da Pharma referiu-se, mais que uma vez, que a tarefa mais morosa é a verificação dos produtos no *inbound*. Na operação da Samsung foram mencionados alguns problemas com a movimentação de paletes no armazém. A operação da Correos referiu quase nenhum problema, o que, também, se encontra de acordo com as observações efetuadas.

4.2 Processo para a aquisição de automação

A implementação de nova tecnologia advém de uma mentalidade de *push* ou de *pull*. Normalmente a decisão é feita pela administração e começa aí o processo de pesquisa e escolha das soluções, um processo *push*, ou então, surge um problema nas operações e a solução para ultrapassar este problema passa pela aquisição de novas soluções automatizadas, *pull*.

“É importante referir que o uso de automação por si não garante resultados positivos. A tecnologia errada, ou mesmo a tecnologia correta mal implementada podem levar a resultados negativos” (Baines, 2004). A chave para o sucesso da automação passa por achar, selecionar, adquirir e implementar o tipo e o nível correto de automação em função das necessidades, objetivos e pré-requisitos da empresa (Baines, 2004; Ceroni, 2009; Daim and Kocaoglu, 2008; Spath et al., 2009).

“Em relação ao processo de escolha de automação, foi concluído que uma das razões principais para a falha do projeto de automação é a definição irrealista de objetivos ou a sua não definição” (Frohm, 2008).

Na aquisição de soluções automáticas existe uma série de procedimentos, já previamente estudados e definidos por Tim Baines que podem servir de apoio para o processo de escolha e

implementação. Existem técnicas que permitem um melhor conhecimento da tecnologia existente, como “*technology tracking*” (Floyd, 1997), “*technology forecasting*” (Twiss, 1986) e “*technology road mapping*” (Baker and Smith, 1995).

O estudo realizado por Tim Baines define nove passos que podem e devem ser seguidos de forma a garantir o sucesso do projeto:

Passo 1: Perfil da tecnologia

Este passo deve ser tido em conta não só no momento da aplicação de uma nova tecnologia, mas continuamente no dia-a-dia da empresa. Existem variadas formas de identificar uma nova tecnologia, e o seu conhecimento pode surgir não só dentro como fora da empresa. O sucesso do sistema depende do conhecimento das pessoas envolvidas. Assim, essa procura deve ser contínua e a introdução de *workshops* é recomendada para identificar oportunidades para o uso de nova tecnologia.

Passo 2: Estabelecer os requisitos da tecnologia

Independentemente do método de aquisição de tecnologia o objetivo é esclarecer como é que a tecnologia tem de funcionar de forma a beneficiar o cliente. São propostas três tarefas, sendo a primeira definir o objetivo competitivo, onde é formulado uma afirmação acerca do tipo de melhoria procurada. A segunda tarefa é juntar uma equipa de projeto. A terceira tarefa é, dentro desta equipa, definir os objetivos competitivos da empresa e, assim, os requisitos da tecnologia.

Passo 3: Encontrar uma solução tecnológica

Uma vez que os requisitos da tecnologia estão estabelecidos pode começar a procura por uma tecnologia com as capacidades necessárias. Se o projeto começou com uma iniciativa *push*, este passo acaba por ser um exercício de confirmação. Se não, será preciso uma revisão do passo 1 para identificar o tipo de tecnologia necessário para satisfazer os objetivos competitivos identificados no passo 2.

Este passo é dividido em duas tarefas. Procura e escolha da tecnologia. Sem dúvida, a natureza da atividade de procura será dependente da maturidade da tecnologia (Floyd, 1997). No final deste passo está estabelecida a solução tecnológica e as possíveis alternativas.

Passo 4: Definir o objetivo do projeto

Neste ponto são definidas as potenciais diferenças entre as capacidades tecnológicas e o objetivo competitivo e avaliar a continuidade do projeto. Aqui é atingido um ponto de decisão. É necessário apresentar a estrutura do caso para obter a aprovação do projeto. Como em todos os pontos de decisão, o projeto só deve avançar se este aspeto for aprovado.

Passo 5: Escolher a fonte da tecnologia

Aquisição de tecnologia não está diretamente relacionada com compra. A tecnologia pode ser adquirida interna ou externamente à empresa. Em adição, é necessário desenhar uma linha que distingue posse de conhecimento e posse de ativos (Quinn e Hilmer, 1994). Dependendo da dimensão do projeto esta aquisição pode ser feita através de alianças ou colaborações entre organizações, que podem facilitar as vantagens oferecidas pela tecnologia.

Existem duas tarefas a realizar: procura por fornecedores da tecnologia, seguida pela escolha de um desses fornecedores. Esta escolha deve ser baseada em conhecimentos dos riscos e benefícios de *outsourcing*, como a perda do controlo em relação ao conhecimento e capacidades da tecnologia. Aqui atinge-se o segundo ponto de decisão: escolher o fornecedor.

Passo 6: Demonstrar a tecnologia

Este passo é responsável por desenvolver a tecnologia até ao ponto que é capaz de confirmar os objetivos competitivos iniciais. No caso de a tecnologia ser recente pode ser construída uma instalação dedicada a avaliar a tecnologia através de pequenos testes. No caso de a tecnologia ser madura, estes testes podem ser observados no fornecedor (Harrold, 2003). Outro ponto de decisão é atingido: confirmar as capacidades da tecnologia.

Passo 7: Confirmar o projeto (caso de negócios)

O projeto tem de ser completamente desenvolvido e avaliado. Este passo será uma ponderação detalhada entre as capacidades da tecnologia e a as necessidades do negócio. Muitas das ferramentas e técnicas utilizadas no passo 4 serão aplicadas de novo. O foco agora é proceder à aquisição da tecnologia, onde serão avaliados os aspetos financeiros, como fluxos de caixa descontados (Twiss, 1986). Também é importante ter em conta riscos como a obsolescência inesperada. O argumento económico torna-se mais complexo quando se considera como é que a tecnologia pode melhorar a posição competitiva da empresa (Ramasesh e Jayakumar, 1993). “Este processo não defende uma única abordagem, mas sim uma prática antecipada dos procedimentos financeiros da empresa.”

Passo 8: Implementar a tecnologia

Existem muitos problemas relacionados com a implementação da tecnologia. Considerando as atividades principais neste passo, são sugeridas duas tarefas. A primeira tarefa é criar um plano de implementação. Este plano deve ser extenso, cobrindo aspetos como: saúde e segurança, serviços, instalação, treino, logística, preparação das instalações. A segunda tarefa consiste na execução do plano, nomeadamente a instalação e teste pré-arranque, que cobre problemas como testes a máquinas e a entrega da tecnologia. Atinge-se o ponto de decisão final: entrega da tecnologia à equipa de operações. Técnicas de melhoria de qualidade, podem ajudar os engenheiros a aperfeiçoar as aptidões do equipamento, juntamente com ferramentas de análise estatística, como medir a capacidade do processo (Cpk).

Passo 9: Auditoria

O objetivo deste passo final é ajudar a organização a aprender com esta aquisição para outras implementações futuras similares. Técnicas de medição e *benchmarking* (Floyd, 1997) podem ajudar a confirmar o sucesso relevante da tecnologia. Esta informação pode ser enviada de volta para a empresa para melhorar procedimentos como a avaliação de investimentos.

Para identificar a origem da tecnologia é necessário ter em consideração fatores como a maturidade da tecnologia, a sua importância para o negócio e as características do fornecedor.

É muito importante ter uma pessoa responsável pelos projetos de automação, líder de projeto, que entenda como é que as soluções implementadas funcionam e saiba como ultrapassar os problemas, a curto e longo prazo, que estas possam causar. Também é importante estar

constantemente a par das soluções que o mercado apresenta, visitas a feiras de tecnologia por exemplo, são essenciais (Baines, 2004).

As estratégias de automação, além de servirem de guia para a implementação de soluções automáticas, têm de conter um plano de longo prazo para o correto uso da mesma.

Esta implementação, tem de ser baseada tanto nos problemas de fator humano como em literatura. Só assim é possível ter em consideração tanto a perspetiva humana, sobre a automação, como as soluções técnicas.

“Resultados empíricos em diferentes países indicam que decisões automatizadas, que de acordo com a teoria deveriam ser baseadas em factos sólidos e estratégias bem definidas, muitas vezes são baseadas em sentimentos e intuição” (e.g. Säfssten, 1998; Sambasivarao and Deshmukh, 1995).

4.3 Ferramenta de análise de soluções automáticas

O objetivo final deste projeto consiste no desenvolvimento de uma ferramenta que permita analisar os processos logísticos, atuais e futuros, na empresa Rangel. Esta ferramenta terá de, independentemente do processo analisado, fornecer uma solução quanto ao grau de automatização desse processo. Além disso, terá de ser capaz de quantificar o lucro para a empresa, indicar o tempo de retorno do investimento e especificar as dificuldades esperadas nessa implementação. As variáveis de saída serão: grau de automatização, lucro, tempo de retorno do investimento e dificuldades esperadas na implementação da solução.

Para desenvolver tal ferramenta, é necessário um forte conhecimento dos processos da Rangel, das soluções existentes no mercado e das suas vantagens ou desvantagens, e das estratégias de implementação de automação.

Como os processos da Rangel são muito extensos e de muitas formas diferentes uns dos outros, exigem uma abordagem individualizada. Processos de análise de encomendas de *e-commerce* nada têm em comum com processos de armazenamento de materiais. Foi necessária uma clara definição dos processos alvo desta ferramenta. Chegou-se à conclusão que seria mais rentável para a empresa que esta ferramenta analisasse os processos de manuseamento de material, ou seja, todos os processos desde o fornecedor até ao cliente final que envolvessem deslocar material: transporte, armazenamento, *picking*, etc...

Estes processos foram divididos em duas categorias: transporte e armazéns. Após pesquisa bibliográfica de soluções, chegou-se à conclusão de que para a categoria de transporte existem poucas soluções automáticas e esta tecnologia encontra-se numa fase pouco madura e pouco desenvolvida.

Quando nos deparamos com tecnologia pouco desenvolvida, existem duas abordagens: tomar a iniciativa e tentar desenvolver essa tecnologia ou aguardar que soluções mais avançadas cheguem ao mercado. Visto que se trata de camiões autónomos, o investimento necessário para desenvolver tal tecnologia seria muito elevado que, aliado à falta de conhecimento por parte da empresa em relação a esta área, é inviável. Assim, o mais correto, e o esperado, é aguardar que soluções mais maduras atinjam o mercado.

Em contrapartida, para os armazéns existe um elevado número de soluções. Independentemente do grau de automatização já existem soluções para otimizar qualquer processo de manuseamento de material dentro de um armazém. Contudo, o processo de escolha de uma solução não é fácil, pois existem inúmeras variáveis que transformam um processo com potencial para ser completamente automático num processo semiautomático, ou até manual, sendo uma das mais óbvias o investimento inicial.

A primeira decisão a tomar, relativamente ao desenvolvimento da ferramenta, foi escolher o programa ideal para atingir o objetivo. O ideal seria alcançar um programa que, posteriormente, interagisse com o sistema informático da empresa. Foram escolhidos o Excel e o Visual Basic, como auxiliar no armazenamento e recolha de dados.

Depois, foi feita uma divisão das soluções existentes, por sub-tarefa, em função de dois graus de automação principais: total e semi. Esta informação é necessária para o Form Ferramenta do programa, explicado no sub-capítulo 4.3.1.

Era necessário identificar todas as tarefas e sub-tarefas de uma operação standard, e, para isso, foi desenvolvido um mapa de processos.

4.3.1 Mapa de Processos

De forma a melhor entender o nível de detalhe e a obter uma visão clara dos processos de manuseamento de material, desenvolveu-se um mapa de processos de uma operação normal, dividida pelos três processos comuns: *inbound*, armazenamento e *outbound*, como representado na Figura 15.

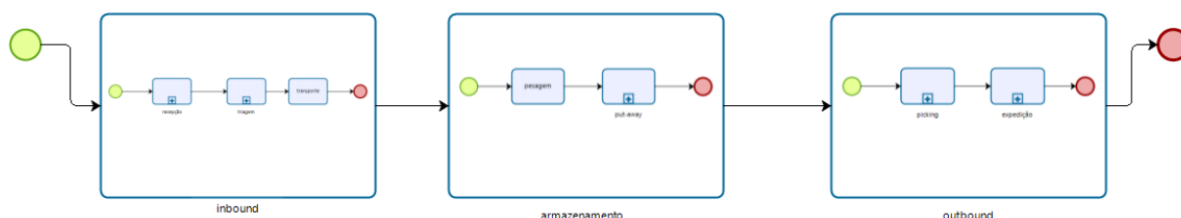


Figura 15 - Mapa de Processos

Este mapa de processos permite identificar as tarefas e sub-tarefas com maior aptidão para serem automatizadas, encontradas em maior detalhe no Anexo B. Este passo é necessário para identificar o equipamento que melhor efetua essas tarefas.

4.3.2 Aplicação informática

Foi desenvolvido uma aplicação informática para servir como base de dados e interface da empresa, assim como ponte para o ficheiro Excel. Nesta aplicação é possível gerir a base de dados das operações, processos, tarefas e equipamentos, adicionando ou eliminando elementos desejados. O programa também calcula e atualiza automaticamente o valor do equipamento e dos custos por operação e por processo no Excel, em função da informação no sistema.

Existem neste momento, sete base de dados com informação relativamente a: operações, processos, custos dos processos, tarefas, equipamento por tarefa, equipamento existente e grau de automatização, sendo possível, no futuro, adicionar mais informação.

As bases de dados que não são relacionadas com as operações diretamente, como o grau de automação do equipamento e o equipamento existente no mercado, são alteradas fora do programa.

O utilizador pode interagir com o programa através de Forms. Existe uma Form Principal que dá acesso às restantes forms do programa: Form Operações, Form Processos, Form Custo dos processos, Form Tarefas, Form Ferramenta e Form Documentos.

Form Principal

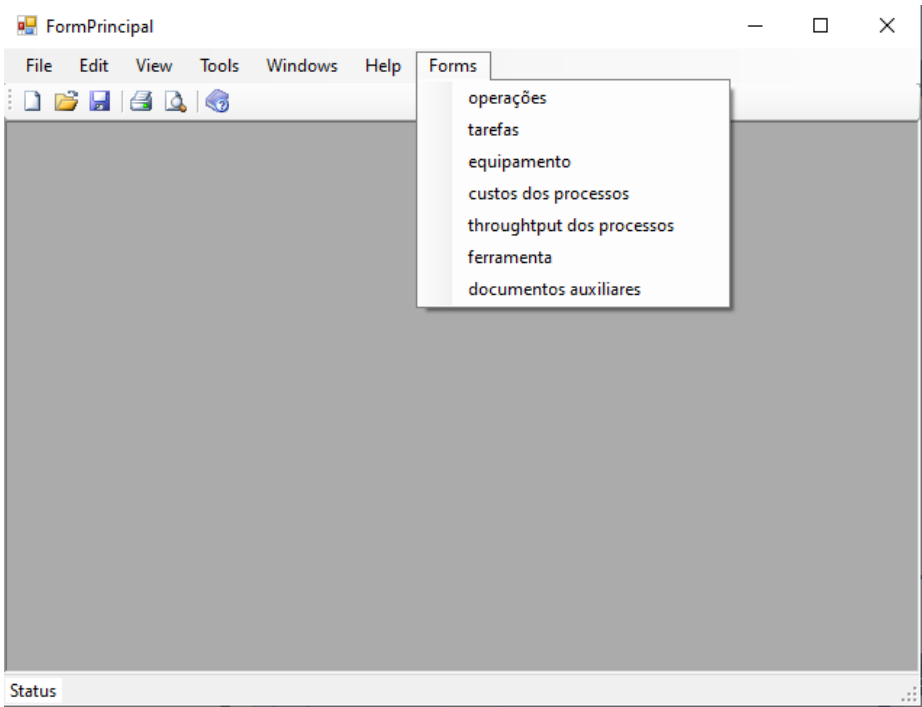


Figura 16 - Form Principal

Este Form, representada na Figura 16 serve como plataforma onde é possível visualizar e percorrer todos os Forms do programa.

Form Operações

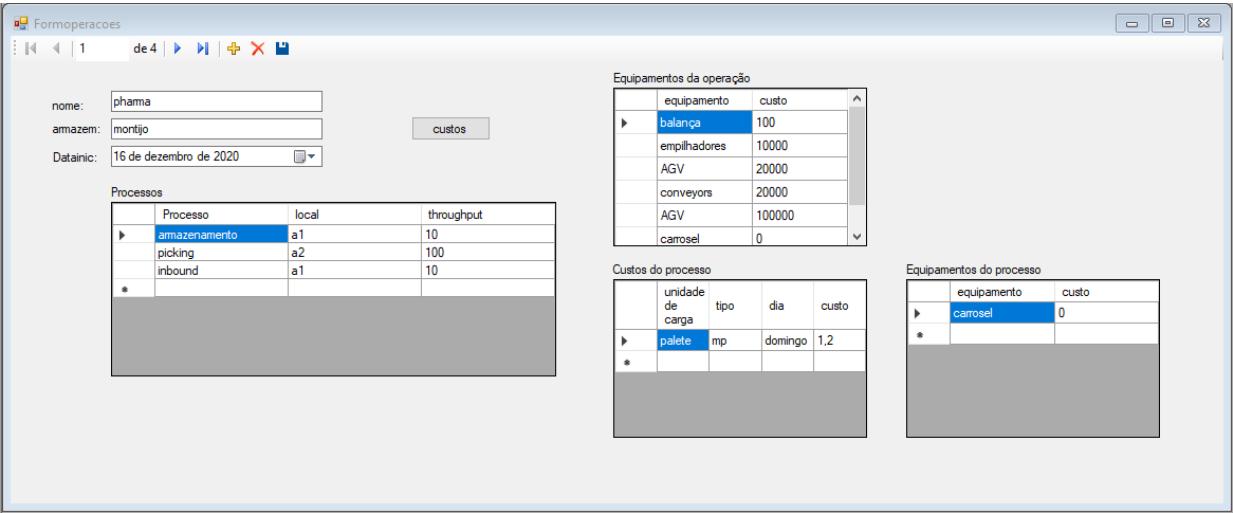


Figura 17 - Form Operações

Nestea Form, Figura 17, além de ser possível adicionar e eliminar operações da empresa, é possível consultar os processos, tarefas e equipamento existente de cada operação. Aqui,

também é possível consultar o respetivo ficheiro Excel da operação através do botão “custos”, que abre automaticamente o ficheiro Excel existente na pasta do projeto.

Form Processos

The screenshot shows a software window titled 'Formprocessos'. On the left, there are four input fields: 'Operacao:' with the value 'phama', 'Processo:' with 'armazenamento', 'Local:' with 'a1', and 'Throughput:' with '10'. On the right, there is a table titled 'Equipamentos'. The table has two columns: 'equipamento' and 'custo'. The first row shows 'carrocel' with a cost of '80000'. Below this, there is a row with an asterisk '*' in the first column, followed by a large greyed-out area. The window also features a toolbar at the top with navigation and action buttons.

	equipamento	custo
▶	carrocel	80000
*		

Figura 18 - Form Processos

Nesta Form, Figura 18, é possível adicionar e eliminar processos de uma dada operação. Para cada processo está associado um local e um *throughput*, sendo possível adicionar mais informação no futuro. Este valor de *throughput* é o valor que aparece no ficheiro Excel denominado de “produtividade antiga”. Também é possível consultar todo o equipamento desse processo, apresentado automaticamente na tabela auxiliar.

Form Custos dos processos

A captura de tela mostra uma janela de software intitulada 'Formcustosprocessos'. No topo, há uma barra de navegação com ícones de setas e botões de controle. Abaixo, há seis campos de entrada rotulados: 'Operacao:' com o valor 'gardeiras', 'Processo:' com 'picking', 'Unidade de carga:' com 'caixa', 'Tipo:' com 'mp', 'Dia:' com 'sabado' e 'Custo:' com '1.2'. O campo 'Custo:' está selecionado com o cursor do mouse.

Figura 19 - Form Custos dos processos

Nesta Form, apresentada na Figura 19, encontra-se a informação relativamente aos custos dos processos. Cada processo, ligado a uma operação, tem uma unidade de carga, que pode ser caixa ou palete, um tipo de material, um dia e um custo associado. É necessária esta informação porque o custo do processo varia em função de cada um destes tópicos.

Form Tarefas

A captura de tela mostra uma janela de software intitulada 'Formtarefas'. No topo, há uma barra de navegação com ícones de setas e botões de controle. Abaixo, há três campos de entrada rotulados: 'Operacao:' com o valor 'phama', 'Processo:' com 'inbound' e 'Tarefa:' com 'recepção'. O campo 'Operacao:' está selecionado com o cursor do mouse.

Figura 20 - Form Tarefas

Nesta Form, Figura 20, é possível adicionar e remover tarefas de um dado processo de uma dada operação.

Form Ferramenta

The screenshot shows a software window titled 'Formferramenta'. It contains three main sections:

- Operações:** A table with columns 'Operação' and 'Amazem'. It lists 'phama' (montijo), 'guardeiras' (guardeiras), and 'samsung' (montijo). There is an asterisk in the bottom row.
- Tarefas:** A table with columns 'Processo' and 'Tarefa'. It lists 'inbound' (recepção), 'picking' (transporte), 'expedição' (verificação), 'armazenamento' (put-away), 'inbound' (triagem), and 'inbound' (transporte). There is a scroll bar on the right.
- Equipamento:** A table with a single column 'Equipamento'. It lists 'AGV', 'conveyors' (highlighted), 'balança', and 'scanner'. There is an asterisk in the bottom row.

Below the 'Operações' table is a dropdown menu labeled 'Grau de automatização' with 'total' selected. To the right of the 'Equipamento' table is a button labeled 'adicionar'.

Figura 21 - Form Ferramenta

Esta Form, representada pela Figura 21, permite à empresa consultar o equipamento disponível a implementar, em função do grau de automação desejado e da tarefa selecionada. Posteriormente é possível adicionar esse equipamento à operação, através do botão “adicionar”, e associar, ao equipamento, o tipo de material a transportar, caixa ou palete, e o seu custo. Se um determinado equipamento já se encontrar associado a essa tarefa, será permitido alterar o seu custo ou a unidade de carga utilizada.

Form Documentos

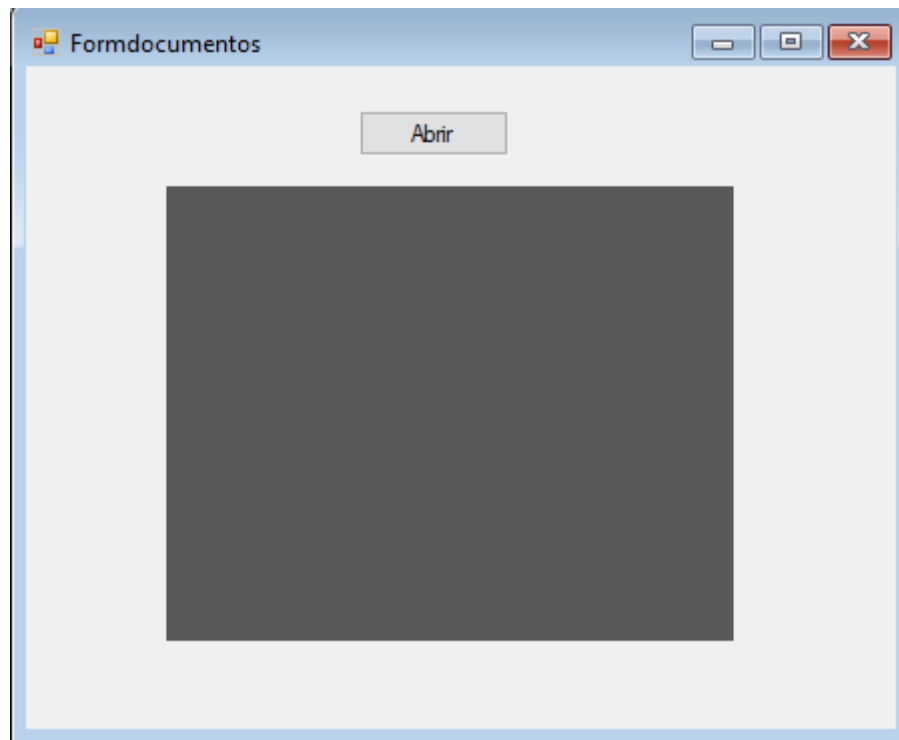


Figura 22 - Form Documentos

Nesta Form, Figura 22, é possível abrir documentos auxiliares como o plano de implementação de soluções automáticas e o mapa de processos.

No futuro, o objetivo é ligar o programa diretamente ao sistema informático da empresa e daí obter toda a informação relativa às operações.

4.3.3 Retorno de investimento

O ficheiro Excel foi criado com o propósito de calcular o tempo de retorno, em anos, do investimento realizado em automação. O *rate of return*, r , vem expresso pela Equação (4.1):

$$r = \frac{\text{Profit per year}}{\text{Capital Employed}} \quad (4.1)$$

Assim é possível ter uma ideia do ganho em percentagem do investimento inicial por ano, representado na figura em Anexo C.

Assim, sabendo o investimento, é necessário calcular o lucro das soluções automatizadas. Esse lucro é calculado pela multiplicação da diferença entre o *throughput* do sistema antigo e do sistema novo, da margem do sistema novo e das tarifas aplicadas, representados pela Figura 23. Estes valores dependem da unidade de carga, palete ou caixas, por isso o excel e o programa têm em conta este requisito.

produtividade antiga:	150	paletes/hr			método:	a)	b)	
produtividade nova:	200	paletes/hr						
diferença:	50,00	paletes/hr	1200	paletes/dia	lucro (por dia):	B20*I20)	534,00	
aumento da produtividade:	33%				lucro (por ano):	108000	192240	
					r (por ano):	72%	128%	
processo antigo:					retorno (anos):	1,389	0,780	
margem antiga:	20%							
tarifas mp:	1,25	euros/unidade		custo mp:	1	euros/unidade	%paletes mp=	100%
tarifas wip:	1,3	euros/unidade		custo wip:	1	euros/unidade	%paletes wip=	0%
tarifas pa:	1,29	euros/unidade		custo pa:	1	euros/unidade	%paletes pa=	0%

Figura 23 - Cálculo do lucro das soluções automáticas

O *throughput* do processo novo é dado pelo *throughput* do sistema automatizado que, por sua vez, pode ser calculada em função das especificações dos sistemas. O *throughput* do processo, *inbound*, armazenamento ou *outbound*, é dado pelo menor *throughput* das suas tarefas. Por exemplo, se no *inbound* existir uma leitura ou pesagem que requer um grande gasto de tempo, o *throughput* do processo é igual ao *throughput* dessa tarefa. O *throughput* do processo melhorado pode ser inferior ao *throughput* máximo que o sistema automatizado disponibiliza.

Logo, calcular a diferença de *throughputs* é relativamente simples. No entanto, conhecer o impacto que a automação tem nos custos dos processos e, conseqüentemente, nas tarifas, é algo mais complicado. De acordo com estudos consultados, em média, 65% dos custos da maioria dos armazéns corresponde a mão de obra (Lisa Harrington, 2008). É possível estimar uma redução nos custos dos processos apenas tendo em conta a redução de mão de obra. Se as soluções automáticas reduzirem a mão de obra em 30% então os custos descem em cerca de 19,5%.

Foram utilizados dois métodos para o estimar o *rate of return*, um tendo em conta os novos valores de *throughput*, margem, custo e tarifas (método b), e outro só tendo em conta a diferença de *throughput* das operações (método a). Como é não é possível conhecer o impacto exato nos custos do processo, é utilizada uma estimativa da redução dos custos em percentagem. Esta estimativa pode ser dada pelo fornecedor no passo 6) do plano de implementação, onde se verificam as capacidades da tecnologia.

A redução das tarifas depende inteiramente da decisão da empresa. A empresa pode optar por manter as tarifas, aumentando assim a margem e reduzindo o tempo do retorno de investimento ou diminuir as tarifas aplicadas que implica um aumento no tempo de retorno do investimento.

O objetivo é que seja utilizado um excel normalizado por operação. Este excel é constituído ao todo por sete folhas. Existe uma folha por processo: *inbound*, armazenamento, *outbound*. E, também, existe uma folha para a operação no seu conjunto, analisando o total dos investimentos e o seu retorno. Por fim existem outras páginas para o cálculo dos *throughput* dos sistemas automáticos em função das suas características.

5 Conclusões e perspectivas futuras

O presente trabalho foi realizado por base nos estudos I e II, onde o estudo I aborda problemas da automação e o estudo II a percepção da logística.

Com o estudo I concluiu-se que a mentalidade de alguns funcionários encontra-se pouco receptiva à automação. A automatização dos processos atuais da empresa encontra-se pouco desenvolvida, presente apenas nas operações da Pharma e da Correos a um nível intermédio. Também foi possível confirmar a dificuldade da implementação das soluções automáticas. A dimensão das operações, ou seja, o volume de encomendas, influencia seriamente a rentabilidade dos sistemas automáticos. Além disso, existe alguma falta de recursos para analisar o sucesso destas soluções.

A realização do estudo II permitiu concluir que existe uma boa percepção a um nível geral da logística interna. Existe, no entanto, alguma falta de atenção nos processos, de um ponto de vista de melhoria contínua, exceto nos armazéns do Montijo, onde existe uma equipa dedicada a melhoria contínua.

Durante o decorrer do projeto permaneceu a ideia de que existe pouca interação entre os operários e os responsáveis pelas decisões com impacto nas operações. Devia existir uma maior dinâmica entre os vários departamentos responsáveis pelo projeto, como, por exemplo a realização de *workshops*.

No final do projeto o trabalho desenvolvido permitiu concluir que para o sucesso da automação é essencial seguir um plano com os objetivos e etapas bem definidas ao longo da implementação, no período de “go-live” e pós projeto da solução automática. Atribuir uma equipa dedicada a este tipo de projetos, que tenha um bom conhecimento das soluções e contacto permanente com os projetos implementados é um dos principais fatores de sucesso. O uso impróprio de automação pode trazer consequências devastadoras à operação e até atrasar o processo existente.

A associação do programa ao sistema da empresa irá tornar a implementação e a gestão dos equipamentos automáticos numa tarefa corrente. O excel irá facilitar a tomada de decisões quanto ao uso de automação e quanto ao cálculo do *throughput* destas soluções. Cada oportunidade para a implementação de automação é única e, portanto, requer uma solução à medida. Por isso, é muito importante manter constantemente o contacto com o fornecedor para que se atinja a solução ideal.

Num futuro próximo o objetivo é aplicar as soluções propostas ao longo deste projeto e, assim, começar a implementar soluções automáticas nas operações. O ideal é implementar uma solução que possa servir como teste para as operações de maiores dimensões. Depois de se comparar os resultados obtidos da ferramenta com os resultados reais do teste é possível obter a precisão da ferramenta. A tomada de decisões em relação a este tipo de soluções tornar-se-á menos complicada dado o apoio fornecido pela ferramenta.

Referências

- Archibald R., 1997, “Managing High-Technology Programs And Projects”, John Wiley & Sons. Inc., United States of America
- Ballou R., 2007, “The Evolution and Future of Logistics and Supply Chain Management”
- Bainbridge, L. (1982), “Ironies of Automation. Automatica”, 19, 775-779.
- Baines, T., 2004, “International Journal of Operations and Production Management”. 24, 5, p. 447-467 21 p.
- Bowersox, Donald J., 1989, “The Integration of Marketing Flows in Channels of Distribution”
- Christopher M., 2005, “Logistics and Supply Chain Management”, Pearson Education Limited, Harlow, England
- Chui M., 2016 “Where machines could replace humans – and where they can’t (yet)”, McKinsey & Company
- Dembińska, I., 2018, “Smart logistics in the evolution of the logistics. European Journal of Service Management”, 3 (27/2), 123–133.
- Endsley, M. R. and Garland, D. J., (2000), “Situation Awareness Analysis and Measurement”, Lawrence Erlbaum Associates, London, England.
- Endsley, M. R. and Kiris, E. O., (1995), “Out-of-the-loop performance problem and level of control in automation”, Human Factors 37 (2), pp. 381-394.
- Frazelle E., 2002, “Supply Chain Strategy”, McGraw-Hill, United States of America
- Frohm J., 2008, “Levels of Automation in Production Systems”, Chalmers University of Technology, Sweden
- Gattorna, J., Day, A. and Hargreaves, J., 1991, “Effective Logistics Management”, Logistics Information Management, Vol. 4 No. 2 pp. 2 -86.
- Gattorna J., 1998, “Strategic Supply Chain Alignment”, Gower Publishing Limited
- Granlund, A. and Wiktorsson, M., 2014, “Automation in internal logistics: strategic and operational challenges”, Int. J. Logistics Systems and Management, Vol. 18, No. 4, pp. 538-558
- Gregory N. Stock, 2000, “Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit”
- Groover, 2002, “Automation, Production Systems, and Computer-Aided Manufacturing”, Pearson Education Limited, Harlow, England
- Harrington L., 2008, “Warehouse Labor Performance: And the Winner is...Everyone”, 1 maio 2008, ultimo acesso: janeiro 2021, <https://www.inboundlogistics.com/cms/article/warehouse-labor-performance-and-the-winner-is-everyone/>
- Harrison A. and Hoek R., 2008, “Logistics Management and Strategy”, Pearson Education Limited, Harlow, England
- Hoffman, R. R., Feltovich, P. J., Ford, K. M., Woods, D. D., Klein, G. and Feltovich, A. (2002) A Rose by Any Other Name... Would Probably Be Given an Acronym. IEEE Intelligent Systems and Their Applications, Vol. 17, No. 4, pp. 72-80.
- Mattsson, S.-A. and Jonsson, P., 2003, “Produktionslogistik” (em Sueco), Studentlitteratur, Lund, Sweden

- Rasmussen, J., 1986, “Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering”, Elsevier Science Inc., New York, NY, USA.
- Satchell, P., 1998, “Innovation and Automation, Ashgate Publishing Company”, USA
- Sheridan, T. B., 1992, “Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control”, MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Schulze L. e Wullner A., 2006, “The Approach of Automated Guided Vehicle Systems”
- Trottman M., 2017, “The trend towards warehouse automation”, Westernacher & Partner Consulting, Inc., USA
- Winroth, M., Säfsen, K. and Stahre, J., 2007, “Automation strategies: existing theory or ad hoc decisions?” Int. J. Manufacturing Technology and Management, Vol. 11, No. 1, pp.98–114

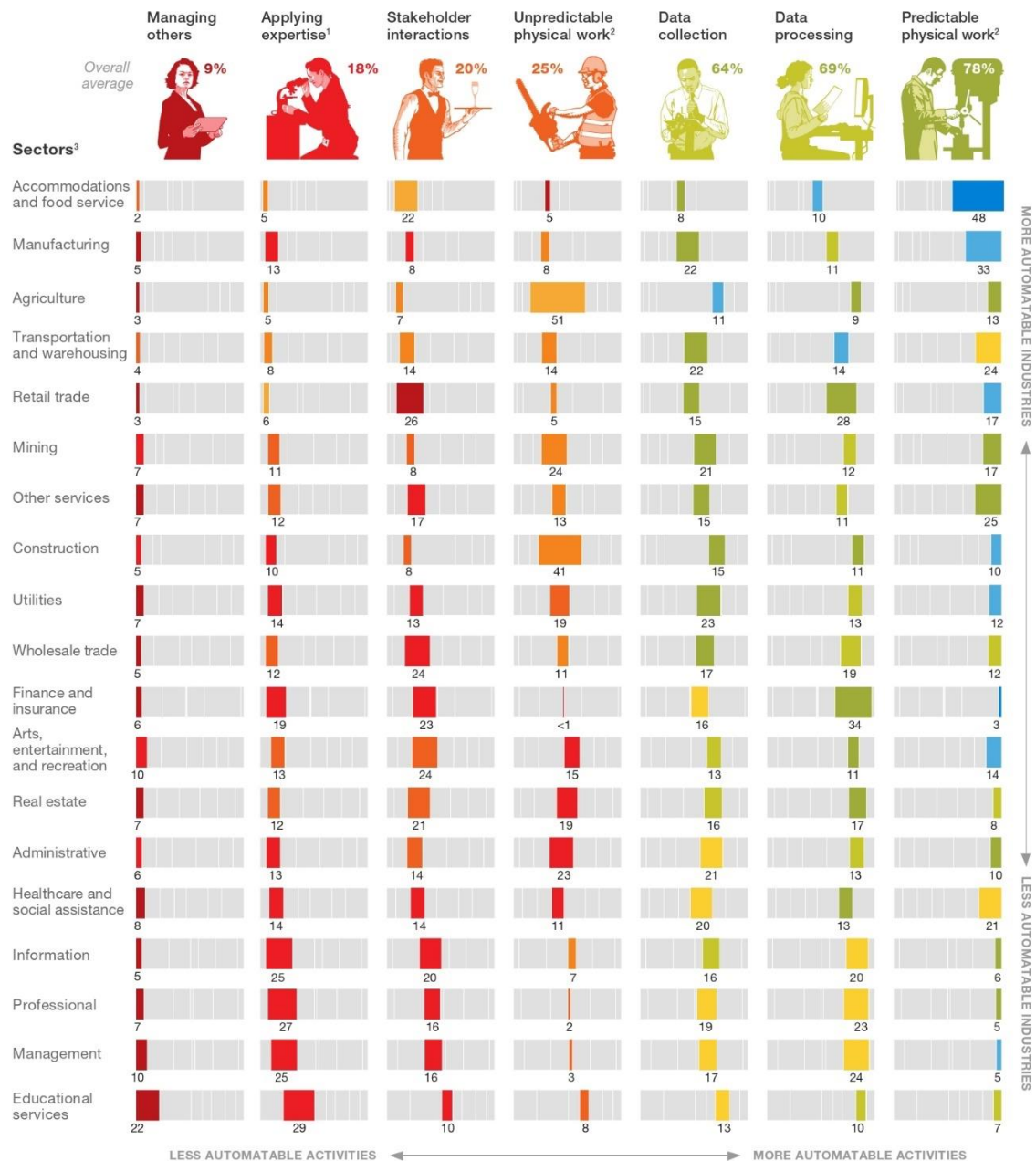
ANEXO A: Sector Automation

The technical potential for automation in the US

Many types of activities in industry sectors have the technical potential to be automated, but that potential varies significantly across activities.

Technical feasibility: % of time spent on activities that can be automated by adapting currently demonstrated technology

0 50 100



In practice, automation will depend on more than just technical feasibility. Five factors are involved: technical feasibility; costs to automate; the relative scarcity, skills, and cost of workers who might otherwise do the activity; benefits (eg, superior performance) of automation beyond labor-cost substitution; and regulatory and social-acceptance considerations.

¹Applying expertise to decision making, planning, and creative tasks.

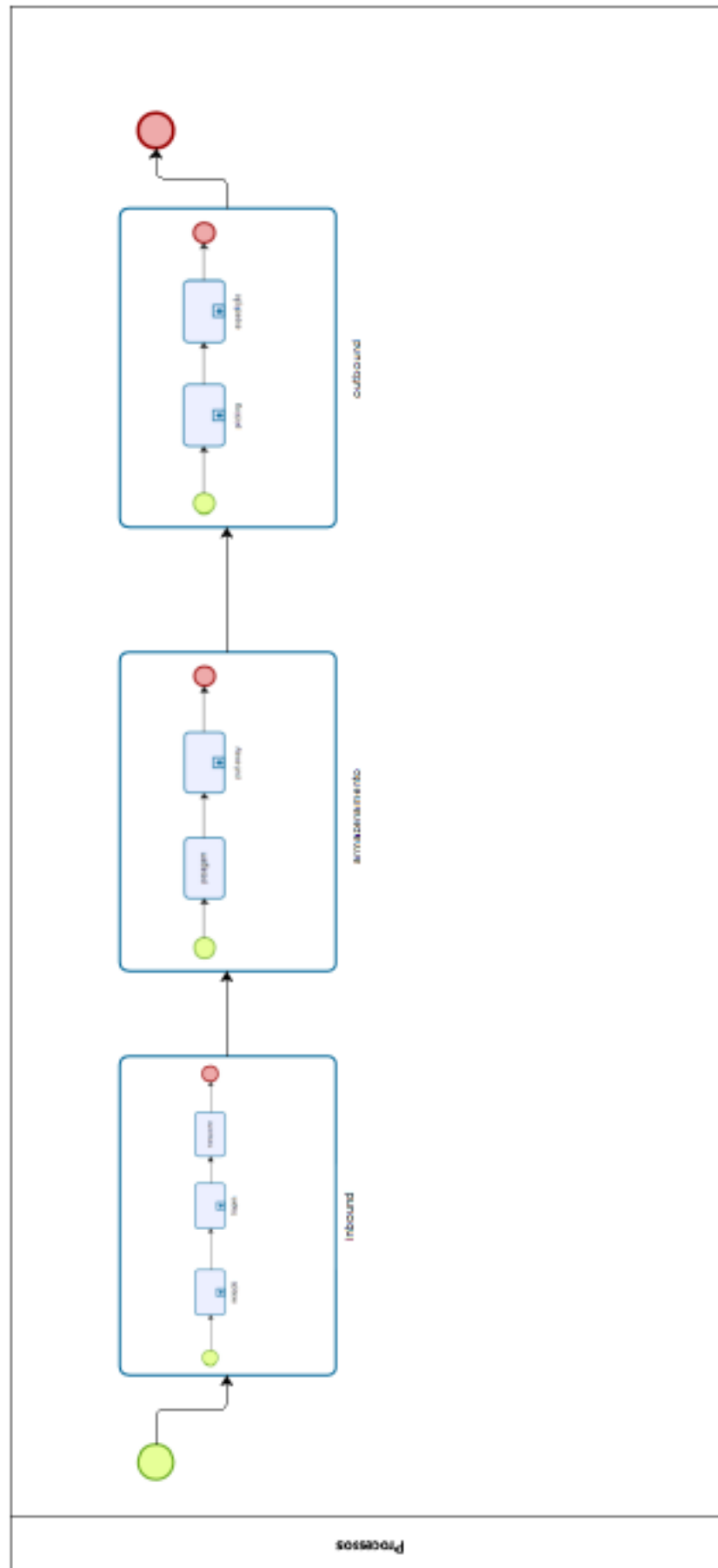
²Unpredictable physical work (physical activities and the operation of machinery) is performed in unpredictable environments, while in predictable physical work, the environments are predictable.

³Agriculture includes forestry, fishing, and hunting; other services excludes federal-, state-, and local-government services; real estate includes rental and leasing; administrative includes administrative support and government administration; healthcare and social

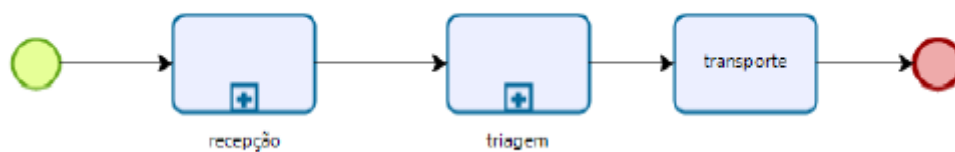
assistance includes private, state-government, and local-government hospitals; professional includes scientific and technical services; educational services includes private, state-government, and local-government schools.

ANEXO B: Mapa de processos

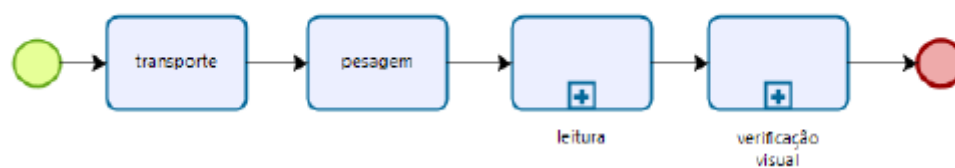
1 PROCESSOS



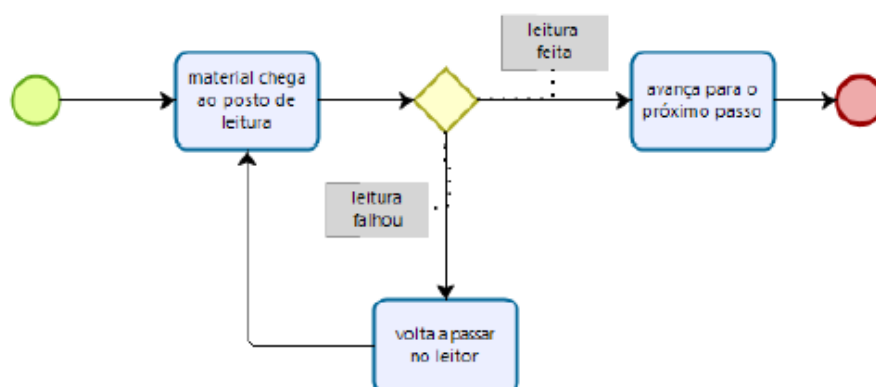
1.2 INBOUND



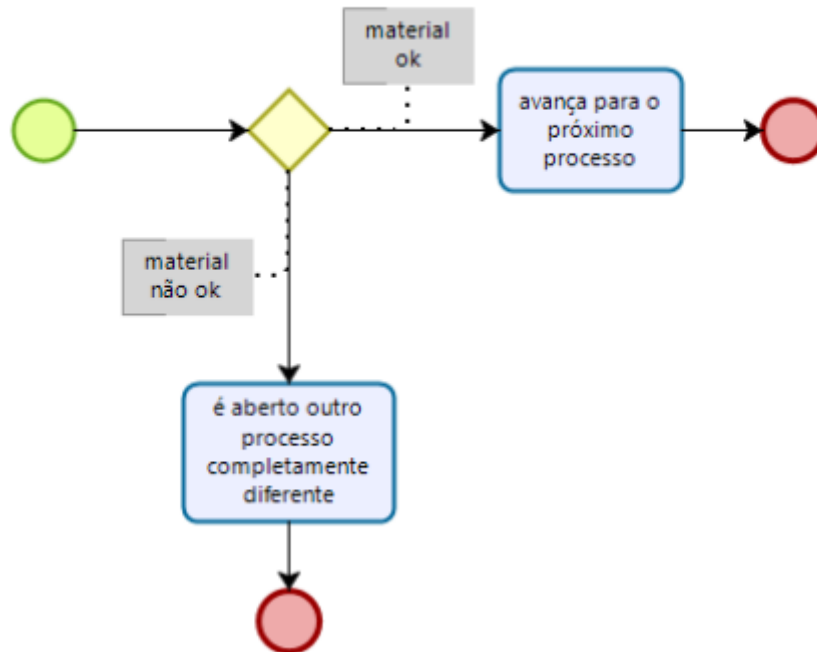
1.3 RECEPÇÃO



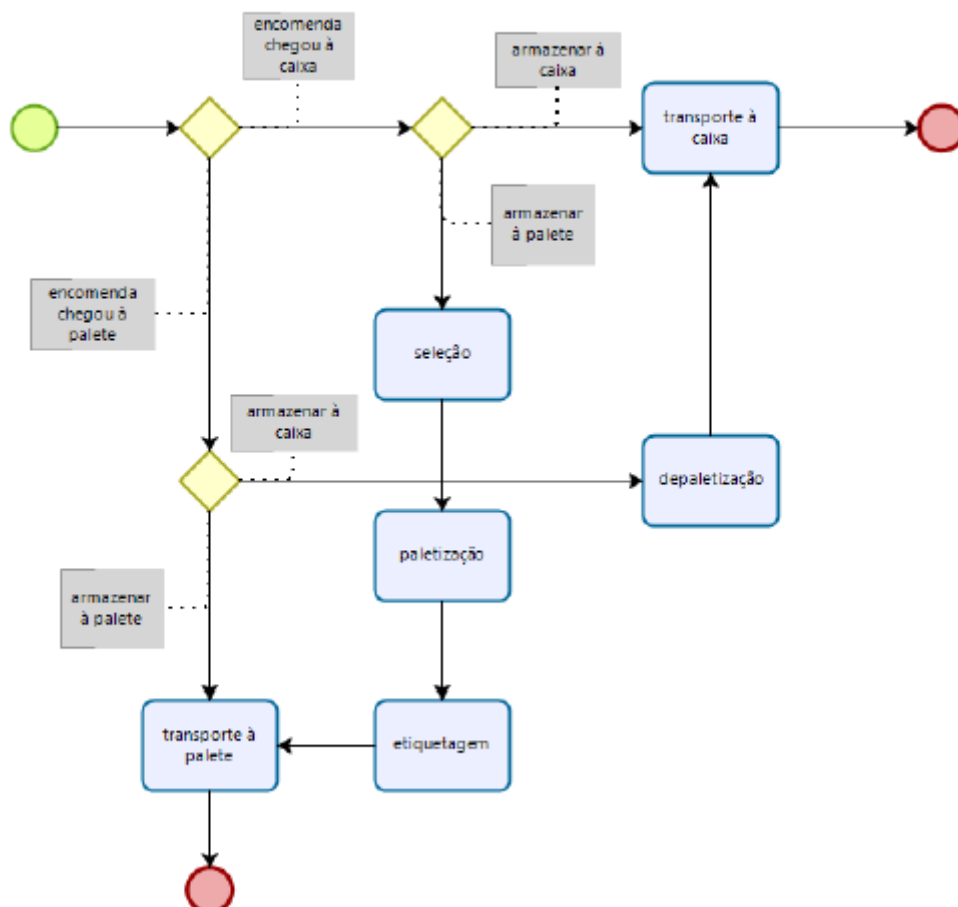
1.4 LEITURA



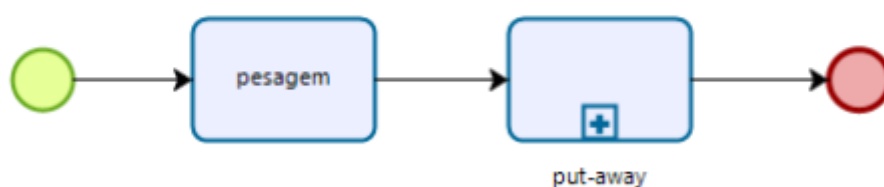
1.5 VERIFICAÇÃO VISUAL



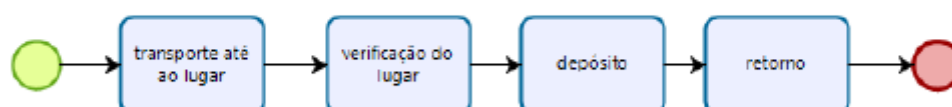
1.6 TRIAGEM



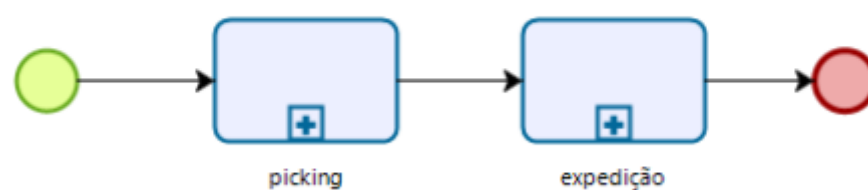
1.7 ARMAZENAMENTO



1.8 PUT - AWAY



1.9 OUTBOUND



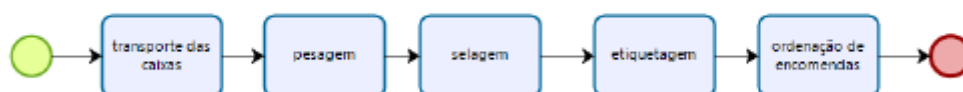
1.10 PICKING



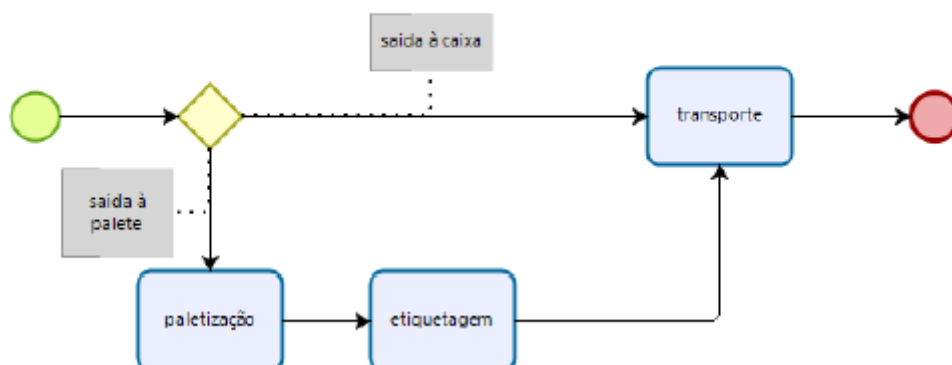
1.11 RECOLHA



1.12 TRANSPORTE



1.13 PREPARAÇÃO



1.14 EXPEDIÇÃO



ANEXO C: Excel

[illegible]