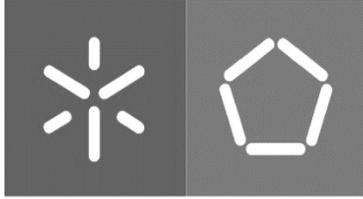




**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Carla Olívia da Silva Barbosa

**Melhoria das rotas de abastecimento de materiais  
às linhas de produção numa empresa da indústria  
automóvel**



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Carla Olívia da Silva Barbosa

**Melhoria das rotas de abastecimento de materiais  
às linhas de produção numa empresa da indústria  
automóvel**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Área de Especialização em Logística e Distribuição

Trabalho efetuado sob a orientação de

**Professor Doutor José António Vasconcelos Oliveira**

outubro de 2019

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgal

CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Para concretização da dissertação foi imprescindível o apoio, a disponibilidade e a colaboração de várias pessoas. A todas elas quero deixar um sincero e especial agradecimento.

Gostaria de agradecer ao Professor Doutor José António Oliveira, pela excelente orientação durante toda a elaboração da dissertação, pela disponibilidade, conselhos e sugestões importantes para o desenvolvimento da dissertação.

À APTIV agradeço a oportunidade que me concedeu por fazer parte da sua equipa, por poder desenvolver a minha dissertação e crescer profissionalmente. Um especial agradecimento ao Engenheiro João Redondo, supervisor na empresa, pelo suporte, pela disponibilidade e por todos os conhecimentos transmitidos. Agradecer ainda, a todos os restantes colegas da empresa e do departamento, pela integração, simpatia, ajuda e disponibilidade. Todos eles tornaram a experiência muito enriquecedora.

Aos meus pais um agradecimento muito especial, por me terem proporcionado a realização de todo o meu percurso académico, pelo carinho, apoio e compreensão. Aos meus irmãos, Carlos e Jean Marc, e à minha cunhada Catarina, obrigada pela motivação e por todos os momentos de distração e alegria. O meu obrigada ao resto da família, a melhor do mundo sem dúvida!

Por fim, vou deixar um agradecimento enorme às melhores amigas de sempre, não necessito de pronunciar nomes, pela ajuda, pela cumplicidade e pela motivação durante toda esta fase.

A todos, um enorme obrigado!

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

A presente dissertação, desenvolvida em contexto industrial na empresa AptivPort Services em Braga, teve como principal objetivo a melhoria de processos de abastecimento de materiais nas linhas de montagem manual de componentes eletrónicos, com foco em duas secções produtivas do Edifício 1.

O projeto de investigação iniciou-se através da observação dos processos de abastecimento de materiais das duas secções produtivas, identificando as rotas e tarefas efetuadas pelos colaboradores e recolhendo vários dados necessários para as fases *a posteriori*.

Na secção de montagem manual de componentes eletrónicos (*CBA+Sub-Assembly*) foram desenvolvidos vários modelos de simulação no *software* SIMIO, retratando as diferentes combinações de produção nas linhas de montagem. Com recurso aos modelos de simulação desenvolvidos foi possível caraterizar o comportamento do sistema inicial e, face aos resultados obtidos das várias experiências, identificou-se o melhor cenário de melhoria, através da comparação das taxas de ocupação dos colaboradores e do comportamento dos materiais ao longo do tempo e da verificação da inexistência de paragens de linha.

Na secção de montagem final de aparelhos (*Final Assembly*), decorrente de um *Workshop Kaizen*, foram analisados os processos e identificadas, testadas e implementadas as melhorias propostas. Estas ações consistiram essencialmente na aplicação de *Standard Work* aos processos de abastecimento de materiais e na criação de sinergias entre processos para melhor aproveitamento dos colaboradores, reduzindo os desperdícios identificados. Como resultado, a empresa conseguiu alcançar poupanças monetárias na ordem dos 30.000€/ano.

O projeto desenvolvido constitui uma base para a melhoria contínua de todos os processos de abastecimento de materiais da organização.

## PALAVRAS-CHAVE

Abastecimento de linha; *Lean Manufacturing*; Logística Interna; SIMIO; Simulação

## ABSTRACT

This dissertation was developed in an industrial context at AptivPort Services in Braga, the main objective was the improvement of material supply processes on the manual assembly lines of electronic components, focusing on two productive sections of the Building 1.

The research project began by observing the material supply processes of two production sections, identifying the routes and tasks performed by the employees and collecting information needed for later phases.

In the manual assembly of electronic components (CBA + Sub-Assembly) several simulation models were developed in SIMIO software, showing the different production combinations in the assembly lines. Using these simulation models developed, it was possible to characterize the behaviour of the initial system and, observing the results obtained from the various experiments, the best improvement scenario was identified by comparing employees occupancy rates and the behaviour of materials over the time and checking for no line stops.

In the final assembly section, resulting from a Kaizen Workshop, processes were analysed, and the proposed improvements were identified, tested and implemented. These actions essentially consisted of applying Standard Work to the material supply processes and creating synergies for better employee use, reducing identified waste. As a result, the company was able to achieve monetary savings around 30,000 € per year.

The project developed constitutes a basis for the continuous improvement of all material supply processes of the organization.

## KEYWORDS

Line Feeding; Lean Manufacturing; Internal Logistics; SIMIO; Simulation

## ÍNDICE

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos da investigação .....	3
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão da Literatura.....	7
2.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	7
2.1.1 <i>Toyota Production System</i> .....	8
2.1.2 Princípios <i>Lean Manufacturing</i> .....	10
2.1.3 Tipos de desperdícios.....	12
2.1.4 Técnicas e Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i> .....	15
2.2 Logística Interna.....	16
2.2.1 Políticas de Abastecimento de Materiais.....	17
2.2.2 Preparação de material .....	21
2.2.3 Armazenamento de materiais.....	22
2.2.4 Transporte de materiais.....	23
2.3 Introdução à simulação .....	24
2.3.1 Ferramenta de simulação: SIMIO .....	28
3. Apresentação da Empresa .....	34
3.1 Grupo AptivPort Services .....	34
3.2 AptivPort Services em Portugal.....	35

3.3	Área produtiva de componentes eletrónicos .....	37
3.3.1	Fluxo produtivo da área de componentes eletrónicos .....	38
3.3.2	Montagem manual de componentes eletrónicos (CBA ou <i>Sticklead</i> ) .....	39
3.3.3	Montagem final da área produtiva de componentes eletrónicos (FA) .....	40
3.4	Planeamento e Controlo de Produção .....	41
4.	Descrição dos Processos de Abastecimento e Análise da Situação Inicial .....	43
4.1	Descrição dos processos de abastecimento de materiais às linhas de montagem .....	43
4.2	Análise crítica da situação inicial .....	45
4.2.1	Descrição das linhas de montagem manual de componentes eletrónicos ( <i>CBA + Sub-Assembly</i> ) .....	45
4.2.2	Descrição das linhas de montagem final de aparelhos na secção <i>Final Assembly</i> .....	53
4.2.3	Problemas detetados nas duas secções produtivas .....	62
5.	Modelação e Simulação dos Processos de Abastecimento na secção CBA+Sub-Assembly .....	63
5.1	Recolha e Tratamento de dados .....	63
5.1.1	Tempos de ciclo dos Produtos.....	64
5.1.2	Especificações dos materiais.....	64
5.1.3	Tempos de chegada dos materiais de cada produto.....	66
5.1.4	Tempos de <i>refill</i> dos materiais de cada produto .....	67
5.1.5	Distâncias entre pontos de abastecimento .....	69
5.2	Construção do modelo de simulação - SIMIO .....	69
5.2.1	Visualização geral do modelo de simulação.....	70
5.2.2	Construção estrutural do modelo de simulação.....	71
5.3	Experiências em Simulação.....	84
5.3.1	Cenário I: Processo Inicial com três colaboradores.....	84
5.3.2	Cenário II: Processo com dois colaboradores mistos (rota interna+externa) .....	86
5.3.3	Cenário III: Processo com um colaborador interno e um colaborador externo .....	89
5.3.4	Cenário IV: Processo com um colaborador interno e um colaborador externo + Criação de uma abertura entre o armazém e a área CBA.....	91
6.	Apresentação e Análise de propostas de melhoria .....	95

6.1	Redefinição das rotas de abastecimento das linhas de montagem das áreas CBA e <i>Sub-Assembly</i> .....	95
6.2	Implementação de carros de apoio para o transporte de materiais nas áreas CBA e <i>Sub-Assembly</i> .....	96
6.3	Redefinição das rotas de abastecimento das linhas de montagem dos Produtos A, B, C, D e E da área de <i>Final Assembly</i> .....	97
6.4	Organização e Identificações das rampas e dos carros de apoio nas linhas na área de <i>Final Assembly</i> .....	99
6.5	Elaboração de Instruções de Trabalho para as rotas de abastecimento de materiais.....	100
7.	Conclusão.....	101
7.1	Trabalho Futuro.....	102
	Referências Bibliográficas.....	103
	Apêndice 1 – Tarefas desempenhadas pelos Operadores PC&L.....	107
	Apêndice 2 – Distribuição da Disponibilidade dos materiais ao longo das 8H de trabalho para o Cenário Proposto de dois Colaboradores Mistos nas áreas de CBA e <i>Sub-Assembly</i> .....	112
	Apêndice 3 – Ocupação de Recursos nas linhas de montagem das áreas de CBA e <i>Sub-Assembly</i> para o Cenário Proposto de dois Colaboradores Mistos.....	120
	Anexo 1 – Instruções de Trabalho para as Rotas de Abastecimento de Materiais.....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do TPS (Liker & Morgan, 2006).....	9
Figura 2 - Os 5 Princípios Lean (adaptado de (Do, 2017)) .....	11
Figura 3 - Sete tipos de desperdícios (Kapanowski, n.d.) .....	13
Figura 4 – Política de abastecimento contínuo de material (Caputo & Pelagagge, 2011).....	18
Figura 5 - Política de abastecimento de material baseado em Kanban (Caputo & Pelagagge, 2011) ...	19
Figura 6 - Política de abastecimento de material em kits estacionários (Limère et al., 2012) .....	20
Figura 7 - Política de abastecimento de material em kits de viagem (Caputo & Pelagagge, 2011) .....	20
Figura 8 - Política de abastecimento sequencial de material (Sali et al., 2015).....	21
Figura 9 – Principais fases e etapas de um processo de simulação (adaptado de (Fowler & Rose, 2004)) .....	25
Figura 10 – Distribuição dos resultados para as várias ferramentas de simulação (Dias et al., 2016) .	28
Figura 11 – Interface/Ambiente de trabalho inicial do SIMIO.....	29
Figura 12 – Painel “Processes” do SIMIO.....	30
Figura 13 – Painel “Definitions” do SIMIO .....	31
Figura 14 – Painel “Data” do SIMIO .....	31
Figura 15 – Painel “Results” do SIMIO .....	32
Figura 16 – Janela “Experiments” do SIMIO.....	33
Figura 17 - Logótipos das empresas após cisão da Delphi.....	34
Figura 18 - Localizações da AptivPort Services em Portugal.....	35
Figura 19 - Instalações da AptivPort Services de Braga.....	36
Figura 20 - Complexo Industrial da AptivPort Services de Braga .....	36
Figura 21 - Layout da área produtiva do Edifício 1 .....	37
Figura 22 - Esquema do fluxo produtivo da área de componentes eletrónicos .....	39
Figura 23 - Layout da secção produtiva CBA.....	40
Figura 24 - Layout da secção produtiva Final Assembly .....	41
Figura 25 - Planeamento da produção na AptivPort Services em Braga .....	42
Figura 26 - Mapeamento das rotas PC&L no turno da manhã .....	44
Figura 27 - Mapeamento das rotas PC&L no turno da tarde .....	45
Figura 28 – Produção diária por linha de produção na secção CBA.....	46

Figura 29 - Imagem da linha SL1 da secção CBA .....	48
Figura 30 - Imagem da linha SL2 da secção CBA .....	49
Figura 31 – Layout da área de Sub-Assembly .....	50
Figura 32 - Imagem da estação de trabalho da área Sub-Assembly .....	50
Figura 33 - Imagem da linha SL3 da secção CBA .....	51
Figura 34 – Imagem da linha SL4 da secção CBA .....	52
Figura 35 - Imagem da linha de produção do Produto A .....	54
Figura 36 - Imagem da linha de montagem do Produto B.....	56
Figura 37 - Imagem da linha de montagem do Produto C.....	57
Figura 38 - Imagem da linha de montagem do Produto D.....	58
Figura 39 - Imagem da linha de montagem do Produto E.....	59
Figura 40 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente à Configuração A.....	70
Figura 41 – Exemplo: Quantidade produzida no turno da manhã (8horas) .....	70
Figura 42 – Exemplo: Comportamento dos materiais da linha de montagem SL1 ao longo das 8 horas de trabalho.....	71
Figura 43 – Exemplo: Comportamento da linha de montagem SL1 .....	71
Figura 44 – Introdução do layout das áreas CBA e Sub-Assembly no software SIMIO.....	72
Figura 45 – Exemplo: Simulação da linha de montagem SL1 da área CBA .....	72
Figura 46 – Exemplo: Propriedades da “Source_ProdutoX” .....	73
Figura 47 – Exemplo: Propriedades da “Workstation1” .....	73
Figura 48 – Exemplo: Propriedades do “Material1_WS1” .....	73
Figura 49 – Exemplo: Propriedades do “ProdutoX_WS1” .....	74
Figura 50 – Exemplo: Introdução no SIMIO dos tempos de chegada dos materiais para “Workstation1” .....	74
Figura 51 – Exemplo: Propriedades da “SourceSL1_CaixaVazia” .....	75
Figura 52 – Exemplo: Processo de criação de caixas vazias para a “WorkstationSL1” denominado de “Box_WS1” .....	75
Figura 53 – Exemplo: Propriedades do nodo “Output” da “SourceSL1_CaixaVazia” .....	76
Figura 54 – Exemplo: Processo de aumento da quantidade de peças aquando do abastecimento de caixas na “Rampa_SL1” .....	76
Figura 55 – Exemplo: Propriedades do server “Rampa_SL1” .....	77
Figura 56 – Simulação da área do Armazém: reabastecimento das caixas .....	77

Figura 57 – Exemplo: Propriedades do combiner “Picking_Refill” .....	78
Figura 58 – Introdução no SIMIO dos tempos de refill dos materiais .....	78
Figura 59 – Processo de criação das “entidades materiais” .....	79
Figura 60 – Processo de atribuição de um número a uma caixa reabastecida.....	79
Figura 61 – Criação do processo de distribuição das caixas reabastecidas para o respetivo Server.....	80
Figura 62 – Propriedades do nodo Output do combiner “Picking_Refill” .....	80
Figura 63 - Criação do processo de distribuição das caixas reabastecidas para a respetiva linha de montagem.....	81
Figura 64 – Exemplo: Propriedades do “Server1_2” .....	81
Figura 65 – Exemplo: Alocação do “Worker2” nos respetivos TransferNodes .....	81
Figura 66 – Criação de uma Network para cada Worker .....	82
Figura 67 – Exemplo: Propriedades do “Worker2” .....	82
Figura 68 – Exemplo: Atribuição de uma Network num Path .....	83
Figura 69 – Exemplo: Propriedades de um Path .....	83
Figura 70 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente ao Cenário II .....	87
Figura 71 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente ao Cenário III .....	89
Figura 72 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente ao Cenário IV .....	92
Figura 73 – Redefinição das rotas de abastecimento de materiais das áreas de CBA e Sub-Assembly	95
Figura 74 – Carros de transporte implementados na área de CBA e Sub-Assembly .....	97
Figura 75 – Identificação das rampas de abastecimento de materiais das linhas de montagem do Produto A .....	99
Figura 76 – Identificação dos carros de apoio e de transporte de materiais das linhas de montagem do Produto A.....	100
Figura 77 – Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL1 de CBA (Configuração A).....	112
Figura 78 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL2 de CBA (Configuração A).....	112
Figura 79 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL3 de CBA (Configuração A).....	113
Figura 80 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL4 de CBA (Configuração A).....	113

Figura 81 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo nas estações de trabalho de Sub-Assembly (Configuração A).....	114
Figura 82 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL1 de CBA (Configuração B) .....	114
Figura 83 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL2 de CBA (Configuração B) .....	115
Figura 84 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL3 de CBA (Configuração B) .....	115
Figura 85 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL4 de CBA (Configuração B) .....	116
Figura 86 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo nas estações de trabalho de Sub-Assembly (Configuração B) .....	116
Figura 87 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL1 de CBA (Configuração C) .....	117
Figura 88 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL2 de CBA (Configuração C) .....	117
Figura 89 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL3 de CBA (Configuração C) .....	118
Figura 90 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL4 de CBA (Configuração C) .....	118
Figura 91 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo nas estações de trabalho de Sub-Assembly (Configuração C) .....	119
Figura 92 – Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área CBA (Configuração A) .....	120
Figura 93 - Ocupação dos recursos nas estações de trabalho da área Sub-Assembly (Configuração A) .....	120
Figura 94 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área CBA (Configuração B) .....	121
Figura 95 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área Sub-Assembly (Configuração B) .....	121
Figura 96 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área CBA (Configuração C) .....	122
Figura 97 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área Sub-Assembly (Configuração C) .....	122

Figura 98 – Instrução de Trabalho para a Rota Externa de Abastecimento de materiais da área de CBA e Sub-Assembly.....	123
Figura 99 – Instrução de Trabalho para a Rota Interna de Abastecimento de materiais das linhas 1 e 2 de CBA e das estações de trabalho de Sub-Assembly .....	124
Figura 100 - Instrução de Trabalho para a Rota Interna de Abastecimento de materiais das linhas 3 e 4 de CBA.....	125
Figura 101 - Instrução de Trabalho para a Rota Interna de Abastecimento de materiais das linhas 1 e 2 do Produto A de Final Assembly.....	126
Figura 102 – Instrução de Trabalho para a Rota Externa de Abastecimento de materiais das linhas dos Produtos A, B, C, D e E de Final Assembly .....	127

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – “Standard Library” do SIMIO (adaptado de (Thiesing & Pegden, 2014)) .....	32
Tabela 2 - Projetos maioritariamente trabalhados em cada linha de produção na secção CBA.....	47
Tabela 3 - Materiais abastecidos na linha SL1 da secção de CBA para a montagem do Produto X.....	48
Tabela 4 - Materiais abastecidos na linha SL1 da secção de CBA para a montagem do Produto I.....	49
Tabela 5 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da SL2 na montagem do Produto Y .....	49
Tabela 6 - Materiais abastecidos em cada estação de trabalho da área de Sub-Assembly .....	51
Tabela 7 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha SL3 na montagem do Produto Z52	
Tabela 8 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha SL3 na montagem do Produto M .....	52
Tabela 9 - Materiais abastecidos na linha de montagem SL4 do Produto W.....	53
Tabela 10 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da SL4 para o Produto P.....	53
Tabela 11 - Materiais abastecidos em cada posto da linha de montagem final do produto A.....	54
Tabela 12 - Capacidade das rampas de abastecimento das linhas de montagem do Produto A .....	55
Tabela 13 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto B ...	56
Tabela 14 - Materiais abastecido em cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto C .....	57
Tabela 15 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto D ...	58
Tabela 16 - Materiais abastecidos no posto de trabalho da linha de montagem do Produto E .....	59
Tabela 17 - Capacidade dos trolleys de abastecimento da linha de montagem do Produto B .....	60
Tabela 18 - Capacidade dos trolleys de abastecimento da linha de montagem do Produto C .....	60
Tabela 19 - Capacidade das rampas de abastecimento da linha de montagem do Produto D .....	61
Tabela 20 - Capacidade das rampas de abastecimento da linha de montagem do Produto E.....	61
Tabela 21 - Descrição das diferentes configurações.....	63
Tabela 22 – Tempos de ciclo de cada produto por linha de montagem .....	64
Tabela 23 – Especificações dos materiais de cada produto .....	65
Tabela 24 – Tempos de chegada dos materiais de cada produto .....	66
Tabela 25 – Tempos de refill dos materiais de cada produto .....	68
Tabela 26 – Distâncias entre os diversos pontos de abastecimento.....	69
Tabela 27 – Resultados para o Processo Inicial com pressuposto de velocidade média 1m/s .....	84
Tabela 28 – Resultados para o Processo Inicial com as variações de velocidade média dos colaboradores .....	85

Tabela 29 – Resultados para o Cenário II com pressuposto de velocidade média 1m/s .....	87
Tabela 30 – Resultados para o Cenário II com as variações da velocidade média dos colaboradores .	88
Tabela 31 – Resultados para o Cenário III com pressuposto de velocidade média de 1m/s.....	90
Tabela 32 – Resultados para o Cenário III com as variações da velocidade média dos colaboradores	90
Tabela 33 – Resultados para o Cenário IV com o pressuposto da velocidade média de 1m/s.....	92
Tabela 34 – Comparação dos resultados do Worker2 entre o Cenário III e o Cenário IV.....	93
Tabela 35 – Resultados para o Cenário IV com as variações da velocidade média dos colaboradores	93
Tabela 36 - Impacto da alteração implementada nas linhas de montagem do Produto A .....	99
Tabela 37 - Tarefas desempenhadas pelo operador PC&L da rota mista do Produto A em Final Assembly .....	107
Tabela 38 - Tarefas desempenhadas pelo operador PC&L da rota externa dos Produtos B, C e E em Final Assembly .....	109

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AGV – *Autonomous Guided Vehicle*

AIV – *Autonomous Intelligent Vehicle*

AOI - *Automated Optical Inspection*

CBA – *Circuit Board Assembly*

FA – *Final Assembly*

FIFO – *First-In-First-Out*

IC – *Integrated Circuit*

ICT - *In Circuit Test*

JIT – *Just-In-Time*

PC&L – *Production Control & Logistics*

PCB - *Printed Circuit Board*

SL – *Sticklead Line*

SMT – *Surface Mount Technology*

TPS – *Toyota Production System*

WIP – *Work-In-Process*

WS – *WorkStation*

WSC - *Winter Simulation Conference*

# 1. INTRODUÇÃO

O projeto de investigação realizado no âmbito da dissertação do Mestrado em Engenharia Industrial – Ramo de Logística e Distribuição, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, decorreu em ambiente industrial na empresa AptivPort Services. Este primeiro capítulo engloba uma contextualização do tema do projeto, os objetivos a cumprir, a metodologia de investigação adotada e a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento

Face à crescente evolução dos mercados, as organizações necessitam ser cada vez mais flexíveis e possuir uma forte capacidade de adaptação à mudança. É exigida uma melhoria constante nos processos e operações de forma a reduzir os custos e oferecer elevados níveis de serviço. A logística surge como uma das áreas mais importantes para a criação de vantagem competitiva (Fernandes, 2011).

Num mercado cada vez mais competitivo, é necessário que as empresas apostem na melhoria contínua dos seus processos produtivos. Produzir mais, com menos recursos, com maior rapidez e eficiência, são os desafios para todas as empresas (Farinha, 2015).

A produção do século XXI, caracterizada pela personalização, prejudicou os sistemas complexos de planeamento e controlo de produção, tornando a produção em massa um desafio. Muitas organizações, particularmente no setor automóvel, batalham nos mercados globalmente competitivos e centrados na satisfação do cliente. Estes fatores representam um grande desafio para as organizações procurarem novas ferramentas e métodos para continuar a crescer. Para superarem esta situação e tornarem-se mais lucrativas e competitivas, muitas empresas começaram a adotar princípios do *Lean Manufacturing*. O objetivo do *Lean Manufacturing* consiste em dotar a empresa de alta capacidade de resposta à procura do cliente, reduzindo os desperdícios. A adoção de ferramentas/princípios do *Lean Manufacturing* permite à empresa produzir com o menor custo e com a rapidez exigida pelo cliente (Bhamu & Singh Sangwan, 2014).

O *Lean Manufacturing*, e especificamente a aplicação de conceitos de produção *just-in-time*, fornece às empresas uma maior competitividade e eficiência ao permitir a eliminação de desperdícios. O *just-in-time* é uma filosofia que enfatiza a excelência através dos princípios de melhoria contínua e redução de desperdício. Alguns dos seus benefícios incluem maior qualidade de produção, menores níveis de *stock*,

melhores tempos de processamento e menores tempos de resposta ao cliente (Fullerton & Mcwatters, 2001; Liker & Morgan, 2006).

Taiichi Ohno citado em D. Jones, Hines, & Rich (1997) definiu sete formas comuns de desperdício, atividades que não agregam nenhum valor para a empresa, sendo elas: sobreprodução (produção excessiva); esperas; retificação de erros devido a defeitos; processamento excessivo ou incorreto; excesso de movimentações; excesso de transportes; e excesso de *stocks*. Para a eliminação dos desperdícios, a filosofia *Lean Manufacturing* dispõe de diversas ferramentas e técnicas que permitem melhorar o desempenho global da empresa, tais como: 5S, *Kaizen*, Gestão Visual, *Standard Work*, entre outros (Lander & Liker, 2007; Melton, 2005; Apreutesei, Suciú, & Arvinte, 2010; Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014).

A logística interna desempenha um papel crucial nos sistemas de produção industrial, representando até 10% dos custos totais de produção (Rushton, Croucher, & Baker, 2010). A necessidade de mais flexibilidade devido ao aumento da heterogeneidade do produto também aumenta a importância da otimização do sistema logístico (Vasyutynskyy, Gellrich, Kabitzsch, & Wustmann, 2010). Uma análise mais profunda dos sistemas contribui bastante para melhorar o seu desempenho (Law & Kelton, 1991).

A modelação em simulação está a ser cada vez mais usada para melhorias de desempenho de vários sistemas, permite proceder à otimização de parâmetros e variáveis que possibilitam a melhor utilização de recursos, como por exemplo, pessoas, tempo e materiais (Vieira, Dias, Pereira, & Oliveira, 2014; Hlupic & Paul, 1999). A simulação é normalmente utilizada em estudos com o objetivo de analisar, verificar e avaliar os processos logísticos e também perceber a dinâmica inerente aos sistemas de produção, ou seja, compreender as mudanças ao longo do tempo (Kluska & Pawlewski, 2018).

O projeto de dissertação decorreu em ambiente industrial na empresa AptivPort Services S.A localizada em Braga, que se dedica à produção de autorrádios para o setor automóvel. O projeto tem como objetivo geral a análise e melhoria das rotas de abastecimento de materiais de duas secções produtivas: secção de montagem manual de componentes eletrónicos e secção de montagem final de aparelhos.

Devido às alterações de necessidades de produção e à redefinição de processos, não existe uma quantificação, identificação e documentação precisa de todas as tarefas e do conteúdo de trabalho relacionado com o abastecimento de materiais às linhas de produção. Além disso, as tarefas realizadas pelos colaboradores responsáveis pelo abastecimento são maioritariamente acíclicas, isto é, não possuem uma frequência constante de abastecimento, o que origina ineficiências nos processos, e consequentemente diversos tipos de desperdícios, pois os colaboradores efetuam excessivos

movimentos de recolha e/ou transportes de materiais. Este facto é considerado pela empresa o maior entrave, pelo que é fundamental estudar uma forma de contornar esses desperdícios.

Assim, torna-se essencial obter um conhecimento mais profundo acerca do funcionamento das rotas de abastecimento de materiais, de modo a permitir otimizá-las e reduzir os desperdícios. Para isso, é necessário recorrer à aplicação dos princípios da filosofia *Lean Manufacturing*, dado que possui um conjunto de técnicas e ferramentas que permite reduzir ou até mesmo eliminar desperdícios (Lander & Liker, 2007; Melton, 2005; Apreutesei et al., 2010; Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014). Foram desenvolvidos vários modelos de simulação no *software* SIMIO, com intuito de se obter uma análise mais completa do processo inicial e comparar possíveis melhorias/ações.

## 1.2 Objetivos da investigação

O presente projeto de dissertação tem como objetivo a análise das rotas de abastecimentos de materiais às linhas de produção nas secções de montagem manual e montagem final, identificando desperdícios e ineficiências, para posteriormente propor possíveis melhorias para a otimização das rotas, normalização dos processos e aumento da eficiência operacional.

Para tal tornou-se importante definir as etapas a percorrer:

- Conhecimento do estado inicial das rotas de abastecimento de materiais às linhas de produção;
- Estudo e levantamento de dados relativos ao abastecimento das linhas de produção;
- Simulação do estado inicial das rotas de abastecimento de materiais;
- Identificar ineficiências/desperdícios nas rotas analisadas;
- Identificar oportunidades de melhoria nessas rotas;
- Simulação das rotas de abastecimento de materiais com as possíveis melhorias;
- Implementar as ações de melhoria para a eliminação ou redução dos desperdícios/ineficiências;
- Analisar os resultados das ações implementadas;
- Comparar os resultados obtidos das ações implementados com a situação inicial da empresa.

## 1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação utilizada neste projeto de investigação assenta na estratégia Investigação-Ação (*Action Research*). Segundo Saunders, Lewis, & Thornhill (2009), existem

essencialmente quatro temas caraterísticos desta estratégia de investigação. O primeiro foca-se no propósito da pesquisa, centrando-se na resolução dos problemas organizacionais junto das pessoas que lidam diretamente com os problemas. Em segundo lugar, carateriza-se pelo envolvimento do investigador com toda a organização e com os colaboradores e em particular, criar uma parceria colaborativa entre ambos. A terceira caraterística enfatiza a natureza iterativa das fases do processo de pesquisa: diagnóstico, planeamento, ação, avaliação e especificação de aprendizagem (Susman & Evered, 1978). Por último, este tipo de investigação deve ter implicações para outros projetos futuros, ou seja, os resultados alcançados devem ser úteis para outros contextos. Assim, a investigação-ação difere de outras estratégias de pesquisa pelo foco explícito na ação, em particular, promove a mudança dentro da organização (Saunders et al., 2009). No projeto de dissertação percorreu-se as 5 fases definidas anteriormente e que, de seguida, define-se mais detalhadamente cada uma das fases seguindo o raciocínio da Matos (2016).

- Diagnóstico: consiste na análise da situação inicial das rotas de abastecimento de materiais nas secções de montagem manual e montagem final e de todo o fluxo produtivo para obter uma perceção geral do funcionamento da empresa e identificar possíveis oportunidades de melhoria. Será necessário analisar dados secundários, nomeadamente documentos e relatórios internos da empresa (por exemplo, instruções de trabalho) e também revistas científicas, jornais e livros, de modo a encontrar referências que sustentem a investigação. Procedeu-se ainda a observações na área produtiva aos processos, práticas e procedimentos dos colaboradores, nomeadamente recolhendo as tarefas realizadas e os respetivos tempos, os projetos produzidos em cada linha de produção, os materiais abastecidos em cada posto de trabalho conforme o projeto produzido, as quantidades por embalagem de cada material e o número de embalagens colocadas nas rampas de cada posto de trabalho;
- Planeamento: com todos os dados recolhidos, desenvolveram-se, no *software* SIMIO, os modelos de simulação do estado inicial das rotas de abastecimento de materiais na secção de montagem manual de componentes eletrónicos (*CBA+Sub-Assembly*). Na secção *Final Assembly* efetuou-se um estudo decorrente de um *Workshop Kaizen*. Posteriormente, identificou-se possíveis melhorias para contornar os problemas identificados anteriormente. As melhorias propostas terão por base a aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* para a redução de desperdícios;
- Ação: após a análise da situação inicial da empresa, efetuaram-se simulações de possíveis melhorias no *software* SIMIO para a secção de montagem manual de componentes eletrónicos

(*CBA+Sub-Assembly*). Nas duas secções produtivas implementaram-se as ações propostas na fase anterior;

- Avaliação: compreende a análise e a avaliação dos resultados alcançados. Comparou-se os resultados obtidos da implementação das ações com a situação inicial da empresa, de modo a perceber e quantificar as melhorias resultantes;
- Especificação da aprendizagem: esta última etapa consiste na documentação de todo o trabalho desenvolvido, descrevendo detalhadamente a metodologia desenvolvida, ferramentas e meios necessários para o desenvolvimento deste projeto, bem como a descrição das conclusões e resultados do projeto e recomendações de trabalho futuro.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos: Introdução, Revisão da Literatura, Apresentação da Empresa, Descrição dos Processos de Abastecimento e Análise da Situação Inicial, Modelação e Simulação dos Processos de Abastecimento na secção *CBA+Sub-Assembly*, Apresentação e Análise de Propostas de Melhoria e Conclusões.

No primeiro capítulo é feito um enquadramento ao tema em estudo, descrevendo os objetivos a cumprir, a metodologia de investigação adotada e a forma como a dissertação se encontra estruturada.

O segundo capítulo apresenta a informação e os conceitos considerados relevantes à perceção do trabalho de investigação e às características relevantes do tema. O capítulo engloba a apresentação de princípios, técnicas e ferramentas da temática *Lean Manufacturing*, a descrição do conceito de Logística Interna e das políticas de abastecimento, preparação, armazenamento e transporte de materiais e a revisão de conceitos inerentes à Simulação, nomeadamente a modelação de dados, as ferramentas de simulação existentes e uma breve explicação da ferramenta de simulação utilizada, SIMIO.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa onde se realizou a dissertação, AptivPort Services, mencionando o Grupo ao qual esta se encontra inserida e expondo a sua presença em Portugal. Neste capítulo, efetua-se também uma sucinta descrição de cada uma das áreas produtivas que constituem a fábrica de Braga, explicando as principais secções que as constituem e os respetivos fluxos produtivos, dando maior ênfase ao Edifício 1 onde foi concretizado o projeto de dissertação.

No quarto capítulo encontra-se uma descrição dos processos de abastecimento de materiais, que representam o foco do projeto de dissertação, e a análise da situação inicial da empresa, expondo as ineficiências encontradas através de observações nas áreas produtivas.

O quinto capítulo descreve o modelo de simulação dos processos de abastecimento na secção *CBA+Sub-Assembly*, expondo os dados recolhidos e necessários para a sua modelação, descrevendo a construção do modelo de simulação e apresentando as experiências de simulação realizadas.

O sexto capítulo engloba a apresentação e análise de propostas de melhoria resultantes das ineficiências mencionadas nos capítulos anteriores, descrevendo os resultados alcançados com as propostas de melhoria implementadas.

O sétimo capítulo reúne as principais conclusões resultantes do projeto desenvolvido e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo contempla uma revisão da literatura de conceitos que serão essenciais para o desenvolvimento do projeto de dissertação. O capítulo está dividido em três seções. Na primeira seção será abordado o termo **Lean Manufacturing**, nomeadamente: definições, princípios e algumas técnicas/ferramentas da filosofia. Na segunda seção será retratado o termo **Logística Interna**, particularmente definições e políticas acerca da Logística Interna e também modos de abastecimento de materiais às linhas de produção. Na terceira seção será mencionado o conceito **Simulação**, em particular a importância da simulação na logística, ferramentas/ *softwares* existentes de simulação e, em detalhe, será descrito o *software* SIMIO utilizado no presente projeto de dissertação.

### 2.1 *Lean Manufacturing*

O livro *The Machine that Changed the World* referenciou em 1990 o conceito de *Lean Manufacturing* (Liker & Morgan, 2006; Taj, 2005; Melton, 2005; Bhamu & Singh Sangwan, 2014; Womack, Jones, & Roos, 1990). Atualmente, sendo um conceito bastante conhecido e mencionado, existem diferentes definições de diversos autores (Bhamu & Singh Sangwan, 2014).

“*Lean is doing more with less*”, utilizando menor quantidade de esforço, energia, equipamento, tempo, espaço, materiais e capital, permitindo oferecer ao cliente exatamente aquilo que deseja (D. T. Jones & Womack, 1996). O objetivo de *Lean Manufacturing*, é produzir os produtos exatos que os clientes precisam, exatamente no momento em que são necessários, com o menor custo (Storch & Lim, 1999).

Segundo Ward & Shah (2002), *Lean Manufacturing* pode ser definido como uma filosofia que permite oferecer produtos de qualidade para o cliente, eliminando desperdícios. *Lean Manufacturing* é um sistema integrado composto por uma variedade de práticas de gestão, incluindo *just-in-time, quality systems, work teams, celular manufacturing e supplier management*.

De acordo com Hopp & Spearman (2004), a produção de bens e serviços só é considerada *Lean* se for efetuada com o mínimo possível de custos de armazenamento, pois armazenamento em excesso é considerado desperdício óbvio.

Segundo Dickson, Singh, Cheung, Wyatt, & Nugent (2009), *Lean* é um termo adotado na produção japonesa que define uma filosofia que abomina o desperdício em qualquer forma e esforça-se implacavelmente para eliminar defeitos.

Ar & Al-Ashraf (2012) definiram *Lean* como uma aplicação com foco na redução de custos através da eliminação das atividades que não acrescentam valor, aplicando uma filosofia de gestão que permite identificar e eliminar desperdícios (nomeadamente, energia, tempo, movimentos e recursos) em todos processos de toda a cadeia de valor.

Kracik (1988), no seu artigo para o *Massachusetts Institute of Technology*, descreveu *Lean* como o *Toyota Production System*.

### 2.1.1 *Toyota Production System*

O *Toyota Production System* (TPS) foi desenvolvido e promovido pela *Toyota Motor Corporation* e começou a ser implementado pelas empresas Japonesas após a II Guerra Mundial (Monden, 2012).

O *Toyota Production System* é um método eficiente para gerar lucro. Para atingir essa finalidade (lucro), o sistema tem como principais metas a redução de custos e aumento da produtividade através da eliminação de desperdícios, como por exemplo, excesso de *stock* ou excessiva força de trabalho (Monden, 2012).

Segundo Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa (2007), o TPS baseia-se essencialmente em dois conceitos. O primeiro conceito consiste na redução de custos através da eliminação de desperdícios, assume-se que tudo o que excede a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças e trabalhadores necessários para a produção apenas aumenta os custos. O segundo conceito visa a utilização plena das capacidades dos trabalhadores, concedendo-lhes segurança no trabalho, responsabilidade e autonomia. Para materializar o sistema de produção, a Toyota atribui uma essencial importância a dois princípios: *just-in-time* e *jidoka*. O *Toyota Production System* é normalmente representado em forma de uma casa, em que os dois princípios constituem os pilares da “Casa TPS”, ao qual está apresentada na Figura 1.



Figura 1 - Casa do TPS (Liker & Morgan, 2006)

A Casa TPS tornou-se num ícone cultural no mundo da produção. O TPS é representado em forma de casa, pois pretende demonstrar que o sistema é tão forte quanto a parte mais fraca pertencente ao sistema, ou seja, com uma base fraca ou um pilar fraco, a casa não é estável, mesmo que as outras partes sejam fortes, todas as partes do sistema têm de funcionar em conjunto (Liker & Morgan, 2006). Como podemos verificar na Figura 1, a base da casa engloba dois conceitos essenciais para a estabilidade do sistema: nivelamento da produção (*heijunka*) e estabilidade e padronização dos processos. De acordo com Liker & Morgan (2006), esta base necessita de estar bem estabilizada para suportar os dois pilares: *just-in-time* (JIT) e *jidoka*. Consequentemente, com a devida fundamentação destes pilares, permite-se alcançar os objetivos do TPS: melhor qualidade, menores custos, tempos de entrega reduzidos, maior segurança e maior motivação, os quais estão representados no telhado da Casa TPS da Figura 1.

### ***Just-in-time***

Um dos pilares da Casa do TPS é o conceito *just-in-time* (JIT). O JIT permite efetuar os fluxos de materiais através de processos mais rápidos e eficientes, colocando o produto certo, na quantidade necessária, no sítio certo e no momento certo (Liker & Morgan, 2006).

Segundo Sugimori et al. (2007), o *just-in-time* é um método que visa reduzir os tempos de entrega (*lead times*), produzindo os produtos necessários no momento certo, utilizando o mínimo de *stock* possível.

Para Fullerton & Mcwatters (2001), *just-in-time* é uma filosofia que enfatiza atingir a excelência através de princípios de melhoria contínua e redução de desperdícios, tendo como benefícios, maior qualidade produtiva, menores níveis de *stocks* e menores tempos de resposta ao cliente.

Segundo Sugimori et al. (2007), com intuito de produzir a quantidade certa no momento certo, a implementação do *just-in-time* necessita de alguns requisitos:

- Adoção do sistema de produção puxado (*Pull Production System*)

Toyota adotou o sistema de produção *Pull* que consiste no processo a jusante puxar as peças necessárias do processo anterior, permitindo a produção basear-se no conhecimento exato da procura do cliente (Sugimori et al., 2007).

- Produção e transporte de uma peça (*one piece production*)

O segundo requisito consiste na abordagem *one piece flow*, ou seja, todos os processos seguem a condição de que cada processo produz e entrega uma peça num determinado momento ao processo seguinte e ainda possuir apenas uma peça no *stock* intermédio. Assim, não é permitido, por nenhuma razão, que seja produzido ou possuído em *stocks* quantidades excessivas de produtos entre processos (Sugimori et al., 2007).

- Nivelamento da produção

A fim de possibilitar uma produção *just-in-time*, o último requisito é nivelar a produção na linha de montagem final. Segundo (Sugimori et al., 2007), perante o sistema *Pull*, se a linha de montagem final for nivelada, todos os processos subsequentes também serão nivelados.

### ***Jidoka***

O outro pilar fundamental da Casa do TPS é o *jidoka*. O conceito *jidoka* abrange a paragem do equipamento ou operação sempre que surge alguma anomalia ou defeito (Sugimori et al., 2007). Segundo este conceito, além da paragem automática dos equipamentos, também é possível o operador da linha efetuar a paragem do processo sempre que detete uma anomalia ou defeito (Liker & Morgan, 2006).

#### 2.1.2 Princípios *Lean Manufacturing*

Os princípios de *Lean Manufacturing* são omnipresentes no ambiente de produção, especialmente na indústria automóvel (Dickson et al., 2009). Segundo D. Jones et al. (1997), os princípios *Lean*

*Manufacturing* representam um antídoto para os desperdícios. Esses princípios são divididos em cinco, os quais estão representados na Figura 2.

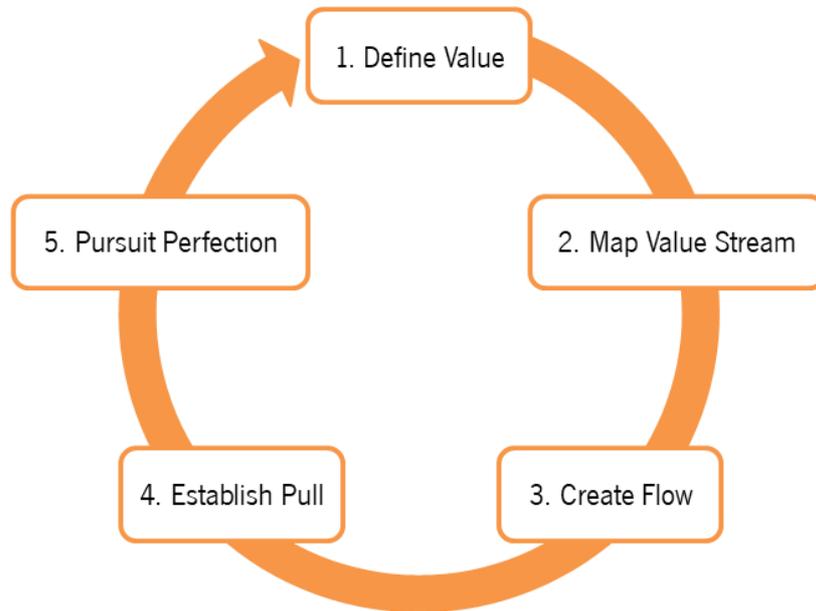


Figura 2 - Os 5 Princípios Lean (adaptado de (Do, 2017))

### **Identificação de Valor (*Define Value*)**

A primeira etapa para a implementação da filosofia *Lean Manufacturing* é a identificação de valor. Valor é o que o cliente está disposto a pagar e quais as suas necessidades reais (Do, 2017). Segundo (Liker & Morgan, 2006), o cliente é sempre o ponto de partida para qualquer processo.

### **Identificação da Cadeia de Valor (*Map Value Stream*)**

O segundo princípio do *Lean Manufacturing* é identificar e mapear o fluxo de valor. Segundo D. T. Jones & Womack (1996), fluxo de valor são todas as ações necessárias para disponibilizar um produto ao cliente. Nesta etapa, o objetivo é usufruir do valor do cliente como um ponto de referência e identificar todas as atividades que contribuem para esses valores. Atividades que não agregam valor ao cliente final são consideradas desperdício. Os desperdícios podem ser divididos em duas categorias: sem valor agregado, mas necessário e sem valor e desnecessário. O último é puro desperdício e deve ser eliminado enquanto o primeiro deve ser reduzido o máximo possível. Reduzindo e eliminando processos desnecessários, pode garantir-se que os clientes estejam a obter exatamente o que desejam e, ao mesmo tempo, reduz-se o custo de produção desse produto ou serviço (Do, 2017).

### **Fluxo Contínuo (*Create Flow*)**

O passo seguinte é a criação de um fluxo contínuo, isto é, garantir que o fluxo das etapas restantes seja executado sem interrupções ou atrasos. Algumas estratégias para garantir que as atividades de agregação de valor fluam sem problemas incluem: redução do *work-in-process* (WIP), redução dos *stocks* e eliminação dos *bottlenecks* para reduzir os *lead times* e tornar a organização mais flexível face às flutuações na procura (Do, 2017; Ward & Shah, 2002).

### ***Pull Production (Establish Pull)***

A etapa seguinte visa estabelecer a estratégia *Pull Production*, ou seja, produzir a partir das necessidades dos clientes. O sistema *Pull* baseia-se na aplicação da abordagem *just-in-time*, onde os produtos são produzidos quando necessários e apenas em quantidades necessárias (Do, 2017).

### **Busca pela Perfeição (*Pursuit Perfection*)**

O último passo, a busca pela perfeição, dito como o mais importante, traduz-se na melhoria contínua dos processos, oferecendo os produtos de acordo com as necessidades dos clientes (Do, 2017). Segundo D. T. Jones & Womack (1996), esta etapa garante que o processo de redução de tempo, espaço, custos e erros não tenha um fim.

#### 2.1.3 Tipos de desperdícios

Um desperdício é qualquer atividade no processo que não acrescenta valor para o cliente (Melton, 2005). Foram identificadas sete formas comuns de desperdício, representadas na Figura 3, sendo elas: sobreprodução (produção excessiva); esperas; retificação de erros devido a defeitos; sobreprocessamento (processamento excessivo ou incorreto); excesso de movimentações; excesso de transportes; e excesso de *stocks* (D. Jones et al., 1997; Hines & Rich, 1997).

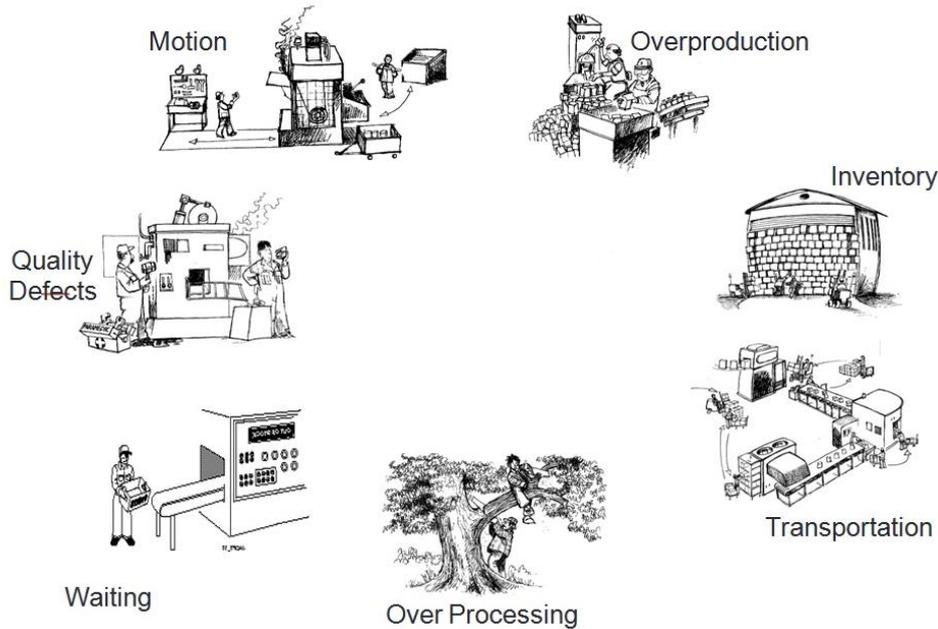


Figura 3 - Sete tipos de desperdícios (Kapanowski, n.d.)

### **Sobreprodução (*Overproduction*)**

Este é considerado o mais grave de todos os desperdícios, não só por si mesmo, mas também por agravar os restantes seis desperdícios (Apreutesei et al., 2010; Hines & Rich, 1997). Como o nome indica, sobreprodução ou produção excessiva significa produzir mais do que a quantidade necessária ou produzir mais rápido do que o necessário (Apreutesei et al., 2010). Segundo Hines & Taylor (2000), sobreprodução consiste em produzir muito ou muito cedo, resultando num fluxo insuficiente de informação ou bens e excesso de *stocks*.

### **Esperas (*Waiting*)**

Este desperdício acontece quando o tempo é usado ineficientemente, isto é, refere-se ao período inativo em que os operadores e/ou equipamentos estão parados por alguma razão. Este tempo de espera poderá ser curto (por exemplo, *changeovers* nas linhas) ou longo (por exemplo, faltas de *stock* e resolução de avarias em equipamentos) (Hines & Rich, 1997; Apreutesei et al., 2010). Segundo Hines & Taylor (2000), a tempo de espera consiste em longos períodos de inatividade para pessoas, informações ou bens, resultando em baixo fluxo e longos prazos de entrega.

### **Defeitos (*Quality Defects*)**

Um defeito consiste na produção de não conformidades, isto é, de produtos que não estão de acordo com as especificações dos clientes, que podem ter duas finalidades: retrabalho ou refugo (Zakaria, Mohd,

Nik, Fadzil, & Ab, 2017). Segundo Hines & Taylor (2000), defeitos são erros frequentes na documentação, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.

### **Sobreprocessamento/Processamento inapropriado (*Overprocessing*)**

De acordo com Melton (2005), sobreprocessamento ou processamento excessivo acontece quando um determinado processo não acrescenta valor ao produto. Segundo Hines & Taylor (2000), processamento inapropriado passa por processos de trabalho que usam um conjunto errado de ferramentas, procedimentos ou sistemas.

### **Movimentações (*Motion*)**

Segundo Melton (2005), este desperdício representa todos os movimentos desnecessários efetuados pelos operadores, não contribuindo para o processamento dos produtos, ou seja, não acrescenta valor à produção. Para Apreutesei et al. (2010), exemplos de movimentações desnecessárias são quando os operadores se movimentam de um lado para o outro (*walking*) ou estão à procura de ferramentas e materiais. De acordo com Hines & Taylor (2000), o excesso de movimentações tem origem na má organização no local de trabalho (falta de ergonomia), resultando, por exemplo, em flexão ou alongamento excessivos e itens perdidos com frequência.

### **Transportes (*Transportation*)**

De acordo com Melton (2005), transporte consiste na movimentação de matérias-primas, produto acabado ou *work-in-process* (WIP) para várias localizações. O autor considera esta tarefa como atividade sem valor acrescentado (desperdício), pois enquanto o produto está a ser transportado, não está a ser processado. Segundo Hines & Taylor (2000), o excesso de transporte consiste em movimentação excessiva de pessoas, informações ou bens, resultando em desperdícios de tempo, esforço e custo.

### **Stocks (*Inventory*)**

Os *stocks* excessivos são caracterizados pela existência excessiva de matérias-primas, *work-in-process* (WIP) e produto acabado na fábrica (Melton, 2005). O excesso de *stock* contribui para o aumento os custos de produção (em termos de espaço de armazenamento), aumento do lead time e prejudica a competitividade da organização (Hines & Rich, 1997). Segundo Hines & Taylor (2000), *stock* desnecessário consiste em armazenamento excessivo e atraso de informações ou produtos, resultando em custos excessivos e mau atendimento ao cliente.

Segundo Taj (2005), a maioria das empresas desperdiça de 70% a 90% dos recursos disponíveis. Mesmo as melhores empresas a adotar o *Lean Manufacturing* provavelmente possuem 30% de desperdícios.

Cada organização tem de encontrar o seu próprio caminho para implementar a filosofia *Lean Manufacturing*, não existe uma forma universal.

#### 2.1.4 Técnicas e Ferramentas *Lean Manufacturing*

De acordo com Stephens & Meyers (2013), a implementação dos **5S's** reduz os custos de uma organização. Os princípios dos **5S's** são:

- **Seiri** (classificação): consiste em eliminar itens desnecessários ou que não estão a ser utilizados regularmente, economiza espaço, inventário e dinheiro e facilita o trabalho, o fluxo de material e a movimentação dos operadores (Feld, 2001; Harris, 2018);
- **Seiton** (organização): lida com a identificação e organização de itens que pertencem a uma área (existe um lugar para tudo e tudo fica no seu lugar) que permite um reconhecimento mais visível de ferramentas, recursos e materiais (Feld, 2001; Harris, 2018);
- **Seiso** (limpeza): visa a manutenção da organização dos materiais e limpeza da área. Este processo deve ser executado regularmente, tornando a área de trabalho limpa e organizada (Feld, 2001; Harris, 2018);
- **Seiketsu** (padronização): consiste em tornar os processos padronizados/standardizados, criando práticas/regras seguras e eficientes (Feld, 2001; Harris, 2018);
- **Shitsuke** (disciplina): seguindo os procedimentos e métodos padronizados e tornando-os uma rotina manterá a organização eficiente e segura (Stephens & Meyers, 2013).

**Standard Work** caracteriza-se como sendo um conjunto de procedimentos de trabalho que definem os melhores métodos e sequências de cada processo para cada trabalhador (Monden, 2012). A standardização é definida como o grau em que as regras de trabalho, políticas e procedimentos operacionais são formalizados e seguidos. Com a standardização, os processos tornam-se uma rotina e possuem as tarefas bem definidas (Ungan, 2006).

**Gestão Visual** (ou controlo visual) é uma ferramenta de gestão que visa a melhoria do desempenho de um sistema através de estímulos visuais, transmitindo informações relevantes de forma direta e fácil de entender (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009; Steenkamp, Hagedorn-Hansen, & Oosthuizen, 2017).

**Kaizen** é a palavra japonesa para melhoria contínua ou constante. O principal elemento do *Kaizen* são as pessoas envolvidas no processo de melhoria. O *Kaizen* atinge todos os níveis da organização e exige a participação de todos os funcionários – desde a alta gerência até aos vários níveis do organograma e das equipas de produção. Cada pessoa é encorajada/motivada para procurar novas ideias e

oportunidades para melhorar ainda mais a organização e seus processos, incluindo a redução do desperdício (Stephens & Meyers, 2013).

## 2.2 Logística Interna

Segundo Feld (2001), o termo logística pode ter vários significados para autores diferentes. Para o autor a logística refere-se aos elementos operacionais necessários para transferir trabalho para uma célula interna de produção, ao longo da célula e de uma célula para a célula seguinte. A logística interna engloba, principalmente os aspetos *inbound*, internos e *outbound* do planeamento e controlo do fluxo de trabalho.

- *Inbound logistics* (logística de entrada): inclui todas as atividades relacionadas à obtenção de matérias-primas, itens adquiridos e outros itens de produção direta ou indireta para os locais de consumo independentes.
- *Internal logistics* (logística interna): consiste em facilitar/melhorar o fluxo de materiais para, através e de uma célula para outra. Envolve elementos humanos (chefes de linha ou transportadores) e elementos físicos (equipamentos e ferramentas).
- *Outbound logistics* (logística de saída): refere-se a todas as atividades relacionadas com o transporte de materiais/produto acabado da fábrica para o cliente.

A logística interna, ou seja, transporte de materiais/produtos dentro de um sistema, desempenha um papel crucial em muitos sistemas de produção industrial (Rushton et al., 2010). A logística interna refere-se a todo o processo de receção, armazenamento, controlo e distribuição dos materiais utilizados dentro de uma organização. Nas indústrias, a logística interna é um fator primordial para a obtenção da eficiência e aumento da produção (Teixeira De Sousa, 2012).

Dentro das atividades de logística interna insere-se o transporte interno. O transporte interno envolve todos os movimentos de matérias-primas e produtos acabados durante o processo de produção (Colovic, 2011). O autor acrescenta que a atividade de transporte interno consiste na transferência do material certo, entregá-lo no local certo, no momento certo, na quantidade necessária, de acordo com a encomenda solicitada, de modo a satisfazer as condições/requisitos do cliente e, em simultâneo, atingir os custos mínimos de produção. A organização do transporte interno requer o planeamento e a combinação da utilização de espaço, equipamento e material, de tal forma que o trabalho humano seja executado com o mínimo de esforço.

De acordo com Stephens & Meyers (2013), a movimentação de materiais (*materials handling*) afeta a produtividade e a rentabilidade de uma empresa mais do que quase todas as outras grandes decisões organizacionais. Melhorias na movimentação de materiais afetam positivamente os trabalhadores mais do que qualquer outra área de planeamento/ *design* de trabalho e ergonomia. O trabalho penoso tem sido eliminado por equipamentos de movimentação de materiais. Segundo Stephens & Meyers (2013), o manuseio de materiais corresponde a cerca de 50% de todos os danos industriais e de 40% a 80% de todos os custos operacionais. Baudin (2002) afirma que o fator que mais afeta a produtividade dos sistemas de montagem é o abastecimento de materiais.

Sali, Sahin, & Patchong (2015) definem o abastecimento de materiais como um processo de logística interna que envolve a preparação de materiais nas áreas de armazenamento e o transporte para as linhas de montagem.

#### 2.2.1 Políticas de Abastecimento de Materiais

De acordo com Kilic & Durmusoglu (2015), a política de abastecimento de peças é definida como “o método de entrega de peças aos pontos de uso”. Os autores definem três princípios diferentes de abastecimento de material para a linha de montagem: abastecimento contínuo (*continuous supply*), abastecimento contínuo baseado em *Kanban* (*Kanban-based continuous supply*) e abastecimento em *kits* (*kitting*) (Kilic & Durmusoglu, 2015; Caputo & Pelagagge, 2011). No artigo de Johansson & Johansson (2006) é identificado um quarto princípio de abastecimento de material, designado de abastecimento sequencial (*sequencial supply*).

##### **Abastecimento contínuo (*continuous supply*)**

O abastecimento contínuo, também chamado de *line stocking*, é uma política de abastecimento de materiais muito comum nas empresas industriais, tais como a indústria automóvel e eletrónica (Limère, Landeghem, Goetschalckx, Aghezzaf, & McGinnis, 2012).

Johansson (1991) citado em Srinivasan & Gebretsadik (2011) ilustra que os materiais em abastecimento contínuo são entregues na estação de montagem em unidades adequadas para o manuseio, e as unidades são substituídas imediatamente quando estão vazias na linha. Todas as peças necessárias para produzir todos os produtos que ocorrem durante um longo período de tempo estão disponíveis na estação de montagem a qualquer momento. O reabastecimento (*refill*) de peças na linha geralmente é feito pelos operadores responsáveis, em caixas fixas ou em algum tipo de sistema de dois compartimentos.

Segundo Caputo & Pelagagge (2011), *line stocking*, é o método tradicional de abastecimento de materiais, onde cada material é distribuído para as estações de trabalho a partir de um armazém central, armazenado num *container* individual ao longo das linhas de montagem (geralmente, em caixas ou paletes) e reabastecimento periodicamente, conforme retratado na Figura 4. Os *containers* são substituídos quando estão vazios e a quantidade de materiais varia de acordo com a variedade de produtos (Kilic & Durmusoglu, 2015). Com o *line stocking*, o transporte de materiais é fortemente descontínuo, portanto, é necessário um menor esforço de movimentação de materiais, mas em contrapartida podem ser utilizados *containers* maiores, de modo que os requisitos de espaço ao longo da linha sejam superiores. Por outras palavras, o volume/quantidade de materiais transportados é inversamente proporcional à frequência de movimentação (Caputo & Pelagagge, 2011).

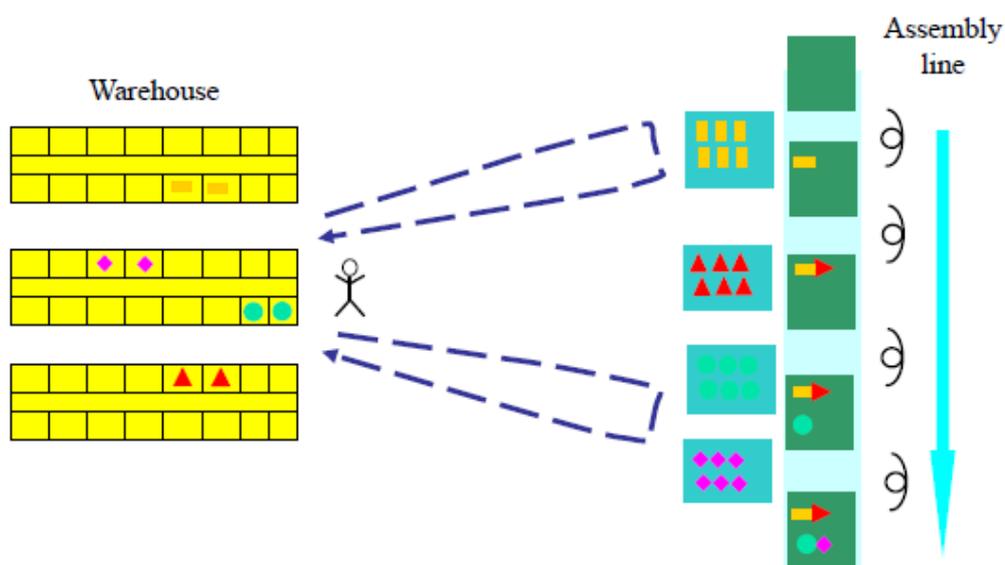


Figura 4 – Política de abastecimento contínuo de material (Caputo & Pelagagge, 2011)

### Abastecimento contínuo baseado em *Kanban* (Kanban-based continuous supply)

A política de abastecimento contínuo baseado em *Kanban* consiste na existência de supermercados que são áreas de armazenamento descentralizadas que servem como um ponto intermediário entre o armazém e as linhas de montagem, como mostrado na Figura 5. Sempre que os *containers* fiquem vazios, o *Kanban* é libertado e o reabastecimento ocorre (Kilic & Durmusoglu, 2015). A entrega de componentes com base na política *Kanban* é vista como um mecanismo de controlo efetivo para sistemas de montagem (Caputo & Pelagagge, 2011).

Os operadores responsáveis pelo abastecimento de materiais nas linhas de montagem, por vezes usando pequenos veículos (*trolleys*), entregam os materiais armazenados em caixas apropriadas, do

supermercado *Kanban* para as estações de montagem e recolhem as caixas vazias a partir das estações. Tipicamente, a entrega é efetuada de acordo com um horário fixo e uma rota para cada operador que pode abastecer uma estação de montagem ou um conjunto de estações de montagem. Depois de efetuar as entregas, os operadores retornam ao supermercado *Kanban* para reabastecer a sua próxima rota conforme as caixas vazias recolhidas. Assim, os materiais podem ser entregues frequentemente em pequenas quantidades a partir de supermercados descentralizados, o que possibilita a redução do *stock* ao longo da linha de montagem e evita distâncias de entregas a partir de armazéns centrais. (Faccio, 2014).

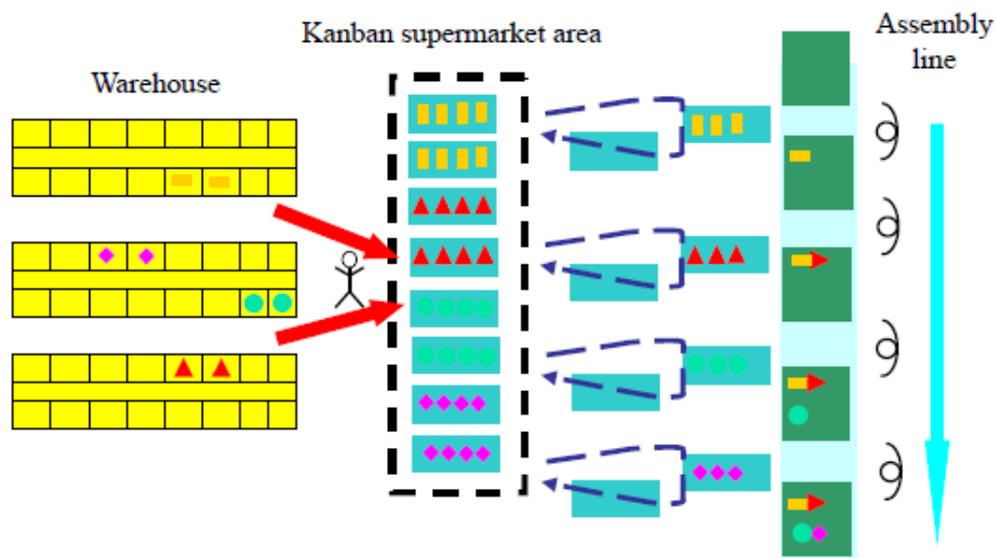


Figura 5 - Política de abastecimento de material baseado em Kanban (Caputo & Pelagagge, 2011)

### Abastecimento em *kits* (*kitting*)

Segundo Johansson (1991) citado em Srinivasan & Gebretsadik (2011), *kitting* significa que o abastecimento é realizado com *kits* de componentes. Um conjunto de componentes para uma estação de montagem é fornecido num *kit*. *Kitting* fornece conjuntos específicos de componentes e subconjuntos para a área de produção em quantidades predeterminadas, onde cada *kit* é recolhido, transportado e armazenado num *container* específico. Um *kit* é um conjunto específico de componentes que suportam uma ou mais operações de montagem para um determinado produto. Dado que diferentes produtos necessitam de diferentes componentes, os *kits* serão também diferentes conforme o produto montado na linha (Limère et al., 2012). Existem dois tipos de *kits* que podem ser utilizados nas linhas de montagem: *kits* estacionários (*stationary kits*) e *kits* de viagem (*travelling kits*). Um *kit* estacionário, demonstrado na Figura 6, é entregue a uma estação de trabalho e permanece lá até que seja esgotado. Um *kit* de viagem, demonstrado na Figura 7, segue o produto através de várias estações de trabalho,

onde as peças são retiradas do *kit* e colocadas no produto numa determinada sequência, até que ele seja esvaziado (Limère et al., 2012).

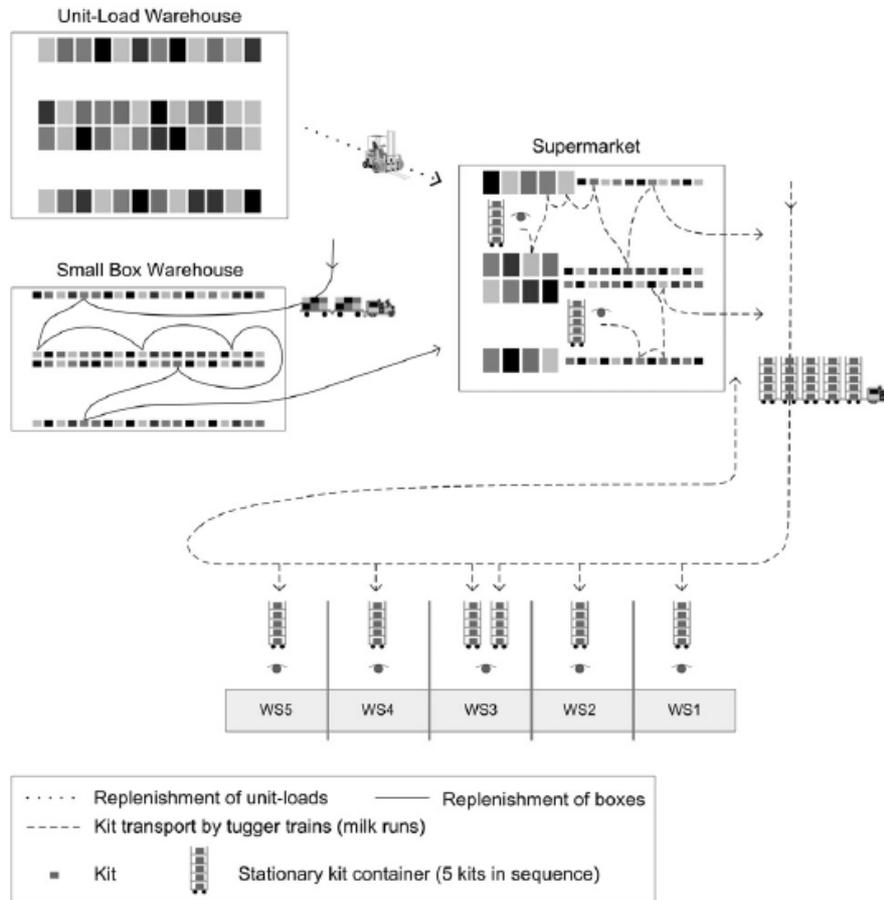


Figura 6 - Política de abastecimento de material em kits estacionários (Limère et al., 2012)

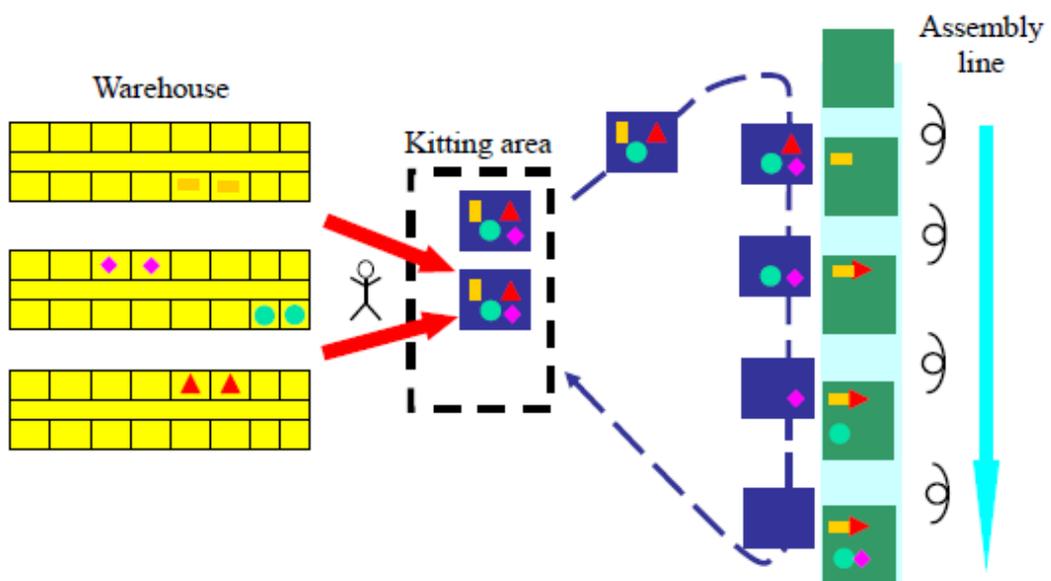


Figura 7 - Política de abastecimento de material em kits de viagem (Caputo & Pelagagge, 2011)

## Abastecimento sequencial (*sequencial supply*)

Johansson & Johansson (2006) explicam que o rápido aumento nas variantes de produtos teve um grande impacto no abastecimento de materiais porque um grande número de variantes pode impossibilitar o abastecimento contínuo devido ao custo de capital e à falta de espaço nas estações de montagem. Além disso, se o componente for montado numa linha em série, o *kitting* é menos vantajoso porque apenas alguns componentes são montados em cada estação. Uma maneira de resolver esse problema é usar o abastecimento sequencial.

A política de abastecimento sequencial pode ser vista como um tipo especial de *kit* estacionário, em que cada *kit* consiste em apenas um material (Sali et al., 2015). Os materiais necessários para um determinado número de produtos são apresentados na ordem correta em que são consumidos nas estações de montagem (Johansson & Johansson, 2006). As partes sequenciadas são tipicamente transportadas e exibidas nas linhas de montagem em cargas unitárias especialmente adaptadas. A preparação de partes sequenciadas é feita de forma idêntica ao *kitting* com o uso da mesma informação da sequência de montagem. A única diferença é que as peças são carregadas diretamente nos carros de transportes (*trolleys*), em vez de serem posicionadas dentro de *containers*. Quando se conclui a preparação dos *trolleys*, estes aguardam temporariamente numa zona intermédia antes de serem transportados para as linhas de montagem, como é demonstrado na Figura 8 (Sali et al., 2015).

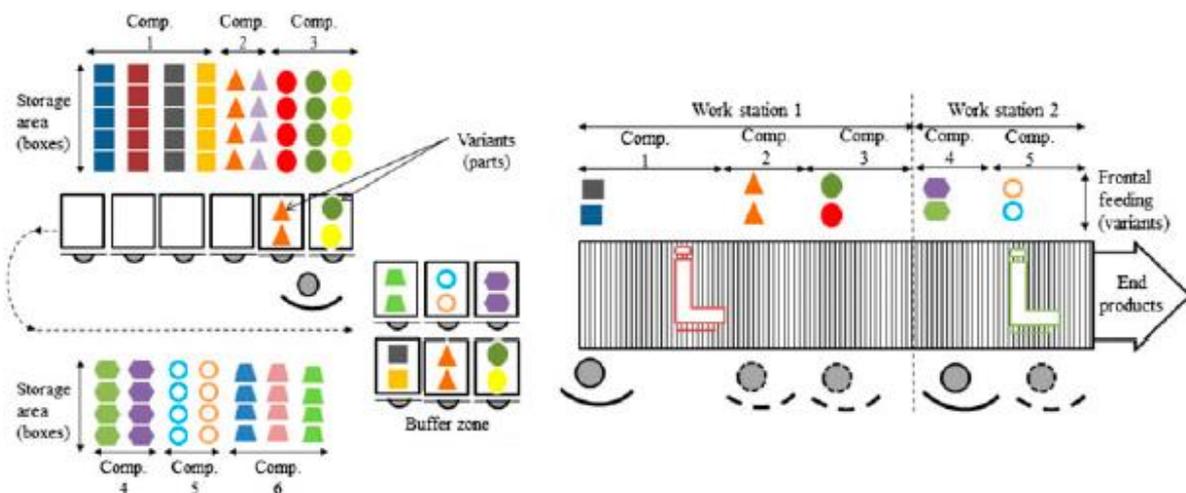


Figura 8 - Política de abastecimento sequencial de material (Sali et al., 2015)

### 2.2.2 Preparação de material

Hanson & Finnsgård (2014) referem que na preparação dos materiais existe um potencial conflito entre a eficiência das linhas de montagem e a eficiência dos abastecimentos internos de materiais, pois pequenas cargas unitárias suportam a eficiência das linhas de montagem, mas grandes cargas unitárias

suportam a eficiência dos abastecimentos internos de materiais. As cargas unitárias podem ser *containers*, caixas ou paletes, por exemplo. A utilização de grandes cargas unitárias reduz a frequência de reabastecimentos e consequentemente o número de transportes/entregas de materiais (Hanson & Finnsgård, 2014). Contudo, grandes cargas unitárias aumentam o *work-in-process* e necessitam de mais espaço disponível na linha de montagem (Emde & Boysen, 2012). Hanson & Finnsgård (2014) concluíram que a eficiência das políticas de abastecimento de materiais não depende necessariamente do tamanho das cargas unitárias, dado que as pequenas cargas unitárias também permitem uma alta eficiência das políticas de abastecimento de materiais. Isto acontece devido à possibilidade de transportar vários materiais em simultâneo com *trolleys* ou comboios logísticos, por exemplo. O uso de *containers*/caixas permite um reabastecimento mais fácil e rápido de materiais, devido à facilidade de colocação dos *containers*/caixas na linha de montagem. Isso não é possível quando se utiliza paletes como carga unitária, pois para o abastecimento dos materiais é necessária a utilização de empilhadores ou outro tipo de equipamento (Hanson & Finnsgård, 2014). Wänström & Medbo (2009) argumentam que outra vantagem da utilização de pequenas cargas unitárias é uma maior flexibilidade na linha de montagem, uma vez que uma maior variedade de materiais pode ser apresentada ao mesmo tempo perto dos operadores das linhas de montagem, permitindo uma maior eficiência da linha de montagem.

### 2.2.3 Armazenamento de materiais

Atualmente, o espaço de armazenamento nas linhas de montagem é, na maioria das vezes, uma grande restrição para as empresas, consequente da alta variedade de materiais, sendo também a área de armazenamento nas estações de trabalho a mais escassa e cara. É importante encontrar um compromisso ideal entre possuir material disponível nas estações de trabalho quando é necessário para evitar paragens, e manter o *stock* e o tráfego na linha de montagem a um nível mínimo para evitar elevados movimentos de materiais e custos de manutenção (Emde & Boysen, 2012).

Tradicionalmente, o armazenamento de materiais tem sido centralizado em fábricas industriais e os materiais transportados a partir de um único armazém em entregas individuais, conforme o reabastecimento seja necessário nas estações de montagem. Para isso funcionar e não existir tráfego excessivo, os materiais são entregues em grandes lotes e quantidades, implicando um aumento do *work-in-process* e uma maior ocupação de espaço nas estações de montagem (Emde & Boysen, 2012). Battini, Faccio, Persona, & Sgarbossa (2009) argumentam que a configuração de armazenamento centralizado pode reduzir o custo de *stock* por a maioria do material permanecer em apenas algumas localizações, mas que os custos de movimentação de material aumentam devido a um alto volume de

transporte a partir da área de armazenamento centralizada, o que também afeta negativamente a flexibilidade na linha de montagem.

A outra alternativa consiste em possuir uma configuração de armazenamento descentralizada em que os materiais são fornecidos a partir de supermercados para a linha de montagem. O armazenamento de material em locais mais próximos da linha de montagem (em supermercados) implica tempos de entrega mais curtos, consolidando o material para atender à necessidade na linha de montagem e no momento certo em que o material é necessário. Assim, o material pode ser apresentado em cargas unitárias menores, o que aumenta a acessibilidade para os operadores, além de diminuir o tempo de recolha e melhorar a ergonomia (Emde & Boysen, 2012). No entanto, os supermercados têm algumas desvantagens: exigem espaço e o material é armazenado de maneira menos eficiente do que numa área de armazenamento central, devido ao facto de que a maior parte do material necessitar ser facilmente acessível para os operadores (Emde & Boysen, 2012). Ao contrário da configuração de armazenamento centralizado, a descentralização possibilita uma maior flexibilidade na linha de montagem, menos entregas/transportes, mas engloba custos de *stock* mais altos (Battini et al., 2009).

#### 2.2.4 Transporte de materiais

De acordo com Sali et al. (2015), o processo de transporte de materiais consiste em recolher os itens preparados e entregá-los no seu ponto de uso na linha de montagem. Baudin (2004) distingue o transporte interno na fábrica e o transporte de entrada e saída. Para o transporte interno na fábrica, o autor afirma que é mais relevante reduzir o número de deslocações em vez de reduzir a distância percorrida nas deslocações, sendo mais benéfico realizar transportes de vários materiais na mesma entrega em vez de efetuar transportes diretos.

Colovic (2011) acrescenta que, a atividade de transporte interno consiste na transferência do material certo, entregá-lo no local certo, no momento certo, na quantidade necessária, de acordo com a encomenda solicitada, de modo a satisfazer as condições/requisitos e, em simultâneo, atingir os custos mínimos de produção. A organização do transporte interno requer o planeamento e a combinação da utilização de espaço, equipamento e material, de tal forma que trabalho humano seja executado com o mínimo de esforço.

Nomura & Takakuwa (2006) refere que os sistemas de transporte e movimentação de materiais (*material handling systems*) podem ser divididos em duas categorias:

- *manual based system* – sistema no qual os operadores fornecem os materiais com as mãos ou utilizando transportadores manuais;
- *automated based system* – sistema com método de transporte automático com recurso a equipamentos de movimentação de materiais, como por exemplo, veículos guiados autonomamente (AGV – *Automated Guided Vehicle*) ou robôs.

### ***Manual-based system***

Segundo Baudin (2004), para o transporte manual de materiais são, maioritariamente, utilizados os seguintes equipamentos: empilhadores, comboios logísticos, *trolleys/push carts* (carros de “empurrar”) e porta-paletes. Os vários equipamentos de transporte de materiais possuem vantagens e desvantagens e a sua utilização varia em função do tamanho das embalagens e da frequência dos materiais. O empilhador é adaptado para transportar materiais grandes e pesados em paletes diretamente de uma área de armazenamento para o ponto de uso, e é menos apropriado para o uso de pequenas cargas unitárias. Em comparação com o empilhador, o comboio logístico tem maior capacidade e é apropriado para pequenas cargas unitárias (Baudin, 2004). O comboio logístico é vulgarmente utilizado para rotas de transporte de materiais designadas de *milk-runs*, onde o comboio viaja num ciclo numa rota fixa a partir de um local de armazenamento descentralizado para as várias estações de trabalho, transportando todos os materiais necessários em cada rota (Sali et al., 2015). O *trolley/push cart* é uma alternativa de baixo custo para o transporte de pequenas cargas unitárias, como por exemplo caixas (Baudin, 2004). O porta-paletes é outro equipamento mais barato em comparação com o empilhador, sendo projetado principalmente para movimentos curtos e não pode executar elevações verticais (Baudin, 2004).

## **2.3 Introdução à simulação**

A partir do século 21, a simulação começou a ser uma tecnologia fundamental para apoiar e melhorar diversos tipos de sistemas. As simulações apresentam um enorme potencial para desenvolvimento e melhoria de produtos e processos de fabricação. Construir modelos de simulação detalhados de sistemas de produção e logística é a base para uma boa compreensão e análise do sistema (Tempelmeier, 2003; Zuniga et al., 2017). A modelação e análise de simulação é o processo de criação e experimentação de um modelo matemático computacional de um sistema físico e real (Chung, 2004).

A simulação é a imitação de uma operação, de um processo ou de um sistema real ao longo do tempo. A simulação envolve a geração de uma história artificial do sistema e a observação dessa história artificial

para extrair inferências sobre as características operacionais do sistema real que é representado (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2010).

De acordo com Hillier & Lieberman (2010), a simulação é uma técnica com vista a realizar experiências num modelo representativo de um sistema real, porque é mais conveniente e menos dispendioso do que realizar essas experiências no próprio sistema real.

A simulação pode ser usada para prever o comportamento de um sistema de manufatura, rastreando realmente todos os movimentos e a interação dos componentes do sistema e auxiliando na otimização desses sistemas (Stephens & Meyers, 2013).

O processo de simulação de sistemas de manufatura envolve as seguintes fases e etapas, representadas respetivamente por letras e números na Figura 9 (Fowler & Rose, 2004):



Figura 9 – Principais fases e etapas de um processo de simulação (adaptado de (Fowler & Rose, 2004))

A fase de *design* do modelo é uma parte muito importante, mas muitas vezes negligenciada do processo de simulação. Nesta fase, os intervenientes do projeto são identificados, os objetivos do projeto são claramente delineados e o plano básico do projeto é desenvolvido. Após a realização do trabalho preliminar e o modelo concetual projetado, a próxima fase é desenvolver o modelo. Esta fase envolve a escolha da abordagem de modelação, a construção do modelo e a verificação e validação do modelo. Na fase de implementação do modelo, a principal etapa é a execução do modelo. As simulações de

sistemas complexos podem demorar várias horas apenas numa replicação (por vezes designada por “corrida” do inglês “*run*”). Na análise de resultados, a geração automática de gráficos, tabelas e relatórios pode permitir uma diminuição significativa do tempo de análise. Na tomada de decisão, é da responsabilidade do gestor decidir se as medidas propostas são implementadas (Fowler & Rose, 2004).

Segundo Chung (2004), a modelação em simulação apresenta os seguintes benefícios:

- Experimentação em tempo comprimido

Como o modelo é simulado num computador, as experiências podem ser feitas em tempo comprimido. Essa é uma grande vantagem da experimentação no modelo porque alguns processos no sistema real podem levar meses ou até anos para serem concluídos. Os longos tempos de processamento do sistema podem tornar a análise robusta, difícil ou mesmo impossível de realizar. Com a simulação computacional, a operação e a interação de processos complexos podem ser simuladas em segundos. Também significa que várias replicações de cada simulação podem ser facilmente executadas para aumentar a confiabilidade estatística da análise.

- Requisitos analíticos reduzidos

Antes da existência da simulação por computador, era necessário utilizar outras ferramentas analiticamente mais exigentes. Além disso, os sistemas apenas poderiam ser analisados com uma abordagem estática num determinado momento do tempo. Em contraste, o advento das metodologias de simulação permitiu que os profissionais estudassem sistemas dinâmicos em tempo real durante as execuções de simulação. Além disso, o desenvolvimento de pacotes de *software* específicos para simulações ajudou os profissionais a isolar muitos dos complexos cálculos/estatísticas e requisitos de programação que poderiam ser necessários. Esses requisitos analíticos reduzidos facilitaram aos profissionais a análise de muitos tipos diferentes de sistemas.

- Modelos facilmente demonstrados

A maioria dos pacotes de *software* específicos para simulação possui a capacidade de animar dinamicamente o modelo. A animação é útil para aperfeiçoar o modelo e demonstrar como o modelo funciona. A animação também pode ser usada para descrever a operação e a interação dos processos do sistema simultaneamente e para demonstrar dinamicamente como o modelo do sistema manipula situações diferentes.

De acordo com Chung (2004), além das vantagens da modelação em simulação, também existem algumas desvantagens, que, apesar de não estarem diretamente ligadas à modelação/análise do

sistema, mas sim às expectativas associadas aos projetos de simulação, é necessária atenção por parte dos modeladores. As desvantagens são as seguintes:

- Simulação não pode fornecer resultados precisos quando os dados inseridos no modelo são imprecisos

O autor parafraseou a seguinte expressão: *“garbage in, garbage out”*. Não importa quão bom seja um modelo desenvolvido, se o modelo não possuir dados precisos, não se pode esperar obter resultados precisos. A recolha de dados é considerada a parte mais difícil do processo de simulação.

- Simulação não pode fornecer respostas fáceis para problemas complexos

De facto, é mais provável que respostas complexas sejam necessárias para problemas complexos. Se o sistema analisado possuir muitas componentes e interações, a melhor alternativa de política operacional ou de recursos provavelmente considerará cada elemento do sistema. É possível fazer suposições simplificadoras com o propósito de desenvolver um modelo razoável num período de tempo razoável. No entanto, se elementos críticos do sistema forem ignorados, qualquer política operacional ou de recursos provavelmente será menos eficaz.

- Simulação não pode resolver problemas por si só

A simulação fornece ao gestor potenciais soluções para resolver um problema. Cabe aos responsáveis pela gestão implementar efetivamente as mudanças propostas. Por esse motivo, é vantajoso para o profissional informar o gestor sobre o projeto e manter o gestor envolvido no projeto o máximo tempo possível.

A simulação é uma técnica amplamente reconhecida para abordar os desafios atuais da indústria de manufatura (Zuniga et al., 2017). Consequentemente, o número de ferramentas de simulação disponíveis também está a aumentar e a comparação de ferramentas torna-se uma tarefa necessária (Vieira et al., 2014). Dias, Vieira, Pereira, & Oliveira (2016), atualizando os estudos efetuados em anos anteriores (2006 e 2011), compararam diversas ferramentas com base na popularidade na internet, em publicações científicas na *Winter Simulation Conference* (WSC), redes sociais e outras fontes. A Figura 10 apresenta os dados resultantes do estudo.

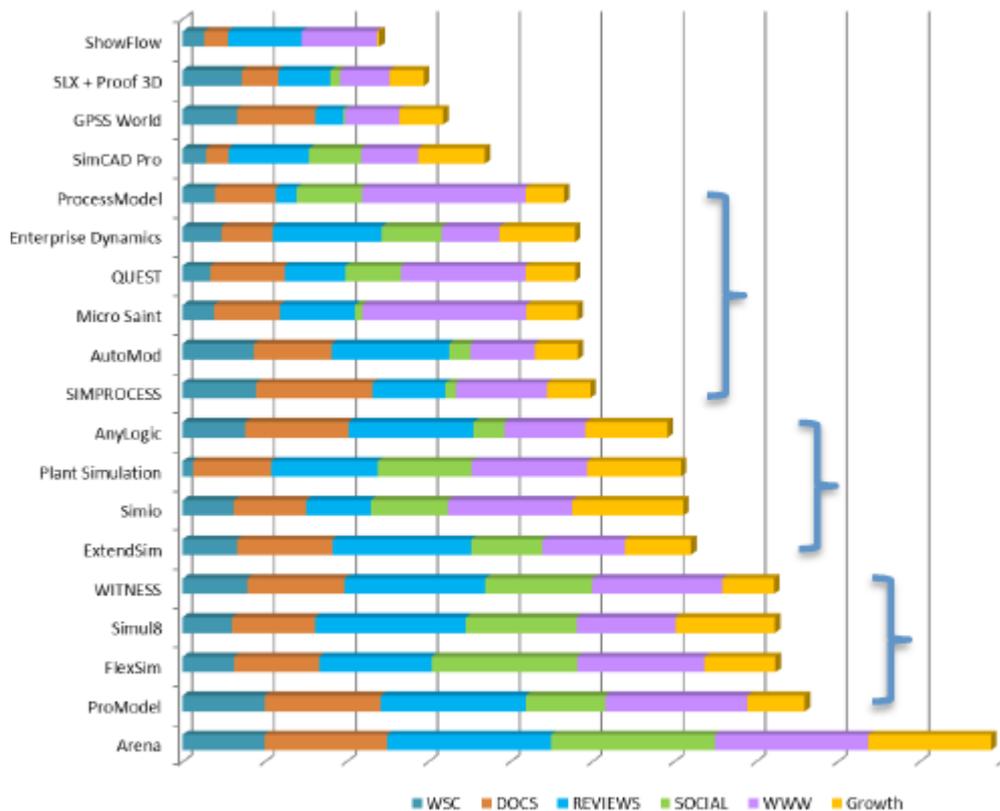


Figura 10 – Distribuição dos resultados para as várias ferramentas de simulação (Dias et al., 2016)

Pela observação da Figura 10, concluiu-se que a classificação final desse estudo indicou a ferramenta ARENA como a mais popular, permanecendo na primeira posição ao longo dos anos. O SIMIO, apesar de ser uma ferramenta nova no *ranking*, obteve boa classificação (Dias et al., 2016). Vieira et al. (2014) compararam as ferramentas ARENA e SIMIO em vários aspetos e concluíram que utilizar o SIMIO apresenta mais vantagens. Baseado nos estudos referidos anteriormente, o *software* utilizado no presente projeto de dissertação foi o SIMIO. Tal escolha deve-se também ao facto de este software de simulação ter sido lecionado na disciplina de Simulação Industrial do Mestrado em Engenharia Industrial.

### 2.3.1 Ferramenta de simulação: SIMIO

SIMIO é um *software* de simulação que adota uma abordagem de modelação baseada em objetos inteligentes combinados entre si e que representam os componentes físicos de sistemas reais. Um objeto apresenta um próprio comportamento personalizado, conforme definido pelo modelo interno, que responde a vários eventos no sistema. Os modelos podem ser construídos usando os objetos fornecidos nas bibliotecas padrão (conjunto de objetos de uso geral disponibilizados pelo SIMIO) ou podem ser criadas bibliotecas de objetos personalizados para áreas de aplicação específicas (Thiesing & Pegden, 2014; Prochaska & Thiesing, 2017).

Um dos recursos poderosos do SIMIO é que sempre que se constrói um modelo, pode-se transformar esse modelo num objeto simplesmente adicionando algumas propriedades de entrada e uma visão externa. O modelo pode ser colocado como um submodelo dentro de um novo modelo construído (Thiesing & Pegden, 2014; Prochaska & Thiesing, 2017).

Um objeto pode ser uma máquina, um robô, um avião, um cliente, um médico, um tanque, um autocarro, um navio, entre outros. A lógica e a animação do modelo são construídas como uma única etapa. O processo de construção de um objeto é muito simples e completamente gráfico, não havendo a necessidade de escrever código de programação para criar novos objetos (Thiesing & Pegden, 2014; Prochaska & Thiesing, 2017).

De seguida será descrito o ambiente/ *interface* do *software* tendo como base o trabalho desenvolvido por Thiesing & Pegden (2014).

A primeira interação com o início do SIMIO acontece com o próprio ambiente do *software* (painel “*Facility*”), representado na Figura 11, que consiste no espaço onde é desenhado o modelo, construindo a lógica e animação dos objetos.

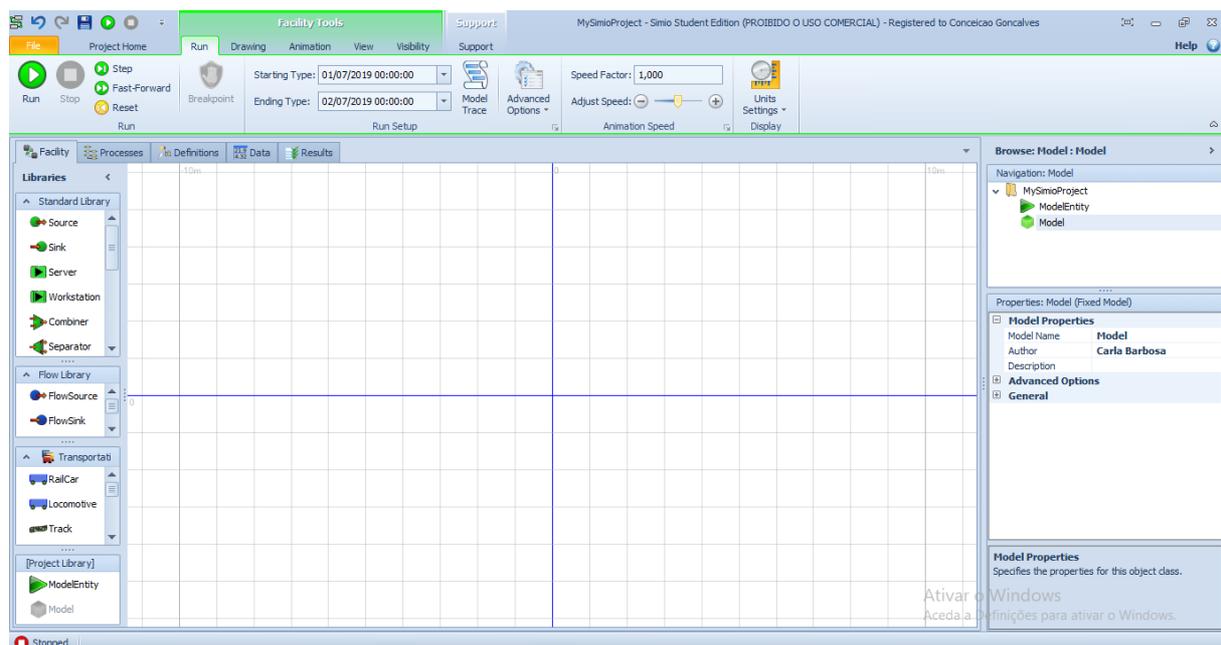


Figura 11 – Interface/Ambiente de trabalho inicial do SIMIO

No painel “*Facility*”, as principais áreas incluem:

- os separadores na parte superior: a Figura 11 realça a faixa “*Run*”, utilizada para correr (executar) o modelo;
- as bibliotecas de objetos expostas à esquerda na Figura 11: uma biblioteca de projetos “*project library*” com os objetos correspondentes aos modelos atuais do projeto, uma biblioteca padrão

“standard library” com objetos de uso geral e uma biblioteca de fluxo “flow library” com objetos que permitem modelar sistemas de processamento de fluxos, que não é utilizada no modelo de simulação apresentado no Capítulo 5. Os objetos da biblioteca “standard library” serão descritos posteriormente de forma resumida.

- o painel de navegação apresentado à direita Figura 11 onde se efetua a navegação dos projetos e edição de propriedades dos objetos.
- os painéis “Processes”, “Definitions”, “Data” e “Results”.

O painel “Processes”, representado na Figura 12, é usado para definir a lógica de processo customizada aos modelos. A capacidade de combinar a modelação baseada em objetos com a lógica dos processos no mesmo modelo é um dos recursos exclusivos do SIMIO.

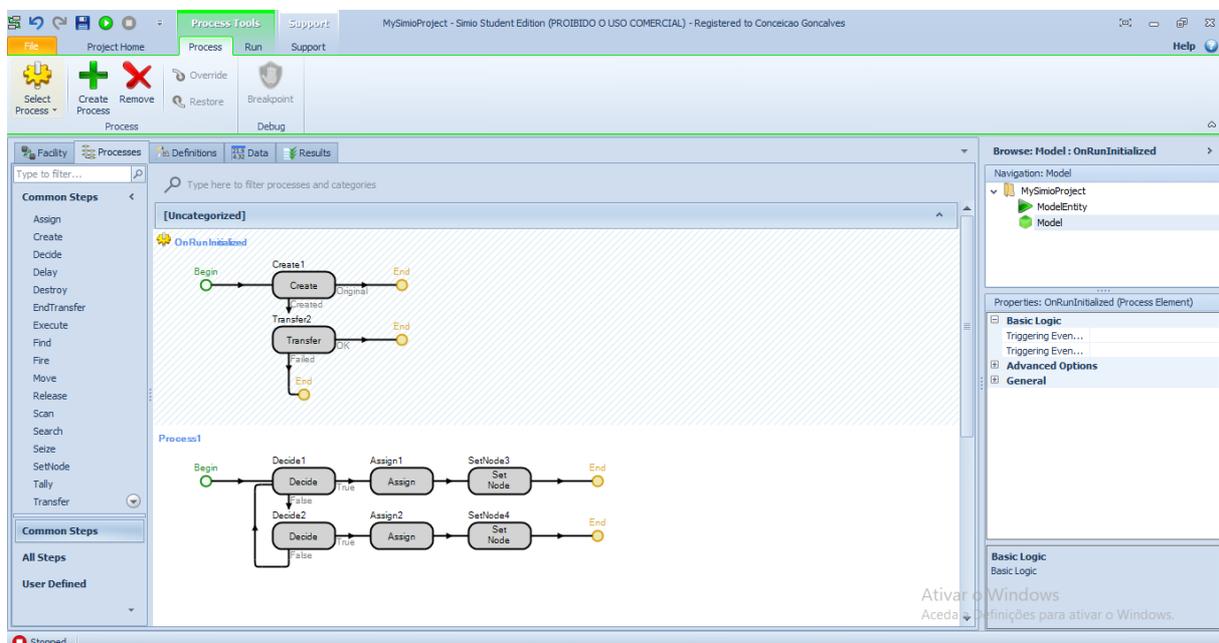


Figura 12 – Painel “Processes” do SIMIO

No painel “Definitions”, representado na Figura 13, são definidos diferentes aspetos do modelo, como a sua visualização externa, as propriedades, estados e eventos associados ao modelo.

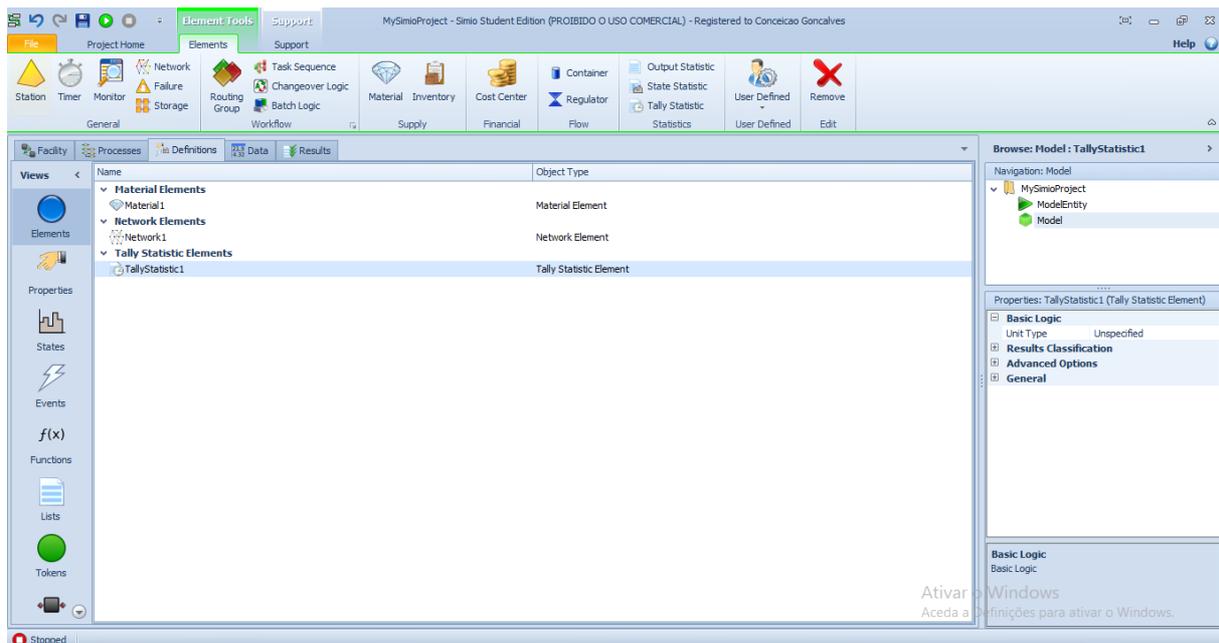


Figura 13 – Painel “Definitions” do SIMIO

No painel “Data”, representado na Figura 14, define-se os dados que podem ser usados pelo modelo e importados/exportados para fontes de dados externas.

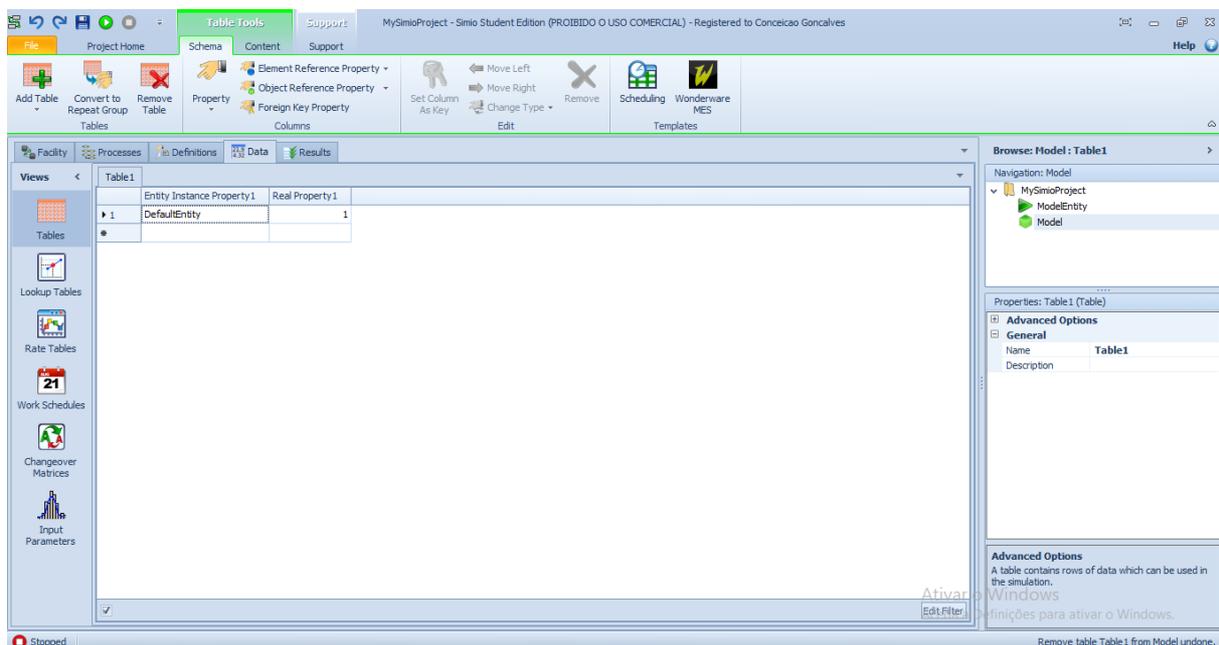


Figura 14 – Painel “Data” do SIMIO

O painel “Results”, representado na Figura 15, exibe a saída do modelo na forma de uma tabela dinâmica e também de relatórios tradicionais.

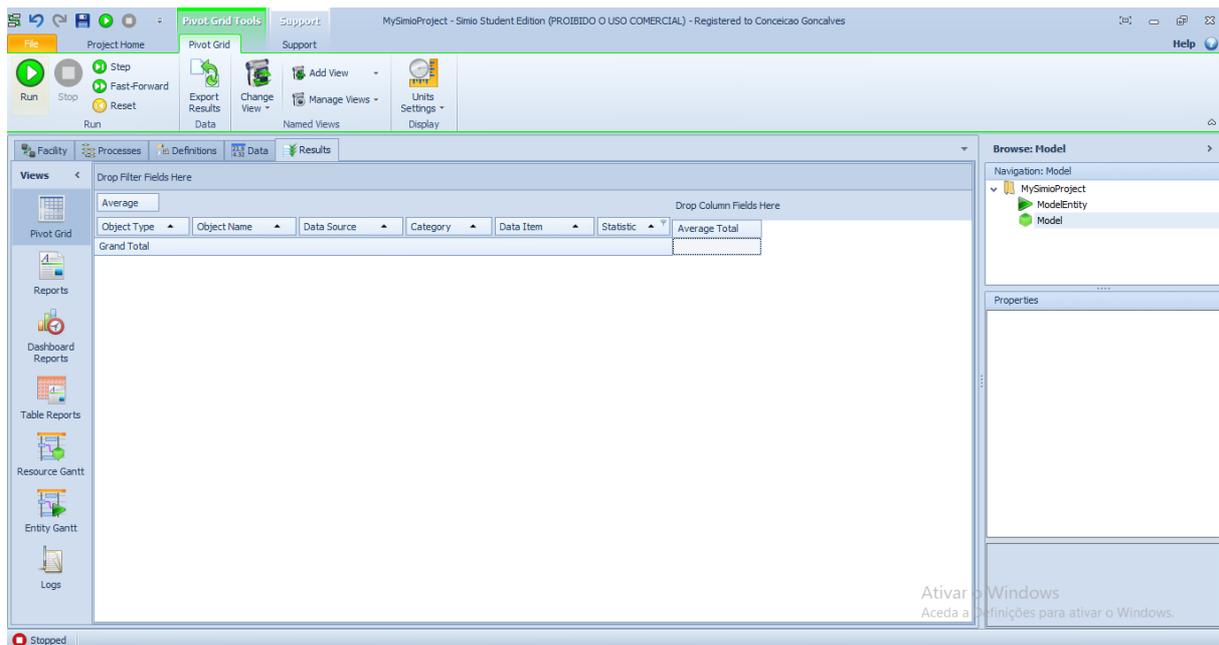


Figura 15 – Painel “Results” do SIMIO

## Biblioteca de objetos

Na Tabela 1 apresentam-se os objetos e respetivas descrições disponíveis na “Standard Library”.

Tabela 1 – “Standard Library” do SIMIO (adaptado de (Thiesing & Pegden, 2014))

Objeto	Descrição
<i>Source</i>	Gera entidades de um tipo específico e padrão de chegada.
<i>Sink</i>	Destroi entidades que concluíram o processamento no modelo.
<i>Server</i>	Representa um processo capacitado, como uma máquina ou operação de serviço.
<i>Workstation</i>	Inclui 3 etapas: “ <i>processing</i> ”, “ <i>secondary resources</i> ”, e “ <i>material requirements</i> ”.
<i>Combiner</i>	Combina várias entidades com uma entidade pai (por exemplo, um palete).
<i>Separator</i>	Divide um grupo de entidades num lote ou cria cópias de uma única entidade.
<i>Resource</i>	Um objeto genérico que pode ser apreendido e liberado por outros objetos.
<i>Worker</i>	Um recurso móvel que pode ser usado para tarefas ou para transportar entidades.
<i>Vehicle</i>	Um transportador que pode seguir uma rota fixa ou executar <i>pick-ups/drop-offs</i> sob procura.
<i>BasicNode</i>	Modela uma intersecção simples entre vários links.
<i>TransferNode</i>	Modela uma intersecção complexa para alterar o modo de destino e de viagem.
<i>Connector</i>	Um simples caminho de tempo zero entre dois nodos.
<i>Path</i>	Um caminho onde as entidades podem se mover independentemente nas suas próprias velocidades.
<i>TimePath</i>	Um caminho que tem um tempo de viagem específico para todas as entidades.
<i>Conveyor</i>	Um caminho que modela os dispositivos de transporte acumulados e não acumuláveis.

## Janela de Experiências

No SIMIO existem dois modos básicos para executar modelos. O primeiro modo é o modo interativo, onde se pode assistir ao modelo animado, executar e visualizar tabelas e gráficos dinâmicos que resumem o comportamento do sistema. É útil para construir e verificar/validar o modelo, além de disponibilizar informações gerais sobre o desempenho do sistema. Uma vez concluída a validação do modelo, o próximo passo é tipicamente definir cenários específicos para testar o modelo.

No modo de experiências, demonstrado na Figura 16, define-se uma ou mais propriedades no modelo que se pode alterar para perceber o impacto no desempenho do sistema. Essas propriedades, expostas na janela “*Experiments*” como “*Controls*”, podem ser usadas para variar fatores como velocidades de transporte ou o número de operadores disponíveis. Essas propriedades do modelo são referenciadas por um ou mais objetos no modelo. Na janela “*Experiments*” é também possível adicionar “*Responses*” que geralmente representam os *Key Performance Indicators* (KPIs), que ajudam a tomada de decisão principal sobre o melhor cenário. Também é possível adicionar restrições que serão aplicadas automaticamente antes ou depois de uma execução para evitar a execução ou, posteriormente, descartar um cenário que viole uma restrição de entrada ou saída.

The screenshot shows the SIMIO software interface. The main window displays a table of experimental results. The table has columns for Scenario Name, Status, Replications (Required and Completed), Controls (DesireSpeed\_Workers), and Responses (Worker1\_ScheduleUtilization, Worker2\_ScheduleUtilization, Worker3\_ScheduleUtilization). The scenarios are numbered 1 through 10, all with a status of 'Idle'. The 'DesireSpeed\_Workers' control values range from 0.5 to 1.5. The utilization values for the three workers are also listed for each scenario.

Scenario	Name	Status	Required	Completed	Controls	Responses			
Scenario1	Scenario1	Idle	100	100 of 100	DesireSpeed_Workers (Meters per Second)	0,5	96,4143	96,6272	94,8072
Scenario2	Scenario2	Idle	100	100 of 100		0,6	93,3363	95,6132	92,6237
Scenario3	Scenario3	Idle	100	100 of 100		0,7	87,9983	93,7531	88,7645
Scenario4	Scenario4	Idle	100	100 of 100		0,8	83,978	90,751	84,4863
Scenario5	Scenario5	Idle	100	100 of 100		0,9	80,8346	87,0158	79,8138
Scenario6	Scenario6	Idle	100	100 of 100		1	78,2857	83,0553	75,2191
Scenario7	Scenario7	Idle	100	100 of 100		1,1	76,1994	78,9664	70,9594
Scenario8	Scenario8	Idle	100	100 of 100		1,2	74,4462	74,9649	67,1758
Scenario9	Scenario9	Idle	100	100 of 100		1,3	72,9651	71,2384	63,7174
Scenario10	Scenario10	Idle	100	100 of 100		1,4	71,6838	67,7662	60,5917
Scenario11	Scenario11	Idle	100	100 of 100		1,5	70,5826	64,534	57,8222

Figura 16 – Janela “*Experiments*” do SIMIO

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo dedica-se à apresentação da empresa onde foi desenvolvido o presente projeto de dissertação. Numa primeira fase faz-se uma breve apresentação da empresa a nível global com o intuito de dar a conhecer a sua dimensão. Numa segunda fase é feita uma descrição das instalações da empresa em Braga. Posteriormente descrevem-se, sucintamente, as áreas de produção existentes na fábrica de Braga, dando maior ênfase ao Edifício 1 onde foi realizado o projeto de dissertação. Por último é feita uma explicitação em geral do planeamento e controlo de produção.

#### 3.1 Grupo AptivPort Services

A AptivPort Services é uma empresa multinacional de tecnologia avançada que desenvolve soluções mais seguras, mais ecológicas e mais conectadas, permitindo o futuro da mobilidade. Esta empresa dedica-se à produção de autorrádios, sistemas de navegação, módulos controladores e *displays* para a indústria automóvel.

A AptivPort Services encontra-se sediada em Dublin na Irlanda e é considerada uma das maiores empresas fornecedoras de componentes para automóveis em todo o mundo. Anteriormente conhecida como *Delphi Automotive*, a AptivPort Services surge em 2017 após a conclusão do *spin-off* do segmento *Powertrain* da Delphi. Com a cisão da sua divisão, a *Delphi Automotive* deu origem a duas novas empresas: AptivPort Services e Delphi Technologies, com ilustrado na Figura 17.

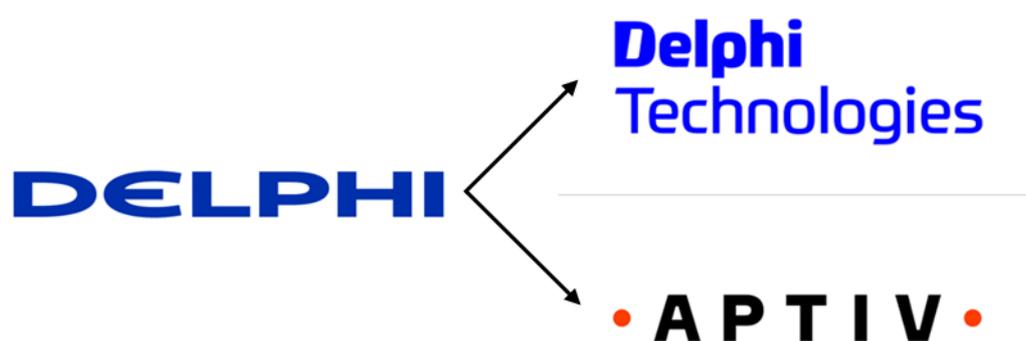


Figura 17 - Logótipos das empresas após cisão da Delphi

A AptivPort Services passou assim a englobar as áreas de *Electronics & Safety*, e *Electrical/Electronic Architecture* focando-se nas áreas da segurança ativa e manuseamentos autónomos. A Delphi Technologies ficou com a área de *Powertrain* que se foca no desenvolvimento de sistemas de propulsão

avançada de veículos. Atualmente, o grupo AptivPort Services emprega aproximadamente 147.000 colaboradores, dispersos por 45 países, operando em 109 unidades de fabricação e 14 centros técnicos.

### 3.2 AptivPort Services em Portugal

Em Portugal, a AptivPort Services está representada em três localizações diferentes, como podemos observar na Figura 18, possuindo duas unidades fabris, em Braga e Castelo Branco, e um centro técnico de excelência na freguesia de Lumiar, pertencente ao concelho de Lisboa.

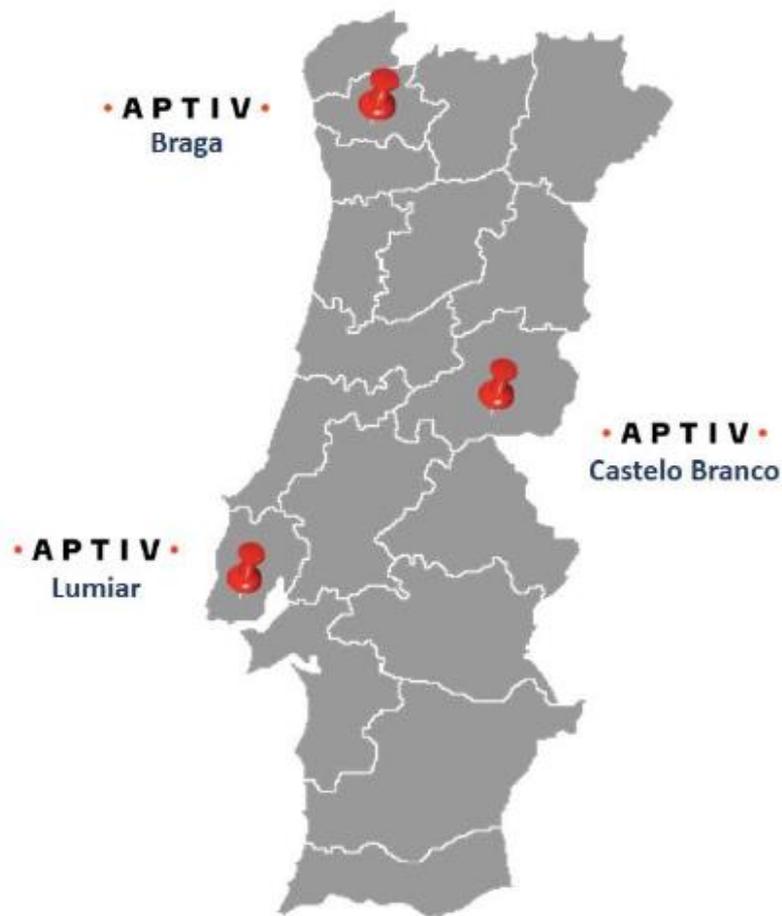


Figura 18 - Localizações da AptivPort Services em Portugal

O presente projeto de investigação foi desenvolvido na fábrica da AptivPort Services de Braga. A Figura 19 apresenta uma imagem da fachada principal do Edifício 1 da fábrica da AptivPort Services em Braga. Esta fábrica insere-se na área *Eletronic & Safety* e dedica-se à produção de autorrádios, sistema de navegação, *displays* e módulos controladores para a indústria automóvel.



Figura 19 - Instalações da AptivPort Services de Braga

Atualmente, o complexo industrial de Braga é constituído por quatro edifícios, identificados na imagem aérea apresentada na Figura 20, ocupando, no total, uma área de 33.000 m<sup>2</sup>.



Figura 20 - Complexo Industrial da AptivPort Services de Braga

Os Edifícios 1 e 2 constituem as duas unidades produtivas da AptivPort Services em Braga. O primeiro (ED1) destina-se à produção de componentes eletrónicos. O segundo (ED2) dedica-se à produção dos componentes plásticos e, em 2017, reativou uma área produtiva dedicada à montagem final de módulos controladores de automóveis e efetuou-se a transferência de uma secção de montagem final de aparelhos *low runners* do Edifício 1 para o Edifício 2. O Edifício 4 (ED4) representa o centro de investigação e

desenvolvimento da AptivPort Services em Braga onde será desenvolvida tecnologia de ponta para os maiores fabricantes da indústria automóvel da Europa. Por fim, Edifício 3 (ED3) é utilizado para armazenar a matéria-prima necessária à produção.

### 3.3 Área produtiva de componentes eletrónicos

A área produtiva de componentes eletrónicos é responsável pela inserção de todos os componentes eletrónicos que, juntamente com os componentes plásticos provenientes do Edifício 2 dão origem aos produtos acabados. Atualmente, a área produtiva de componentes eletrónicos encontra-se implantada tanto no Edifício 1 como no Edifício 2. O Edifício 1 é constituído por três secções de montagem:

- Montagem automática de componentes eletrónicos (SMT - *Surface Mount Technology*);
- Montagem manual de componentes eletrónicos (CBA - *Circuit Board Assembly + Sub-Assembly*);
- Montagem final ou (FA - *Final Assembly*).

Na Figura 21 apresenta-se um esquema do *layout* da área produtiva de componentes eletrónicos do Edifício 1.

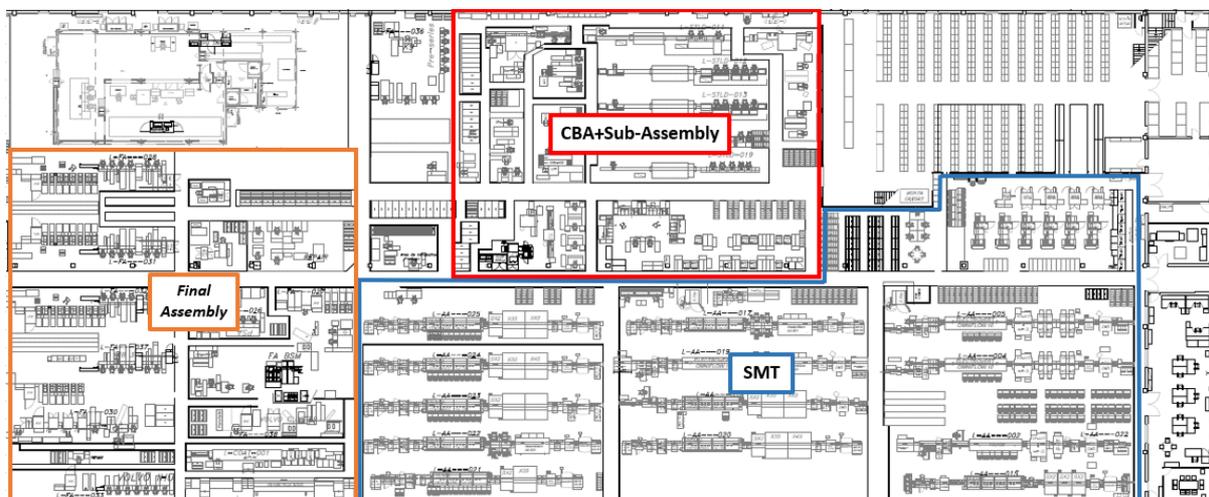


Figura 21 - Layout da área produtiva do Edifício 1

Na Figura 21 destacam-se a vermelho a secção *CBA+Sub-Assembly*, a azul a secção de *SMT* e a verde a secção de *Final Assembly*. É nas secções de montagem manual de componentes eletrónicos (*CBA+Sub-Assembly*) e montagem final (*Final Assembly*) que surge o problema relacionado com esta dissertação.

### 3.3.1 Fluxo produtivo da área de componentes eletrônicos

No processo produtivo de componentes eletrônicos, existem alguns IC's (*Integrated Circuit*) que necessitam de ser programados previamente ao início do processo de montagem automática de componentes, para posteriormente serem colocados nas placas em SMT já com a devida programação. Depois da sua programação, estes IC's são encaminhados para a área de montagem automática de componentes (SMT). Por outro lado, os IC's que não necessitam de programação são transportados através de um robô (AIV – *Autonomous Intelligent Vehicle*) diretamente do armazém (*picking*) para as respectivas secções. Uma vez que nas máquinas automáticas não é possível a colocação de todos os componentes eletrônicos necessários devido às suas dimensões, as placas resultantes da área SMT seguem para a montagem manual CBA (ou também denominada *Sticklead*). Posteriormente, as placas são encaminhadas para a secção de *Final Assembly*, onde se efetua a colocação das restantes peças necessárias para o produto final. Finalizando todo este processo, o produto final é colocado em caixas e posteriormente transportado através de uma carrinha para a área de expedição do Edifício 2, onde se prepara o envio ao cliente.

Na Figura 22 mostra-se, de forma resumida, um esquema do fluxo produtivo da área de componentes eletrônicos.

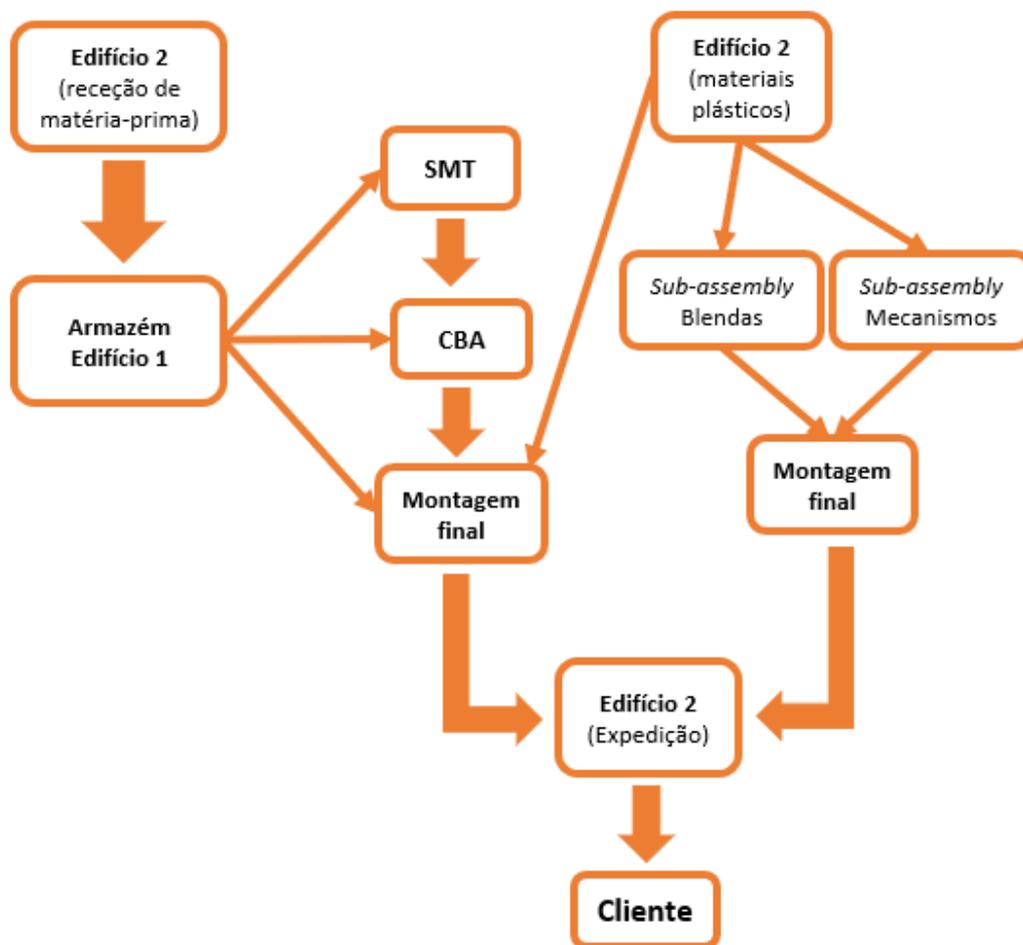


Figura 22 - Esquema do fluxo produtivo da área de componentes eletrônicos

### 3.3.2 Montagem manual de componentes eletrônicos (CBA ou *Sticklead*)

Após a montagem automática de componentes eletrônicos na área SMT, as placas seguem para a área de montagem manual (CBA) para serem colocados os componentes que não foram inseridos nas placas na área SMT. Na Figura 23 estão representadas todas as divisões representativas da secção de montagem manual CBA.

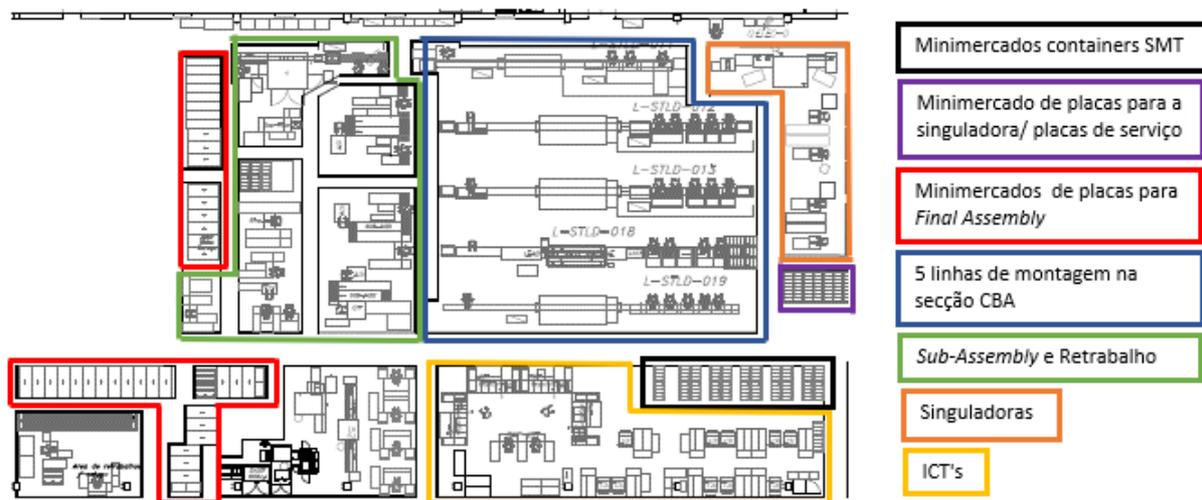


Figura 23 - Layout da secção produtiva CBA

Antes de se iniciar a colocação de componentes propriamente dita, a maioria das placas necessitam de serem individualizadas passando por um processo de singulação, isto é, passam pela singuladora para serem cortadas. Após essa etapa, as placas já individualizadas são colocadas em tabuleiros e seguem para as respetivas linhas de produção. Posteriormente à colocação de todos os componentes eletrónicos nos respetivos postos, as placas passam por teste AOI (*Automated Optical Inspection*) para a verificação da qualidade das mesmas. Após validação, com intuito de assegurar a flexibilidade das linhas de montagem, algumas placas necessitam de um processo de *sub-assembly* e/ou retrabalho, onde se efetua a pré-montagem de outros componentes (por exemplo, *bluetooth* e ventoinhas) em placas de modelos específicos. Por fim, as placas são colocadas em tabuleiros e armazenadas nos minimercados correspondentes, para, posteriormente, serem utilizados na montagem final do produto. Nesta secção, existe ainda uma área de ICT's (*In Circuit Test*) cujo objetivo é verificar a existência de curto-circuitos nas placas.

### 3.3.3 Montagem final da área produtiva de componentes eletrónicos (FA)

Após a montagem de todos os componentes eletrónicos, procede-se à montagem final do produto. A secção de montagem final é composta por linhas destinadas a cada produto. Na Figura 24 representa-se o *layout* da secção de montagem final de aparelhos (*Final Assembly*).

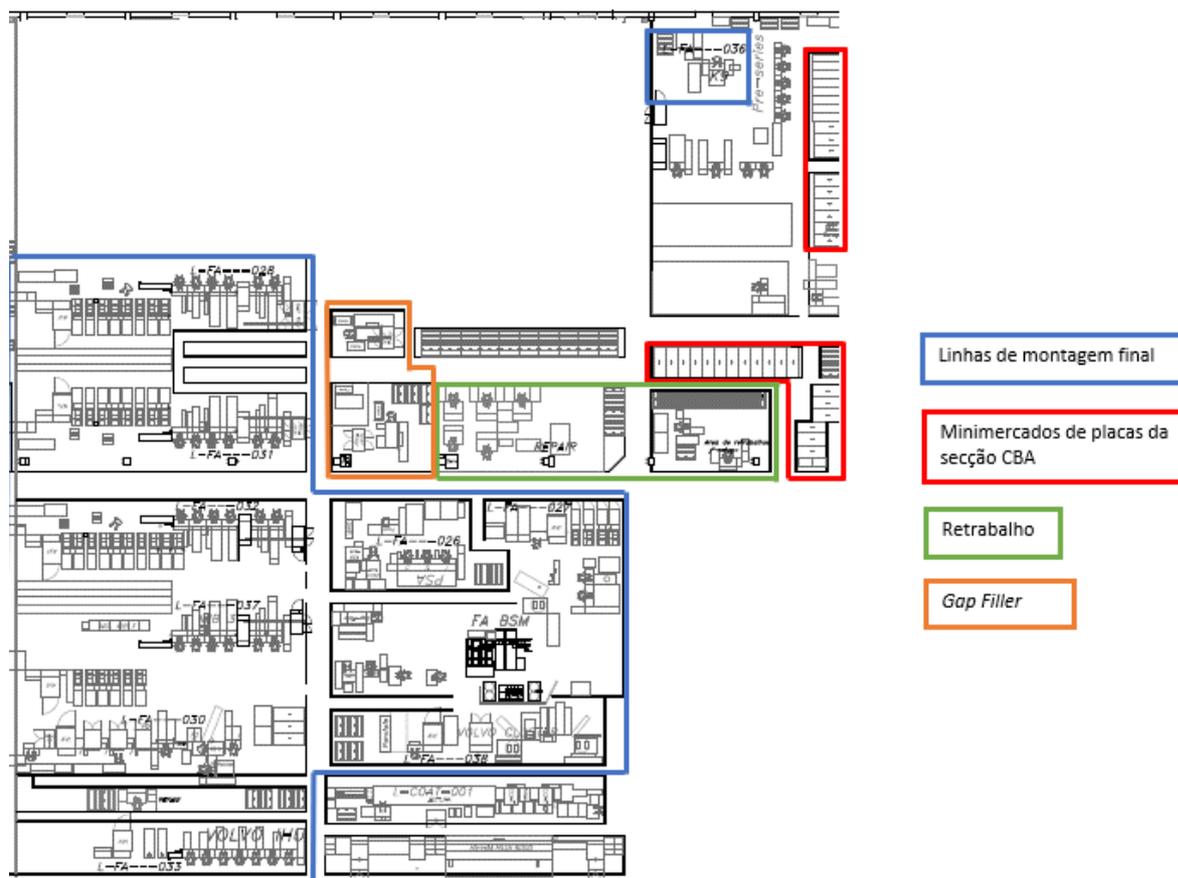


Figura 24 - Layout da secção produtiva Final Assembly

É na área de *Final Assembly* que se montam as placas nas restantes peças de maior dimensão, como por exemplo, blendas, *displays*, caixilhos, mecanismos, botões e tampas. Os caixilhos, em particular, necessitam do processo *Gap Filler* onde é colocada uma pasta dissipadora de calor e serão depois reencaminhados para as rampas das linhas de montagem final. Após a montagem final, os produtos seguem para uma série de testes e caso sejam validados estão prontos para serem enviados para o cliente final. Todos os produtos são transportados para a área de expedição do Edifício 2 e aí se preparam os envios para os clientes. No decorrer da montagem, caso seja detetada alguma inconformidade num componente, esse componente é redirecionado para a zona de retrabalho, onde efetuarão as inspeções necessárias e se possível resolver as inconformidades.

### 3.4 Planeamento e Controlo de Produção

Na AativPort Services em Braga, o planeamento e controlo da produção é efetuado em três fases com horizontes temporais distintos (Pinto, 2015), esquematizadas na Figura 25. Salienta-se que o planeamento da produção apresentado é uma definição própria da empresa.

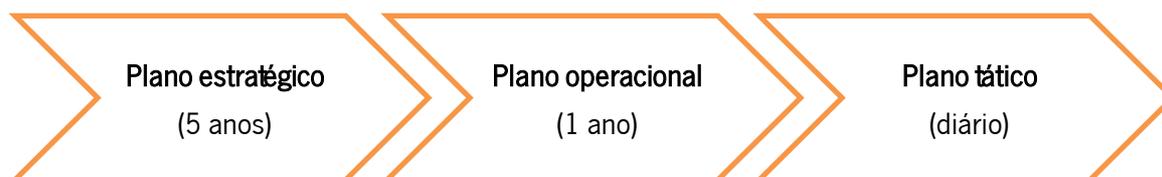


Figura 25 - Planeamento da produção na AptivPort Services em Braga

O plano estratégico é projetado para um horizonte temporal de cinco anos, corresponde essencialmente à implementação de novos produtos e é executado pelo departamento de Engenharia.

O plano operacional é efetuado pelo departamento de PC&L (*Planning Control & Logistics*) e é apresentado para um horizonte temporal de um ano e é revisto diariamente. A este nível, o planeamento da produção é realizado seguindo a estratégia *Pull* com base nas encomendas dos clientes. Este plano é revisto diariamente com o intuito de analisar as atualizações de encomendas por parte dos clientes e realizar ajustes quando necessário para nivelar a produção.

O plano tático é aplicado diariamente e está ao encargo do departamento de PC&L e dos chefes de linha, que são responsáveis por, no início de cada dia definir a sequência de produção e lançar as ordens de produção.

O controlo da produção é realizado pelos chefes de linha, em contato com o departamento PC&L, através da análise diária dos indicadores de desempenho das linhas de produção, para o caso de existir a necessidade de realizar alterações e ajustar a produção face ao que foi planeado.

## 4. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE ABASTECIMENTO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL

Este capítulo contempla a descrição dos processos de abastecimento de materiais, com intuito de exibir o número e a distribuição dos colaboradores pelas secções produtivas em estudo. O propósito deste capítulo passa por analisar a situação inicial dos processos de abastecimento de materiais, de forma a identificar oportunidades de melhoria.

### 4.1 Descrição dos processos de abastecimento de materiais às linhas de montagem

Na empresa, as tarefas de abastecimento de materiais às linhas de produção são efetuadas por colaboradores de dois departamentos diferentes:

- 1) *Operations*;
- 2) *Production Control & Logistics* (PC&L).

Nas secções produtivas em estudo, os operadores do departamento *Operations* são responsáveis pelo abastecimento de materiais *work-in-process* (WIP) nas linhas de produção, nomeadamente PCB's (*Printed Circuit Board*). Os operadores do departamento PC&L são responsáveis pelo abastecimento de materiais às linhas de produção, principalmente matéria-prima, recolhendo-os no armazém. O presente projeto de dissertação incidirá sobre as tarefas realizadas pelos colaboradores do departamento PC&L.

Atualmente, a área produtiva de montagem manual de componentes eletrónicos possui dezasseis “operadores PC&L”, sendo que nove colaboradores estão afetos ao turno da manhã e os restantes sete ao turno da tarde. Cada colaborador está atribuído a uma rota específica de abastecimento de materiais.

#### Tipos de rotas

Atualmente na empresa existem três tipos de rotas: internas, externas e mistas (isto é, internas + externas). Segundo definição da empresa, nas rotas internas, o operador não se desloca da sua zona de trabalho, tem como tarefas o abastecimento dos materiais nas linhas de montagem e a recolha de embalagens vazias. Nas rotas externas, o operador desloca-se ao armazém para recolher/reabastecer os materiais e transportar as embalagens vazias. Nas rotas mistas, o operador além de abastecer as linhas de produção e recolher as embalagens vazias, também necessita recolher matéria-prima do armazém.

O projeto de dissertação incidirá sobre as tarefas dos operadores do departamento PC&L. As tarefas de abastecimento de materiais realizadas pelos “operadores PC&L” possuem um carácter acíclico, ou seja,

não são executadas de forma/frequência constante. Tal acontece devido às variações nos tempos de ciclos, diferentes volumes de produção, *changeovers* forçados, diferentes quantidades abastecidas em caixas, entre outros. Conseqüentemente, os colaboradores não conhecem exatamente as quantidades necessárias nem a frequência de abastecimento às linhas de produção.

Dado que o número de “operadores PC&L” são distintos no turno da manhã (nove) e no turno da tarde (sete), as rotas afetas a cada colaborador são também diferentes. A Figura 26, mostra-nos a forma como se encontram distribuídos os “operadores PC&L” nas nove rotas existentes no turno da manhã.

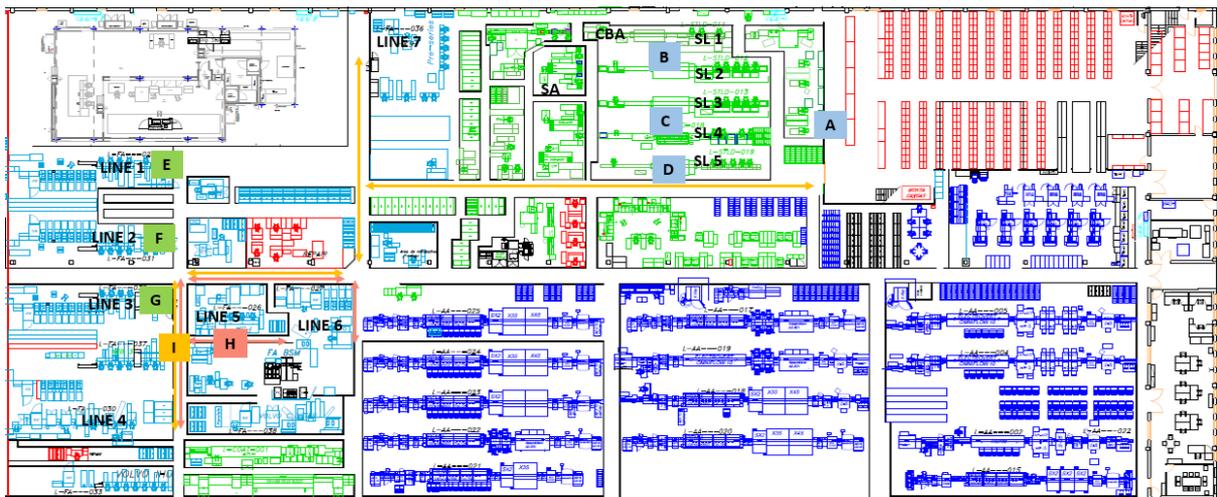


Figura 26 - Mapeamento das rotas PC&L no turno da manhã

No armazém, existe um colaborador PC&L responsável pela preparação do material necessário para as linhas de produção (SL1, SL2, SL3 e SL4), representado pela letra A da Figura 26. As rotas B e C são semelhantes em termos de tarefas efetuadas, isto é, os colaboradores efetuam o abastecimento do material, recolha de vazios e deslocação ao armazém para recolherem o material necessário e preparado pelo operador A. Especificamente, a rota B diz respeito às linhas SL1 e SL2 e a rota C às linhas SL3 e SL4. A rota D difere das anteriores por ser uma rota mista (interna + externa) e é por esse motivo que o operador é responsável apenas pela linha SL5.

Na montagem final de aparelhos (*Final Assembly*) existem três rotas mistas efetuadas pelos operadores E, F e G, uma rota interna efetuada pelo operador H e uma rota externa efetuada pelo operador I. Os operadores H e I diferem dos restantes por serem responsáveis por várias linhas (LINE 4, LINE 5, LINE 6 e LINE 7 da Figura 26).

As sete rotas dos “operadores PC&L” no turno da tarde estão apresentadas na Figura 27.

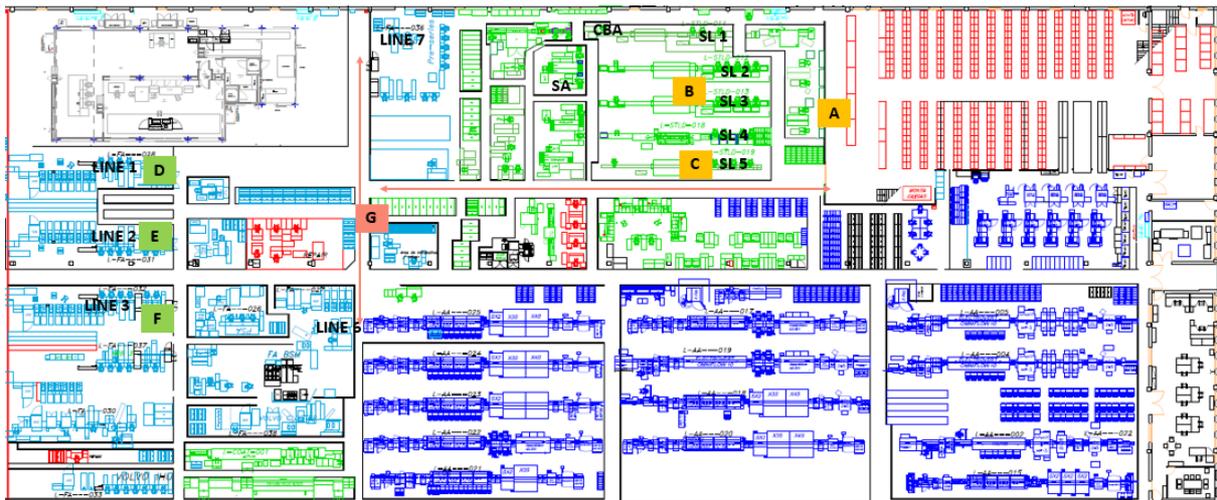


Figura 27 - Mapeamento das rotas PC&L no turno da tarde

Existem algumas diferenças em relação ao turno anterior, ambas devido ao menor número de linhas de produção em funcionamento. Sendo assim, apenas existe um colaborador (A) responsável pela preparação do material (rota interna) e um colaborador (B) responsável pelo abastecimento das linhas SL2 e SL3 (rota externa), contudo as tarefas permanecem as mesmas. O operador G que é responsável pelas linhas de montagem final (LINE 6 e LINE 7 da Figura 27) efetua uma rota mista, o que difere das tarefas do colaborador do turno da manhã.

No âmbito deste trabalho serão estudadas as rotas externas A e I, as rotas internas B e C e as rotas mistas E e F da Figura 26 que são equivalentes às rotas mistas D e E, respetivamente, da Figura 27, por serem as mais representativas em termos de folga de capacidade de recursos.

## 4.2 Análise crítica da situação inicial

O presente projeto de dissertação tem como objetivo a análise das rotas de abastecimentos de materiais, realizadas pelos “operadores PC&L”, às secções de montagem manual (*CBA+Sub-Assembly*) e de montagem final (*Final Assembly*), encontrando possíveis oportunidades de melhoria para a otimização dessas mesmas rotas.

### 4.2.1 Descrição das linhas de montagem manual de componentes eletrónicos (*CBA + Sub-Assembly*)

Com o intuito de perceber que linhas de produção em estudo da secção CBA requerem maior atenção por parte dos colaboradores, foi analisado, com base na produção total diária, a produção por linha de produção. O estudo foi executado durante o mês de fevereiro e os resultados obtidos estão representados no gráfico da Figura 28.

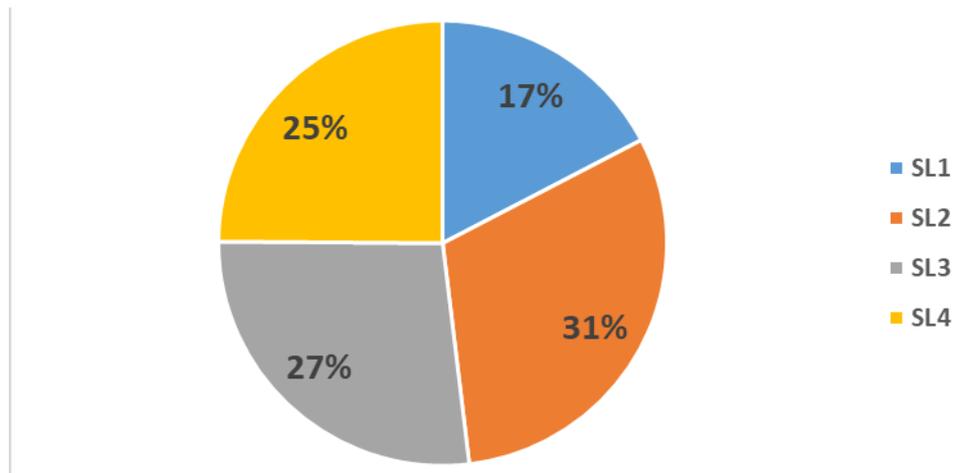


Figura 28 – Produção diária por linha de produção na secção CBA

Pela análise do gráfico da Figura 28, efetuando um somatório, podemos constatar que as linhas SL1+SL2 possuem 48% da produção e as linhas SL3+SL4 detêm 52% da produção. As linhas SL2 e SL3 apresentam maior percentagem de produção, requerendo maior atenção por parte dos colaboradores responsáveis pelo abastecimento de materiais.

Dado a enorme variedade de projetos trabalhados na secção CBA, foi realizado um estudo com a intenção de perceber os projetos maioritariamente produzidos em cada linha de produção. Esse estudo decorreu durante o mês de fevereiro e o seu objetivo consistia em avaliar as percentagens dos projetos trabalhados nas linhas e verificar qual projeto possuía a maior percentagem de ocupação da linha.

O primeiro passo foi, para cada dia útil da semana, recolher a informação da produção por turno em cada linha de produção em CBA numa plataforma que a empresa disponibiliza. Posteriormente, com a informação da quantidade total produzida por turno, foi possível obter as percentagens de cada projeto na respetiva linha de produção em CBA. Por último, realizando este raciocínio para todo o mês, efetuou-se uma média de todas as percentagens dos dias úteis de trabalho. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. Salienta-se que, dado as linhas SL1, SL3 e SL4 serem linhas onde existe uma mudança constante de projetos, foram analisados os projetos maioritariamente produzidos. Nas linhas SL1, SL2, SL3 e SL4, o somatório das percentagens de produção por linha não equivale a 100%, porque a restante percentagem corresponde aos projetos menos representativos, sendo percentagens pouco significativas.

Tabela 2 - Projetos maioritariamente trabalhados em cada linha de produção na secção CBA

Linha CBA	Projeto	Percentagem de trabalho
SL1	Projeto X	38%
	Projeto I	37%
SL2	Projeto Y	98%
SL3	Projeto Z	39%
	Projeto M	21%
SL4	Projeto W	48%
	Produto P	26%

De acordo com os projetos resultantes do estudo efetuado, foram analisados os respetivos modelos segundo o critério de menor tempo de ciclo, ou seja, o cenário mais exigente no que diz respeito à necessidade de abastecimento de materiais nas rampas das linhas de produção (menor tempo de duração das embalagens).

As rampas das linhas de produção são ligeiramente inclinadas e compostas por sistemas giratórios, permitindo o deslizamento das embalagens através da força da gravidade e a uma velocidade controlada, facilitando o abastecimento de materiais e permitindo que todos os materiais fiquem ao alcance dos operadores das linhas facilitando o acesso e assegurando o FIFO (*First-In-First-Out*) (Hayati et al., 2015). As rampas de abastecimento de materiais nas linhas de produção são fixas, sendo comuns a todos os projetos trabalhados em cada linha de produção. Em cada rampa de um posto de trabalho pode ser colocado um tipo de material ou mais do que um tipo de material. Também, conforme o projeto trabalho na linha, pode não ser necessário utilizar todas as rampas de um posto de trabalho.

De seguida serão descritas as linhas de produção da secção CBA + *Sub-Assembly* em estudo e os projetos maioritariamente produzidos em cada linha. Dado que os dois “operadores PC&L” afetos às rotas de abastecimento de materiais são responsáveis, cada um, por duas linhas de produção, será apresentado a informação em dois módulos: *SL1+SL2+Sub-Assembly* e *SL3+SL4*.

### *SL1+SL2+Sub-Assembly*

A imagem da linha de produção SL1 é apresentada na Figura 29.



Figura 29 - Imagem da linha SL1 da secção CBA

A SL1 é composta por apenas um posto de trabalho. O “operador PC&L” abastece os materiais em três rampas presentes no único posto (posto 1).

- Produto X:

Os materiais consumidos na montagem do Produto X, o produto maioritariamente produzido na SL1 (com uma percentagem de 38% da produção total), encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Materiais abastecidos na linha SL1 da secção de CBA para a montagem do Produto X

Posto 1
Antena Branca
Placa Ligação
IC
Suporte IC
Elemento Contato
Condensador
Conetor B2B

- Produto I:

O Produto I é o segundo produto mais produzido na SL1 (37%), contudo possui uma percentagem muito próxima ao Produto X. Na Tabela 4 consta os materiais consumidos na montagem do Produto I no único posto da linha SL1.

Tabela 4 - Materiais abastecidos na linha SL1 da secção de CBA para a montagem do Produto I

<b>Posto 1</b>
Placa
Conetor Amarelo
Condensador

Na Figura 30 está apresentada a imagem da linha de montagem SL2.



Figura 30 - Imagem da linha SL2 da secção CBA

A SL2 é composta por dois postos de trabalho. Existem duas rampas no posto 1 e quatro rampas no posto 2 onde o “operador PC&L” abastece os materiais. Os materiais abastecidos em cada posto de trabalho na montagem do Produto Y estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da SL2 na montagem do Produto Y

<b>Posto 1</b>	<b>Posto 2</b>
Conetor <i>Most</i>	<i>Backplate</i>
Caixa Ligação	<i>Bracket</i>
Antena Rosa e Amarela	<i>IC</i>
Antena Azul	
Antena Branca Dupla	

Na Figura 31, apresenta-se o *layout* da área de *Sub-Assembly*.

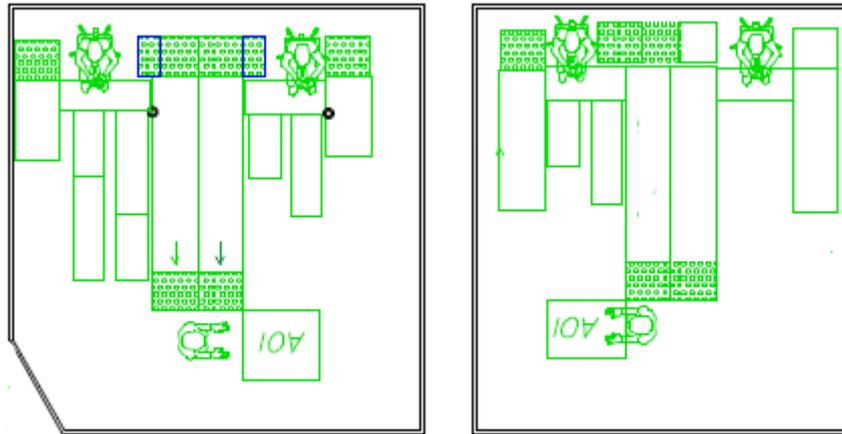


Figura 31 – Layout da área de Sub-Assembly

A área de *Sub-Assembly* está dividida em quatro estações de igual dimensão e configuração (número de rampas de abastecimento de material). Na Figura 32 encontra-se a imagem das estações de trabalho da área de *Sub-Assembly*.



Figura 32 - Imagem da estação de trabalho da área Sub-Assembly

Todas as estações de trabalho apresentam apenas um posto de trabalho com duas rampas de abastecimento de materiais. Contudo, em duas estações de trabalho são abastecidos pelo operador PC&L dois tipos de materiais e nas restantes duas estações de trabalho é abastecido pelo operador PC&L

apenas um material, pelo que possuem diferentes necessidades de abastecimentos, demonstradas nas tabelas a seguir. Na Tabela 6 mostra-se os materiais abastecidos no posto de cada estação de trabalho da área de *Sub-Assembly*.

*Tabela 6 - Materiais abastecidos em cada estação de trabalho da área de Sub-Assembly*

<b>Estação de trabalho</b>	<b>Posto 1</b>
<i>Sub-Assembly 11</i>	Ventoinha
	<i>Heatsink</i>
<i>Sub-Assembly 12</i>	Ventoinha
	<i>Heatsink</i>
<i>Sub-Assembly 13</i>	Ventoinha
<i>Sub-Assembly 14</i>	Ventoinha

### **SL3+SL4**

A imagem da linha de montagem SL3 da secção CBA encontra-se na Figura 33.



*Figura 33 - Imagem da linha SL3 da secção CBA*

A SL3 é composta por dois postos de trabalho. O posto 1 possui duas rampas e o posto 2 dispõe de quatro rampas onde são colocados os materiais.

- Produto Z:

O Produto Z detêm a maior percentagem de produção da SL3 (39%). Na Tabela 7 mostra-se os materiais consumidos em cada posto de trabalho da SL3 no que diz respeito ao Produto Z.

Tabela 7 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha SL3 na montagem do Produto Z

Posto 1	Posto 2
Conetor <i>Most</i>	<i>Quadlock</i>
Antena Rosa e Amarela	<i>Shield</i>
Antena Azul	<i>Phone</i>
Antena Branca Dupla	Pinos de <i>Quadlock</i>
<i>Backplate</i>	

- Produto M:

Em relação ao Produto M, segundo produto mais trabalhado na SL3 (21%), na Tabela 8 estão representados os materiais consumidos em cada posto de trabalho da linha de montagem SL3.

Tabela 8 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha SL3 na montagem do Produto M

Posto 1	Posto 2
Conetor <i>Most</i>	<i>Backplate</i>
Caixa de ligação	Antena Branca Dupla
Conetor Bege	Antena Azul
Conetor Cinzento e Amarelo	

Na Figura 34 encontra-se a imagem da linha de montagem SL4.



Figura 34 – Imagem da linha SL4 da secção CBA

A SL4 é composta por dois postos de trabalho. Cada posto de trabalho é constituído por duas rampas para o “operador PC&L” efetuar o abastecimento de materiais.

- Produto W:

O Produto W é o produto com maior percentagem de produção da SL4 (48%), possui cerca de metade da produção total da linha durante o mês de fevereiro. A Tabela 9 apresenta os materiais abastecidos no posto de trabalho da SL3 para o Produto W.

Tabela 9 - Materiais abastecidos na linha de montagem SL4 do Produto W

Posto 1	Posto 2
Placa	Caixa de Ligação
Caixa de Ligação	

- Produto P:

Para o Produto P, segundo produto mais trabalhado na SL4 (26%) e produto com maior número de materiais consumidos na linha SL4, está presente na Tabela 10.a divisão dos materiais abastecidos em cada posto de trabalho.

Tabela 10 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da SL4 para o Produto P

Posto 1	Posto 2
Conetor USB	<i>Bracket</i>
Condensador	Conetor Preto
Antena Branca	IC
Caixa de ligação	Suporte IC

#### 4.2.2 Descrição das linhas de montagem final de aparelhos na secção *Final Assembly*

O Produto A é considerado um *high runner*, pois corresponde a 50% do volume de produção. Por essa razão, a secção de montagem final de componentes eletrónicos (FA – *Final Assembly*) dispõe de duas linhas de produção dedicadas à montagem do Produto A. Como referido anteriormente, cada linha de montagem conta com um colaborador PC&L que efetua uma rota mista, ou seja, abastece a linha, recolhe o material para abastecer a linha e transporta as embalagens vazias. Sendo assim, no total existem dois colaboradores PC&L responsáveis por estas duas linhas de montagem. As linhas funcionam de igual modo e o tipo de material abastecido também é mesmo. Na Figura 35 é apresentada a imagem de uma das linhas de montagem dedicadas ao Produto A.



Figura 35 - Imagem da linha de produção do Produto A

Cada uma das linhas de montagem é composta por seis postos de trabalho, também designados por *workstations* (WS). Na Tabela 11 está apresentado o material que é abastecido em cada um dos postos de trabalho.

Tabela 11 - Materiais abastecidos em cada posto da linha de montagem final do produto A

Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Mecanismo	Keyboard	Mainboard	Blenda	Parafusos	Parafusos
Bracket	Parafusos	Caixilho	Tampa		Etiqueta
Cabo		Parafusos	Parafusos		
Parafusos					

Na Tabela 11 encontram-se a amarelo os materiais de consumo residual, a verde o material de consumo intermédio e a azul os materiais consumidos mais rapidamente. Os materiais de consumo residual não foram considerados para a análise das rotas, por não apresentarem um impacto significativo na realização das rotas.

Os colaboradores PC&L necessitam de efetuar várias tarefas para o abastecimento dos materiais nas linhas de montagem. Para apurar todas as tarefas realizadas pelos colaboradores, bem como o tempo despendido à execução de cada tarefa, procedeu-se à observação no terreno e respetivas medições do processo de abastecimento efetuado pelo colaborador. Na Tabela 37 do Apêndice 1 – Tarefas desempenhadas pelos Operadores PC&L, apresenta de forma sintetizada as tarefas efetuadas e os respetivos tempos associados.

Pela observação da Tabela 37 do Apêndice 1 – Tarefas desempenhadas pelos Operadores PC&L, o colaborador PC&L para efetuar as tarefas mais frequentes, isto é, não considerando o abastecimento de materiais de consumo residual, necessita de aproximadamente 10 minutos em cada ciclo (5,7 + 4,5 = 10,2 minutos), sendo os 5,7 minutos o tempo despendido no abastecimento propriamente dito da linha de montagem e os 4,5 minutos o tempo gasto no transporte das embalagens vazias e recolha dos materiais nas respetivas localizações..

O tempo de ciclo do Produto A é de 27 segundos. Recolhendo informação no terreno acerca das quantidades por embalagem e do número de embalagens na rampa para cada material, foi possível apurar o tempo de duração dos materiais na rampa. Na Tabela 12 apresenta-se os dados recolhidos.

*Tabela 12 - Capacidade das rampas de abastecimento das linhas de montagem do Produto A*

<b>Material</b>	<b>Quantidade/ embalagem</b>	<b>Nº embalagens na rampa</b>	<b>Tempo ciclo/ embalagem (min)</b>	<b>Tempo ciclo/ rampa (min)</b>
Mecanismo	18	4 caixas	8,1	32,4
<i>Bracket</i>	12	6 caixas	5,4	32,4
<i>Keyboard</i>	6	8 tabuleiros	2,7	21,6
Caixilho	-	30 caixilhos	-	<b>13,5</b>
<i>Mainboard</i>	4	12 tabuleiros	1,8	21,6
Blenda	4	12 tabuleiros	1,8	21,6
Tampa	30	5 caixas	13,5	67,5

Analisando a Tabela 12, observa-se que o Caixilho é o material mais rapidamente consumido (*bottleneck*), obrigando o operador a efetuar a rota de abastecimento em menos de que 13,5 minutos, para que evite paragens de linha com justificação falta de material.

Como referido anteriormente, o colaborador é capaz de realizar um ciclo de abastecimento da linha de produção em 10 minutos, abastecendo todo o material necessário à linha. Sendo assim, dispõem de 3,5 minutos livres em cada ciclo. Dado que um turno produtivo trabalha 462 minutos, então o colaborador necessita de efetuar 34 ciclos durante o turno, dispondo assim de 119 minutos livres, ou seja, 1h59min. Como existem dois colaboradores PC&L em cada turno afetos a estas linhas executando as mesmas tarefas, o tempo livre total é de 3h58min.

Em relação às linhas de montagem do Produto B, do Produto C, do Produto D e do Produto E, estas dispõem de duas rotas, uma rota interna e uma rota externa. A rota interna é efetuada por um colaborador que abastece os materiais nas rampas das linhas de montagem do Produto B, do Produto C e do Produto D. A rota externa também é efetuada por um colaborador que transporta as embalagens

vazias para o cais sul e recolhe no armazém os materiais necessários para as linhas de montagem das linhas de montagem dos Produtos B, C, D e E, mas também reabastece os materiais necessários nas rampas da linha de montagem do Produto E. De notar que apenas estão em funcionamento simultaneamente no máximo três linhas de montagem final, isto é, num determinado momento pode estar em funcionamento as linhas de montagem do Produto B, Produto C e Produto E e, devido a necessidades de produção, passar a trabalhar o Produto D e parar a montagem do Produto C, por exemplo. Tal acontece devido à existência de um número maior de linhas de montagem do que equipas de trabalho.

Para cada produto mencionado anteriormente, existe uma linha de montagem final, as quais serão descritas de seguida, bem como os materiais constituintes de cada produto.

- Produto B:

A imagem da linha de montagem do Produto B está apresentada na Figura 36.



Figura 36 - Imagem da linha de montagem do Produto B

A linha de montagem do Produto B é composta por quatro postos de trabalho. Na Tabela 13 encontram-se os materiais abastecidos nas rampas de cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto B.

Tabela 13 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto B

Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4
Display	Blenda	Socket	Botão Menu
Mainboard	Keyboard	Housing	Botão Volume
Placa IR	Encoder 1	Etiqueta	Tape
Cabos	Encoder 2	Cabo	
Parafusos	Cabo		

Na Tabela 13 estão apresentados a amarelo os materiais de consumo residual, a verde os materiais de consumo intermédio e a azul os materiais que necessitam de ser abastecido mais regularmente. Os materiais de consumo residual não foram considerados para analisar a rota, por não terem um impacto significativo na realização da rota.

- Produto C:

Na Figura 37, mostra-se a imagem da linha de montagem do Produto C.



Figura 37 - Imagem da linha de montagem do Produto C

A linha de montagem do Produto C é composta por três postos de trabalho e na Tabela 14 encontram-se os materiais que necessitam de ser abastecidos em cada posto de trabalho.

Tabela 14 - Materiais abastecido em cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto C

Posto 1	Posto 2	Posto 3
<i>Housing</i>	<i>PCB Main</i>	Blenda
<i>Support Main</i>	<i>PCB Wheel</i>	Botão
<i>Support Wheel</i>	<i>Socket Main</i>	
<i>Sleeve</i>	<i>Socket Wheel</i>	
<i>Lightpipe</i>	Cabo	
Parafusos	Parafusos	

Na Tabela 14 encontram-se a amarelo os materiais de consumo residual, a verde o material de consumo intermédio e a azul os materiais de consumo rápido. Comparativamente com as linhas de montagem dos produtos mencionados anteriormente, podemos verificar que a linha de montagem do Produto C contém um número superior de materiais de consumo rápido, pelo que requer uma maior atenção e

disponibilidade por parte do colaborador responsável pelo abastecimento. Para a análise da rota, não foram considerados os materiais de consumo residual, por não apresentarem um impacto significativo na realização da rota.

- Produto D:

A Figura 38 apresenta a imagem da linha de montagem do Produto D.

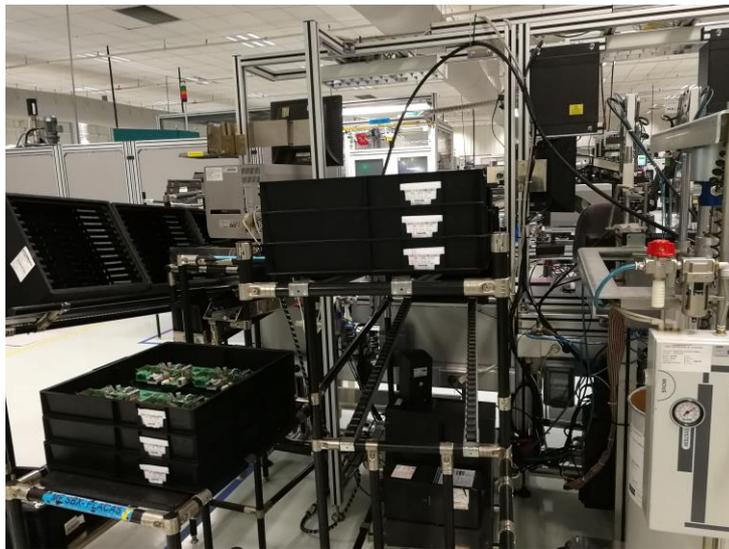


Figura 38 - Imagem da linha de montagem do Produto D

A linha de montagem do Produto D é composta por dois postos de trabalho e os materiais consumidos em cada posto de trabalho são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Materiais abastecidos em cada posto de trabalho da linha de montagem do Produto D

Posto 1	Posto 2
Mainboard	Parafusos
Case Fold	
Heatsink	

Na Tabela 15, a cor amarela representa o material de consumo residual e a cor azul os materiais de consumo mais rápido. Os materiais de consumo residual não foram considerados para a análise da rota, por não apresentarem um impacto significativo na realização da rota.

- Produto E:

Na Figura 39, disponibiliza-se a imagem da linha de montagem do Produto E.



*Figura 39 - Imagem da linha de montagem do Produto E*

A linha de montagem do Produto E é composta apenas por um posto de trabalho. Na Tabela 16 mostra-se os materiais necessários para a montagem do Produto F no único posto de trabalho.

*Tabela 16 - Materiais abastecidos no posto de trabalho da linha de montagem do Produto E*

<b>Posto 1</b>
<i>Mainboard</i>
<i>Housing</i>
<i>Button CAP</i>
<i>Switch Pad</i>
<i>Back Cover</i>
<i>Button Holder</i>
<i>Indicator</i>

Na Tabela 16 apresenta-se a amarelo os materiais de consumo residual, a verde os materiais de consumo intermédio e a azul o material de consumo mais rápido. Os materiais de consumo residual não foram considerados para a análise da rota, por não apresentarem um impacto significativo na realização da rota.

De seguida será retratada apenas a análise da rota externa, devido à potencial melhoria mencionada pela empresa e a evidente folga verificada aquando do acompanhamento do “operador PC&L” responsável pela rota. Nas Tabela 17, Tabela 18, Tabela 19 e Tabela 20 são apresentadas as quantidades por embalagem, número de embalagens recolhidas e as respetivos tempos de permanência dos materiais nos *trolleys* (duração das quantidades recolhidas no armazém) para os Produtos B, C, D

e E, respetivamente. Para estimar os tempos de permanência dos materiais nos *trolleys*, foi necessário recolher a informação dos tempos de ciclo dos produtos.

O tempo de ciclo do produto B é de 60 segundos.

Tabela 17 - Capacidade dos trolleys de abastecimento da linha de montagem do Produto B

Material	Quantidade/ embalagem	Nº embalagens recolhidas	Tempo ciclo/ embalagem (min)	Tempo ciclo/ deslocação (min)
<i>Mainboard</i>	3	12 tabuleiros	3	<b>36</b>
<i>Display</i>	4	10 <i>blisters</i>	4	40
Placa <i>IR</i>	24	4 tabuleiros	24	96
<i>Encoder1</i>	90	1 caixa	90	90
<i>Encoder2</i>	90	1 caixa	90	90
Blenda	3	12 tabuleiros	3	<b>36</b>
<i>Keyboard</i>	4	12 tabuleiros	4	48
<i>Socket</i>	5	8 caixas	5	40
Botão Menu	36	3 tabuleiros	36	108
Botão Volume	36	3 tabuleiros	36	108

Na Tabela 17 podemos observar que os materiais com menor tempo de permanência no trolley são o *Mainboard* e a Blenda com 36 minutos.

O tempo de ciclo do Produto C é de 68 segundos.

Tabela 18 - Capacidade dos trolleys de abastecimento da linha de montagem do Produto C

Material	Quantidade/ embalagem	Nº embalagens recolhidas	Unidades/ placa	Tempo ciclo/ embalagem (min)	Tempo ciclo/ deslocação (min)
<i>Support Sensor Main</i>	100	1 caixa	1	113,3	113,3
<i>Support Sensor Wheel</i>	100	1 caixa	1	113,3	113,3
<i>Sleeve</i>	1000	1 saco	8	141,6	141,6
<i>Housing</i>	10	4 caixas	1	11,3	<b>45,2</b>
<i>Mainboard</i>	-	-	-	-	-
<i>Keyboard</i>	-	-	-	-	-
<i>Socket Main</i>	25	2 caixas	1	28,3	56,6
<i>Socket Wheel</i>	42	2 caixas	1	47,6	95,2,6
Blenda	4	12 tabuleiros	1	4,5	54
Botão	36	3 tabuleiros	1	40,8	122,4

Pela observação da Tabela 18, constata-se que o material com menor tempo de permanência na rampa é o *Housing*, com 45,2 minutos.

O tempo de ciclo do Produto D é de 33 segundos.

Tabela 19 - Capacidade das rampas de abastecimento da linha de montagem do Produto D

Material	Quantidade/ embalagem	Nº embalagens recolhidas	Tempo ciclo/ embalagem (min)	Tempo ciclo/ deslocação (min)
<i>Mainboard</i>	-	-	-	-
Caixilho	-	-	-	-
<i>Heatsink</i>	192	2 caixas	105,6	211,2

Na Tabela 19, observa-se que o único material que o operador PC&L recolhe no armazém e transporta no *trolley* é o *Heatsink*, possuindo um tempo de 211,2 minutos.

O tempo de ciclo do Produto E é de 57 segundos.

Tabela 20 - Capacidade das rampas de abastecimento da linha de montagem do Produto E

Material	Quantidade/ embalagem	Nº embalagens na rampa	Unidades/ placa	Tempo ciclo/ embalagem (min)	Tempo ciclo/ rampa (min)
<i>Mainboard</i>	12	8 tabuleiros	1	11,4	91,2
<i>Housing</i>	40	2 caixas	1	38	<b>76</b>
<i>Button CAP</i>	60	8 <i>blisters</i>	2	28,5	228
<i>Switch Pad</i>	90	2 caixas	1	85,5	171
<i>Back Cover</i>	60	2 caixas	1	57	114
<i>Button Holder</i>	150	2 caixas	2	71,3	142,6

Pela Tabela 20 podemos ver que os materiais relativos ao Produto E têm uma significativa capacidade de permanência na rampa, dando uma margem para o operador responsável pela rota efetuar o abastecimento aos materiais mais críticos para os restantes produtos, sendo que o material com menor permanência na rampa é o *Housing*, com 76 minutos.

Dado que para os produtos mencionados anteriormente (Produtos B, C, D e E) existe uma rota interna e uma rota externa e que apenas estão em funcionamento simultaneamente no máximo três linhas de produção, é possível dividir as rotas em várias combinações. No entanto, será considerado o cenário mais exigente em termos de necessidades de abastecimento de materiais, ou seja, o funcionamento das linhas de montagem do Produto B, C e E. Para apurar todas as tarefas realizadas pelo colaborador na pior combinação, bem como o tempo despendido à execução de cada tarefa, procedeu-se à observação no terreno e respetivas medições do processo de abastecimento efetuado pelo colaborador. Na Tabela 38

do Apêndice 1 – Tarefas desempenhadas pelos Operadores PC&L, apresenta de forma sintetizada as tarefas efetuadas e os respetivos tempos associados à pior combinação.

Pela observação da Tabela 38 do Apêndice 1 – Tarefas desempenhadas pelos Operadores PC&L, podemos concluir que o operador efetua todas as suas tarefas em cerca de 25 minutos. Como referido anteriormente, e perante os Produtos B, C e E, os materiais que terminam em menor tempo são o *Housing* e a Blenda do Produto B, com 36 minutos. Assim sendo, em cada ciclo o operador tem cerca de 11 minutos livres. Dado que um turno produtivo trabalha 462 minutos, então o colaborador necessita de efetuar 18 ciclos durante o turno, dispondo assim de 198 minutos livres, ou seja, 3h18 minutos.

#### 4.2.3 Problemas detetados nas duas secções produtivas

No decorrer das observações foi possível detetar alguns problemas inerentes às rotas de abastecimento de materiais dos “operadores PC&L” das duas secções produtivas estudadas.

O maior problema afeto a esta secção CBA é o facto de as tarefas realizadas pelos operadores PC&L serem acíclicas, ou seja, não são efetuadas de forma cíclica/constante. Os operadores não conhecem a frequência de abastecimento, pelo que o fazem de forma aleatória e com base na sua intuição. Por outras palavras, os operadores num momento podem transportar quatro embalagens vazias, num outro momento transportar apenas uma e num determinado momento não ter embalagens vazias, pelo que efetuam movimentações e deslocações desnecessárias.

Ao acompanhar as rotas de abastecimento de materiais em CBA conseguiu-se perceber, de forma óbvia, que existem desperdícios de tempo, pois o operador da rota interna que transporta as embalagens vazias para o armazém, na maior parte das vezes espera que o operador do armazém reabasteça essa mesma embalagem. Deste modo, será oportuno avaliar se existe a possibilidade de ser ele próprio a reabastecer as embalagens.

Outro aspeto verificado, foi o facto de nem todos os “operadores PC&L” em CBA utilizarem um carro de apoio para o transporte das embalagens, ou seja, não existe um *standard work* bem definido. Esta situação resulta em movimentações e deslocações excessivas efetuadas pelo operador sem carro, pois este transporta para o armazém um determinado número de embalagens vazias, mas não consegue retornar esse mesmo número de embalagens reabastecidas às linhas de produção.

No que diz respeito às duas linhas de montagem do Produto A, os operadores efetuam exatamente as mesmas tarefas, pelo que por vezes, deslocam-se ao mesmo sítio ao mesmo tempo, o que se torna em desperdícios de movimentos.

## 5. MODELAÇÃO E SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS DE ABASTECIMENTO NA SECÇÃO CBA+SUB-ASSEMBLY

Para a modelação do sistema observado na secção *CBA+Sub-Assembly* foi necessário recolher dados que, posteriormente, foram introduzidos no *software* escolhido. Após a construção, validação e verificação do modelo de simulação, foi analisada a situação inicial, seguindo-se a análise de diferentes cenários com vista a possíveis melhorias do sistema.

Dado não ser possível a simulação do modelo com a ocorrência de *changeovers* de produtos nas linhas de montagem, devido à falta de dados e de, por vezes, os *changeovers* não serem programados, decidiu-se simplificar e realizar três modelos de simulação com as modificações de produtos nas linhas de montagem, com base nos resultados do estudo apresentado na secção 4.2.1 (Tabela 2). Essas configurações foram resultantes da observação/análise do sistema real e inicial da empresa, no qual se concluiu, em termos de necessidades de abastecimento de materiais nas rampas das linhas de montagem, o cenário mais exigente (Configuração A), o cenário mais frequente (Configuração B) e o cenário mais fácil (Configuração C), esquematizadas na Tabela 21.

*Tabela 21 - Descrição das diferentes configurações*

	<b>Configuração A</b>	<b>Configuração B</b>	<b>Configuração C</b>
<b>WorkstationSL1</b>	Produto X	Produto X	Produto I
<b>WorkstationSL2</b>	Produto Y	Produto Y	Produto Y
<b>WorkstationSL3</b>	Produto Z	Produto Z	Produto Z
<b>WorkstationSL4</b>	Produto P	Produto W	Produto W
<b>WorkstationSA11</b>	Produto R	Produto R	Produto R
<b>WorkstationSA12</b>	Produto S	Produto S	Produto S
<b>WorkstationSA13</b>	Produto T	Produto T	Produto T
<b>WorkstationSA14</b>	Produto U	Produto U	Produto U

### 5.1 Recolha e Tratamento de dados

Nesta secção apresenta-se o tratamento de todos os dados recolhidos relativamente a cada etapa do processo de abastecimento das linhas de montagem, para posteriormente serem introduzidos aquando da construção do modelo de simulação.

### 5.1.1 Tempos de ciclo dos Produtos

Com base nos resultados obtidos no estudo dos produtos mais produzidos em cada linha de montagem (Tabela 2) foram recolhidos os tempos de ciclo (em segundos) para cada produto, apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Tempos de ciclo de cada produto por linha de montagem

<b>Linha de montagem</b>	<b>Produto</b>	<b>Tempos de ciclo (seg)</b>
<i>WorkStation SL1</i>	Produto X	<i>Random.Triangular(31, 32, 33)</i>
	Produto I	<i>Random.Triangular(29, 31, 33)</i>
<i>WorkStation SL2</i>	Produto Y	<i>Random.Triangular(14, 15, 17)</i>
<i>WorkStation SL3</i>	Produto Z	<i>Random.Triangular(16, 17, 18)</i>
	Produto M	<i>Random.Triangular(14, 15, 17)</i>
<i>WorkStation SL4</i>	Produto P	<i>Random.Triangular(15, 16, 17)</i>
	Produto W	<i>Random.Triangular(14, 16.5, 17)</i>
<i>WorkStation SA_11</i>	Produto R	<i>Random.Triangular(26, 27.1, 28)</i>
<i>WorkStation SA_12</i>	Produto S	<i>Random.Triangular(23, 24.4, 26)</i>
<i>WorkStation SA_13</i>	Produto T	<i>Random.Triangular(34, 35.1, 36)</i>
<i>WorkStation SA_14</i>	Produto U	<i>Random.Triangular(34, 35.2, 36)</i>

No sentido de retratar os tempos de ciclo dos produtos, adotou-se a distribuição *Random.Triangular* por esta distribuição representar um valor mínimo, um valor mais frequente e um valor máximo. A título de exemplo, no Produto X da *Workstation SL1* adotou-se a *Random.Triangular(31, 32, 33)*, significando que, para o Produto X, o tempo ciclo mínimo é 31 segundos, o tempo de ciclo mais frequente é 32 segundos e o tempo de ciclo máximo é 33 segundos.

### 5.1.2 Especificações dos materiais

Na Tabela 23 apresenta-se as especificações dos materiais de cada produto, nomeadamente o tipo de embalagem abastecida na linha de montagem, quantidades de peças por embalagem e o número de embalagens presentes na linha de montagem, obtendo assim a quantidade total de peças, representando a capacidade máxima na linha de montagem.

Tabela 23 – Especificações dos materiais de cada produto

Produto	Designação do Material	Tipo de embalagem	Quantidade de peças/embalagem	Nº embalagens na linha de montagem	Quantidade Total
<b>ProdutoX_WS1</b>	Material1_WS1	caixa	90	2	180
	Material2_WS1	tabuleiro	20	9	180
	Material3_WS1	barra	18	8	144
	Material4_WS1	caixa	50	2	100
	Material5_WS1	<i>blister</i>	50	6	300
	Material6_WS1	caixa	150	2	300
	Material7_WS1	<i>blister</i>	54	6	324
<b>ProdutoL_WS1</b>	Material1_WS1	<i>container</i>	24	4	96
	Material2_WS1	<i>blister</i>	50	12	600
	Material3_WS1	caixa	250	2	500
<b>ProdutoY_WS2</b>	Material1_WS2	<i>blister</i>	40	9	360
	Material2_WS2	<i>blister</i>	18	8	144
	Material3_WS2	caixa	50	3	150
	Material4_WS2	caixa	100	2	200
	Material5_WS2	caixa	30	4	120
	Material6_WS2	caixa	80	2	160
	Material7_WS2	barra	19	6	114
	Material8_WS2	caixa	130	2	260
<b>ProdutoZ_WS3</b>	Material1_WS3	<i>blister</i>	40	9	360
	Material2_WS3	caixa	130	2	260
	Material3_WS3	caixa	50	2	100
	Material4_WS3	caixa	100	2	200
	Material5_WS3	caixa	35	3	105
	Material6_WS3	<i>blister</i>	45	3	135
	Material7_WS3	tabuleiro	6	12	72
	Material8_WS3	caixa	50	2	100
	Material9_WS3	tabuleiro	12	9	108
<b>ProdutoP_WS4</b>	Material1_WS4	caixa	70	2	140
	Material2_WS4	barra	16	8	128
	Material3_WS4	<i>blister</i>	100	9	900
	Material4_WS4	barra	18	7	126
	Material5_WS4	caixa	100	2	200
	Material6_WS4	caixa	70	2	140
	Material7_WS4	<i>blister</i>	18	8	144
	Material8_WS4	caixa	250	2	500

<b>ProdutoW_WS4</b>	Material1_WS4	<i>container</i>	48	4	192
	Material2_WS4	<i>blister</i>	18	24	432
<b>ProdutoR_SA11</b>	Material1_SA11	<i>blister</i>	80	4	320
	Material2_SA11	<i>caixa</i>	50	3	150
<b>ProdutoS_SA12</b>	Material1_SA12	<i>blister</i>	80	4	320
	Material2_SA12	<i>caixa</i>	50	3	150
<b>ProdutoT_SA13</b>	Material1_SA13	<i>blister</i>	80	3	240
<b>ProdutoU_SA14</b>	Material1_SA14	<i>blister</i>	80	3	240

### 5.1.3 Tempos de chegada dos materiais de cada produto

Na Tabela 24 apresentam-se os tempos de chegada de cada material para cada produto. Os tempos de chegada, em minutos, retratam de quanto em quanto tempo surge uma embalagem vazia na linha de montagem. Os tempos de chegada de material foram calculados com base nos tempos de ciclo (Tabela 22) e nas quantidades de peças por embalagem (Tabela 23).

*Tabela 24 – Tempos de chegada dos materiais de cada produto*

<b>Produto</b>	<b>Designação do Material</b>	<b>Tempos de chegada (min)</b>
<b>ProdutoX_WS1</b>	Material1_WS1	Random.Triangular(46.5, 48, 49.5)
	Material2_WS1	Random.Triangular(51.7, 53.3, 55)
	Material3_WS1	Random.Triangular(37.2, 38.4, 39.6)
	Material4_WS1	Random.Triangular(25.8, 26.7, 27.5)
	Material5_WS1	Random.Triangular(103.3, 106.7, 110)
	Material6_WS1	Random.Triangular(77.5, 80, 82.5)
	Material7_WS1	Random.Triangular(111.6, 115.2, 118.8)
<b>ProdutoI_WS1</b>	Material1_WS1	Random.Triangular(23.2, 24.8, 26.4)
	Material2_WS1	Random.Triangular(42.3, 45.2, 48.1)
	Material3_WS1	Random.Triangular(30.2, 32.3, 34.4)
<b>ProdutoY_WS2</b>	Material1_WS2	Random.Triangular(65.3, 70, 79.3)
	Material2_WS2	Random.Triangular(16.8, 18, 20.4)
	Material3_WS2	Random.Triangular(11.7, 12.5, 14.2)
	Material4_WS2	Random.Triangular(23.3, 25, 28.3)
	Material5_WS2	Random.Triangular(7, 7.5, 8.5)
	Material6_WS2	Random.Triangular(18.7, 20, 22.7)
	Material7_WS2	Random.Triangular(13.3, 14.3, 16.2)
	Material8_WS2	Random.Triangular(30.3, 32.5, 36.8)

<b>ProdutoZ_WS3</b>	Material1_WS3	Random.Triangular(74.7, 79.3, 84)
	Material2_WS3	Random.Triangular(34.7, 36.8, 39)
	Material3_WS3	Random.Triangular(13.3, 14.2, 15)
	Material4_WS3	Random.Triangular(26.7, 28.3, 30)
	Material5_WS3	Random.Triangular(9.3, 9.9, 10.5)
	Material6_WS3	Random.Triangular(12, 12.8, 13.5)
	Material7_WS3	Random.Triangular(6.4, 6.8, 7.2)
	Material8_WS3	Random.Triangular(13.3, 14.2, 15)
	Material9_WS3	Random.Triangular(9.6, 10.2, 10.8)
<b>ProdutoP_WS4</b>	Material1_WS4	Random.Triangular(17.5, 18.7, 19.8)
	Material2_WS4	Random.Triangular(16, 17.1, 18.1)
	Material3_WS4	Random.Triangular(175, 186.7, 198.3)
	Material4_WS4	Random.Triangular(18, 19.2, 20.4)
	Material5_WS4	Random.Triangular(25, 26.7, 28.3)
	Material6_WS4	Random.Triangular(17.5, 18.7, 19.8)
	Material7_WS4	Random.Triangular(22.5, 24, 25.5)
	Material8_WS4	Random.Triangular(62.5, 66.7, 70.8)
<b>ProdutoW_WS4</b>	Material1_WS4	Random.Triangular(22.4, 26.4, 27.2)
	Material2_WS4	Random.Triangular(16.8, 19.8, 20.4)
<b>ProdutoR_SA11</b>	Material1_SA11	Random.Triangular(69.3, 72.3, 74.7)
	Material2_SA11	Random.Triangular(43.3, 45.2, 46.7)
<b>ProdutoS_SA12</b>	Material1_SA12	Random.Triangular(61.3, 65.1, 69.3)
	Material2_SA12	Random.Triangular(38.3, 40.7, 43.3)
<b>ProdutoT_SA13</b>	Material1_SA13	Random.Triangular(90.7, 93.6, 96)
<b>ProdutoU_SA14</b>	Material1_SA14	Random.Triangular(90.7, 93.9, 96)

A título de exemplo, no Material1\_SL1 do ProdutoX\_WS1 adotou-se a *Random.Triangular(46,5, 48, 49,5)*, significando que, para o Material1\_SL1, no mínimo uma embalagem vazia surge na rampa em 46,5 minutos, mais frequentemente surge em 48 minutos e no máximo surge em 49,5 minutos.

#### 5.1.4 Tempos de *refill* dos materiais de cada produto

Os dados apresentados na Tabela 25 resultaram de um trabalho exaustivo na área produtiva. Para cada material foram retiradas cinco amostras, no entanto é apresentado na Tabela 25 o valor médio do tempo de *refill* por embalagem, em segundos, calculado com base nessas cinco amostras. Para os materiais que não necessitam de ser reabastecidos, pois são colocados diretamente na linha de montagem (não

são transferidos da embalagem original para outra embalagem), foi considerado o tempo de *refill* igual a 0.

*Tabela 25 – Tempos de refill dos materiais de cada produto*

<b>Produto</b>	<b>Designação do Material</b>	<b>Tempos de Refill (seg)</b>
<b>ProdutoX_WS1</b>	Material1_WS1	53,3
	Material2_WS1	0
	Material3_WS1	0
	Material4_WS1	0
	Material5_WS1	34,2
	Material6_WS1	53,3
	Material7_WS1	34,2
<b>ProdutoI_WS1</b>	Material1_WS1	40,6
	Material2_WS1	51,3
	Material3_WS1	45,2
<b>ProdutoY_WS2</b>	Material1_WS2	26,5
	Material2_WS2	17,2
	Material3_WS2	12,1
	Material4_WS2	19,4
	Material5_WS2	29,1
	Material6_WS2	11,6
	Material7_WS2	0
	Material8_WS2	5,9
<b>ProdutoZ_WS3</b>	Material1_WS3	26,5
	Material2_WS3	5,9
	Material3_WS3	7,9
	Material4_WS3	19,4
	Material5_WS3	32,9
	Material6_WS3	56,4
	Material7_WS3	0
	Material8_WS3	46
	Material9_WS3	0
<b>ProdutoP_WS4</b>	Material1_WS4	11,2
	Material2_WS4	0
	Material3_WS4	44,3
	Material4_WS4	0
	Material5_WS4	34,5
	Material6_WS4	38,4

	Material7_WS4	18,3
	Material8_WS4	37,6
ProdutoW_WS4	Material1_WS4	36
	Material2_WS4	17,7
ProdutoR_SA11	Material1_SA11	5,3
	Material2_SA11	24
ProdutoS_SA12	Material1_SA12	5,3
	Material2_SA12	24
ProdutoT_SA13	Material1_SA13	5,3
ProdutoU_SA14	Material1_SA14	5,3

### 5.1.5 Distâncias entre pontos de abastecimento

Para posteriormente no modelo de simulação se conseguir demonstrar a distância percorrida pelos operadores foram recolhidas as distâncias, em metros, entre os diversos pontos de abastecimento, as quais estão apresentadas na Tabela 26.

*Tabela 26 – Distâncias entre os diversos pontos de abastecimento*

Pontos de abastecimento	Distância (m)
Armazém <-> WorkstationSL1	22
Armazém <-> WorkstationSL2	17,3
WorkstationSL2 <-> WorkstationSL1	4,7
Armazém <-> WorkstationSL3	14,3
Armazém <-> WorkstationSL4	10,9
WorkstationSL3 <-> WorkstationSL4	3,4
WorkstationSL1 <-> WorkstationSA11	14,7
WorkstationSA11 <-> WorkstationSA12	3,3
WorkstationSA12 <-> WorkstationSA13	3,2
WorkstationSA13 <-> WorkstationSA14	2,5
WorkstationSA14 <-> Armazém	25,6

## 5.2 Construção do modelo de simulação - SIMIO

Esta secção é dedicada à descrição da construção do modelo de simulação que representa o sistema real de abastecimento das linhas de inserção manual de componentes eletrónicos nas áreas de CBA e *Sub-Assembly*. Nas seguintes subsecções apresenta-se um resumo da construção do modelo de simulação.

No âmbito do projeto de dissertação, foram elaborados vários modelos de simulação, ou seja, para cada configuração apresentada na Tabela 21 construiu-se um modelo de simulação. Os modelos diferem nas informações dos produtos e especificações dos materiais apresentadas nas tabelas da secção anterior 5.1. Posto isto, de seguida será retratada a construção de um modelo de simulação para a Configuração A e mencionados os aspetos que se alteram para os restantes modelos.

### 5.2.1 Visualização geral do modelo de simulação

Na Figura 40 é possível visualizar o ambiente gráfico geral do modelo de simulação que retrata o sistema de abastecimento das linhas de montagem na secção *CBA+Sub-Assembly* para a Configuração A.

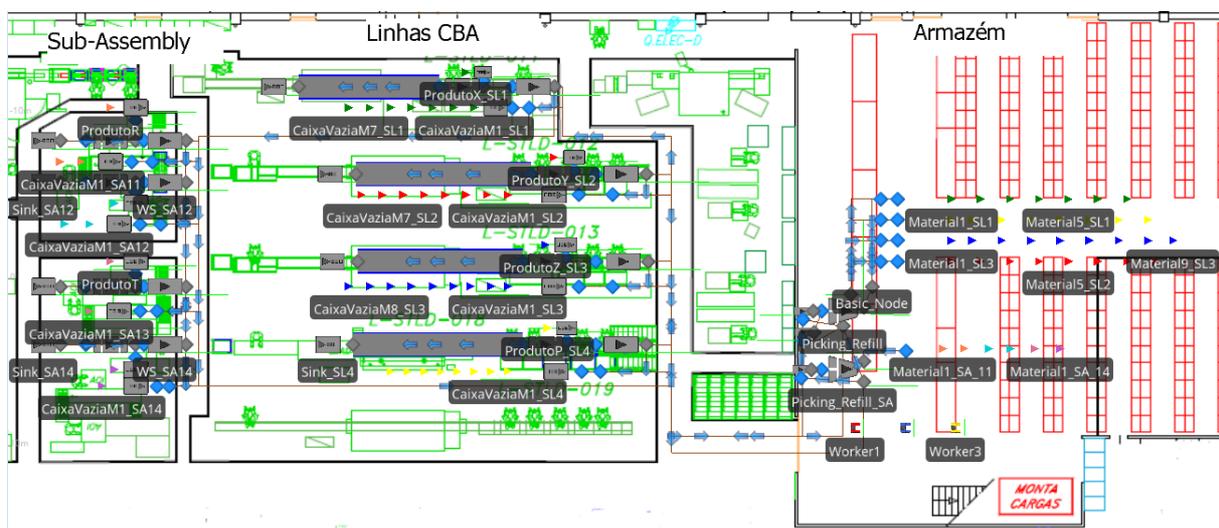


Figura 40 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente à Configuração A

Salienta-se que no modelo de simulação foram criados *labels* e gráficos que facilitam a visualização de dados importantes para a análise de resultados a efetuar posteriormente. Na *label* da Figura 41 podemos verificar a quantidade produzida para cada produto em oito horas de trabalho (turno da manhã).

ProdutoX\_SL1: 896  
 ProdutoY\_SL2: 1906  
 ProdutoZ\_SL3: 1680  
 ProdutoP\_SL4: 1785  
  
 ProdutoR\_SA11: 1031  
 ProdutoS\_SA12: 1159  
 ProdutoT\_SA13: 809  
 ProdutoU\_SA14: 808

Figura 41 – Exemplo: Quantidade produzida no turno da manhã (8horas)

Foram também criados, para cada linha de montagem, uma *label* e um gráfico para se perceber a quantidade de vezes que os materiais são reabastecidos e o comportamento dos materiais ao longo das oito horas de trabalho. Na Figura 42 podemos visualizar o exemplo para a linha de montagem SL1.

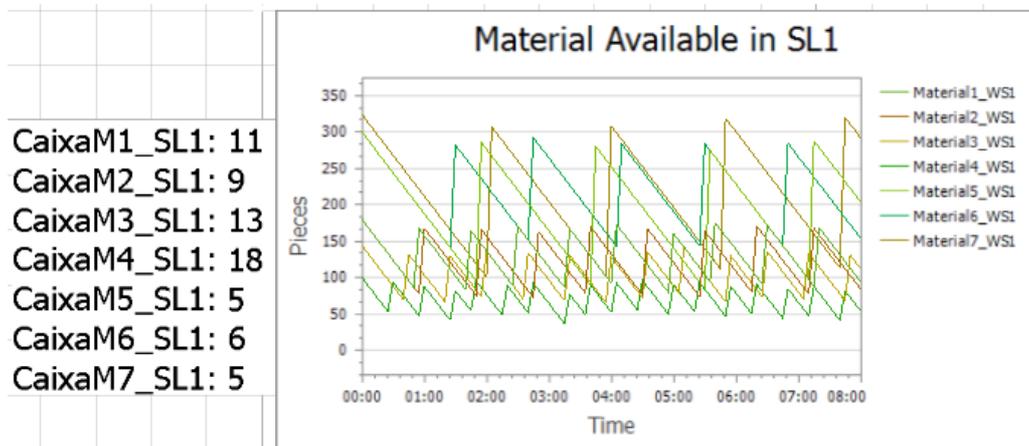


Figura 42 – Exemplo: Comportamento dos materiais da linha de montagem SL1 ao longo das 8 horas de trabalho

Por último criou-se um gráfico para se verificar o comportamento das linhas de montagem, com intuito de verificar o seu estado em termos de recursos, ou seja, se existem paragens de linha por falta de material. Na Figura 43 apresenta-se o exemplo para a linha de montagem SL1.

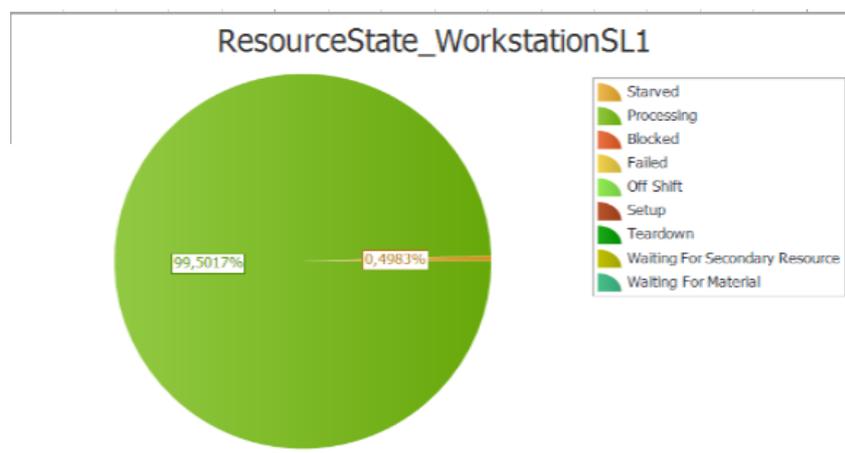


Figura 43 – Exemplo: Comportamento da linha de montagem SL1

### 5.2.2 Construção estrutural do modelo de simulação

Na primeira etapa, através do painel *Facility* foi possível introduzir o *layout* das áreas em estudo (CBA e *Sub-Assembly*) com o objetivo de colocar os objetos nas respetivas localizações e assim tornar exequível a construção de um ambiente gráfico fundamentado num sistema real (Figura 44).

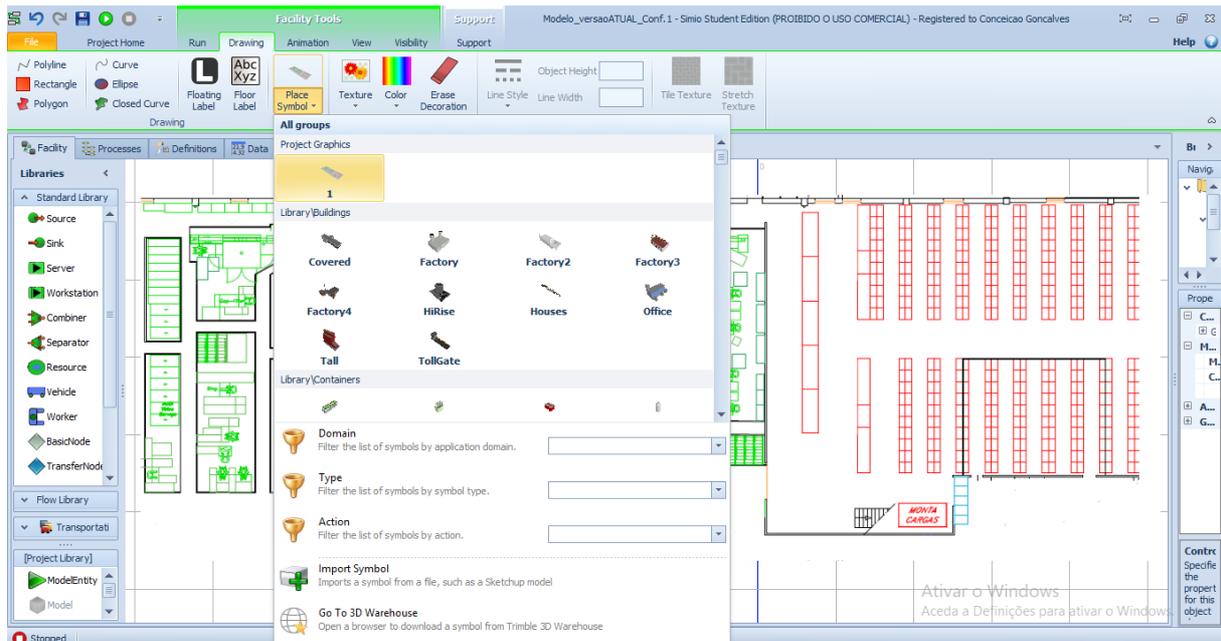


Figura 44 – Introdução do layout das áreas CBA e Sub-Assembly no software SIMIO

Numa segunda etapa procedeu-se à simulação das linhas de montagem nas áreas de CBA e *Sub-Assembly*, assumindo todas as linhas de montagem com apenas um posto de trabalho com objetivo de facilitar a entrada/distribuição de materiais. Salienta-se que esta simplificação não compromete a representatividade do sistema real. Para tal, para cada linha de montagem, foram introduzidas duas *Source*, um *Server*, uma *Workstation*, um *Conveyor*, um *TransferNode*, um *Sink* e as *Entities*. Todos estes objetos estão esquematizados na Figura 45.

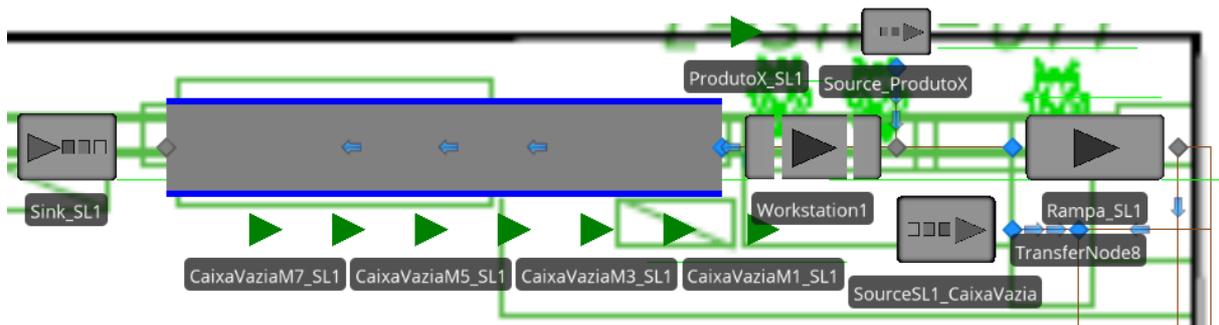


Figura 45 – Exemplo: Simulação da linha de montagem SL1 da área CBA

A “*Source\_ProdutoX*” gera a entidade “*ProdutoX\_SL1*” sempre que se produz uma unidade na “*Workstation1*”, como podemos ver nas propriedades do objeto da Figura 46.

Entity Arrival Logic	
Entity Type	ProdutoX_SL1
Arrival Mode	On Event
Initial Number Entities	1
Triggering Event Name	Output@Workstation1.Entered
Triggering Event Count	1
Entities Per Arrival	1

Figura 46 – Exemplo: Propriedades da “Source\_ProdutoX”

A “Workstation1” é utilizada para a produção do “ProdutoX\_SL1”, de acordo com os tempos de ciclo mencionados anteriormente na Tabela 22, que necessita também dos materiais segundo a *Bill of Materials* do produto, como se pode observar na Figura 47.

Figura 47 – Exemplo: Propriedades da “Workstation1”

Para tal, através do painel “Definitions”, criou-se os materiais necessários para a produção do “ProdutoX\_SL1” (Figura 48) e também se identificou a *Bill of Materials* do “ProdutoX\_SL1” (Figura 49). Segundo política da empresa, no início de cada turno, as rampas de abastecimento de materiais dispõem-se totalmente abastecidas, pelo que se inseriu as quantidades iniciais nas propriedades dos materiais, como podemos observar na Figura 48, das quais foram recolhidas da Tabela 23.

Figura 48 – Exemplo: Propriedades do “Material1\_WS1”

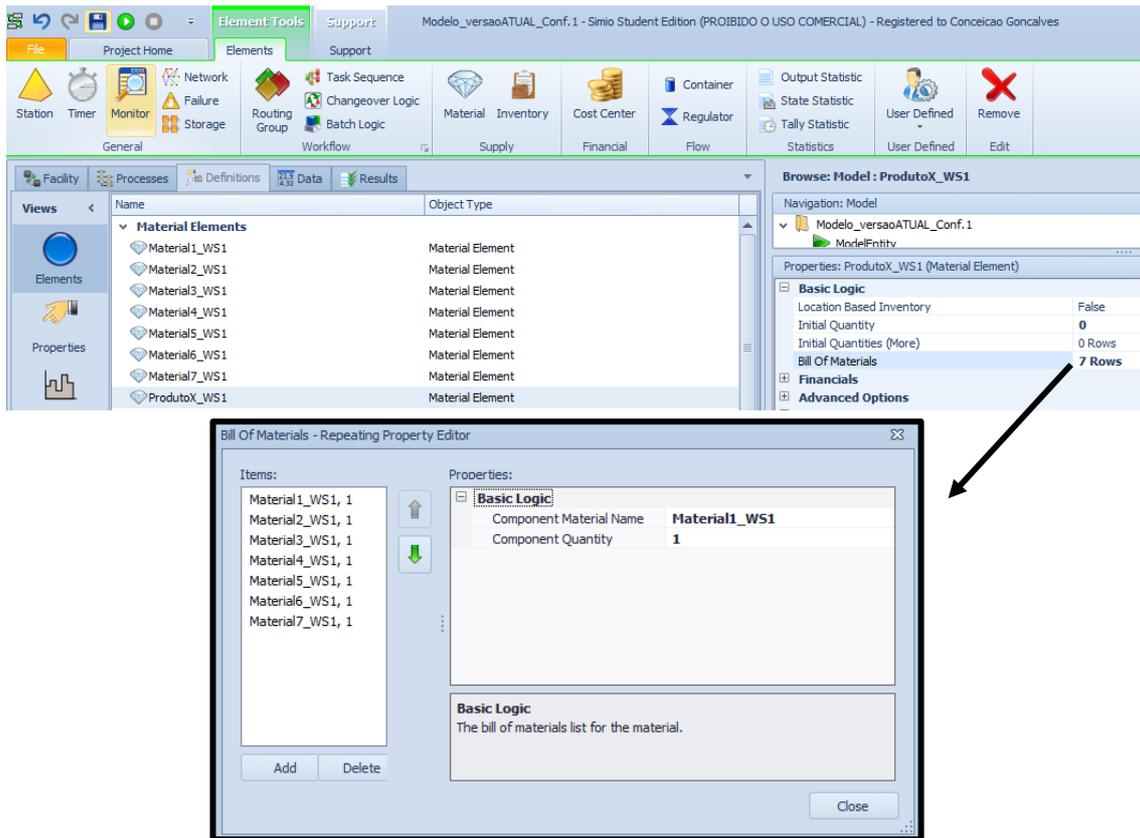


Figura 49 – Exemplo: Propriedades do “ProdutoX\_WS1”

A “SourceSL1\_CaixaVazia” gera as caixas vazias segundo os tempos de chegada dos materiais descritos anteriormente na Tabela 24. Os dados foram introduzidos no *software* SIMIO através do painel “Data”, menu “Tables” e da opção “Add Table”, criando uma tabela para cada linha de montagem. A Figura 50 apresenta a tabela com os tempos de chegada dos materiais para a “Workstation SL1”.

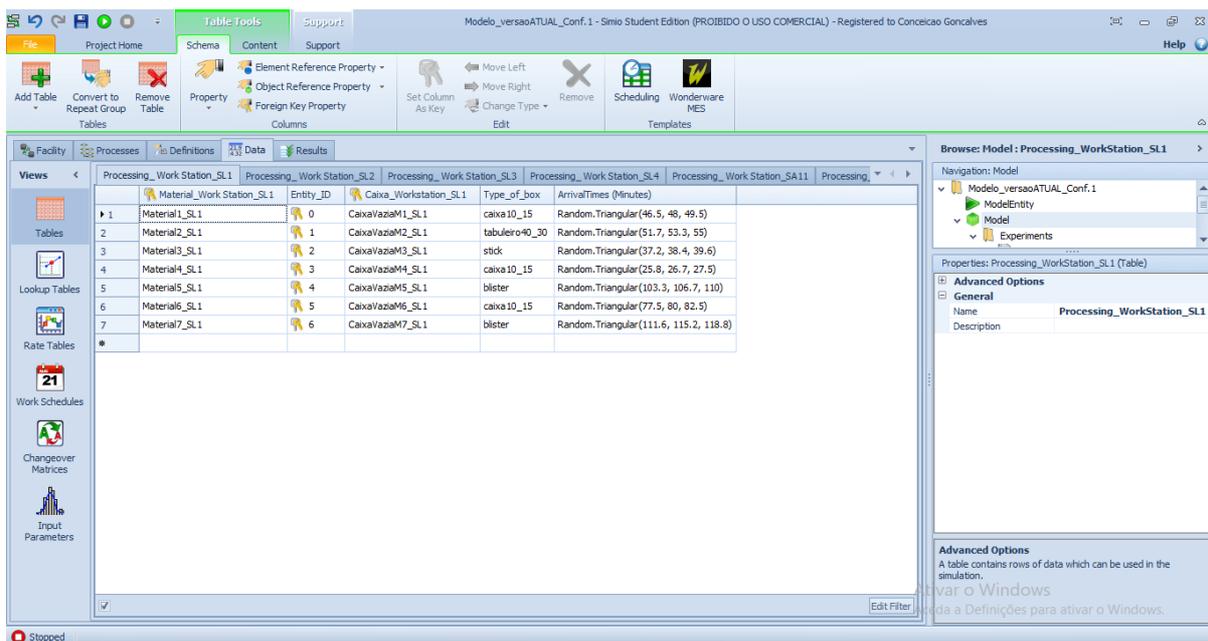


Figura 50 – Exemplo: Introdução no SIMIO dos tempos de chegada dos materiais para “Workstation1”

Depois de criadas as tabelas com os tempos de chegada dos materiais foi definido na “SourceSL1\_CaixaVazia” essa propriedade (Figura 51), isto é, a geração da caixa vazia de um material de acordo com o respetivo tempo de chegada do material. Salienta-se que foi necessário criar um processo através do painel “Processes” de modo a sempre que saia uma caixa vazia de um determinado material, seja criada outra caixa vazia passado o respetivo tempo introduzido nas tabelas. Por exemplo, o processo referente às caixas vazias para a “WorkstationSL1” apresenta-se na Figura 52, na qual foi de seguida introduzido nas propriedades do nodo Output da “SourceSL1\_CaixaVazia” (Figura 53).

Properties: SourceSL1_CaixaVazia (Source)	
<b>Entity Arrival Logic</b>	
Entity Type	Processing_WorkStation_SL1.Caixa_Workstation_SL1
Arrival Mode	Arrival Table
Arrival Time Property	Processing_WorkStation_SL1.ArrivalTimes
Entities Per Arrival	1
Repeat Arrival Pattern	False
+ Other Arrival Stream Options	

Figura 51 – Exemplo: Propriedades da “SourceSL1\_CaixaVazia”

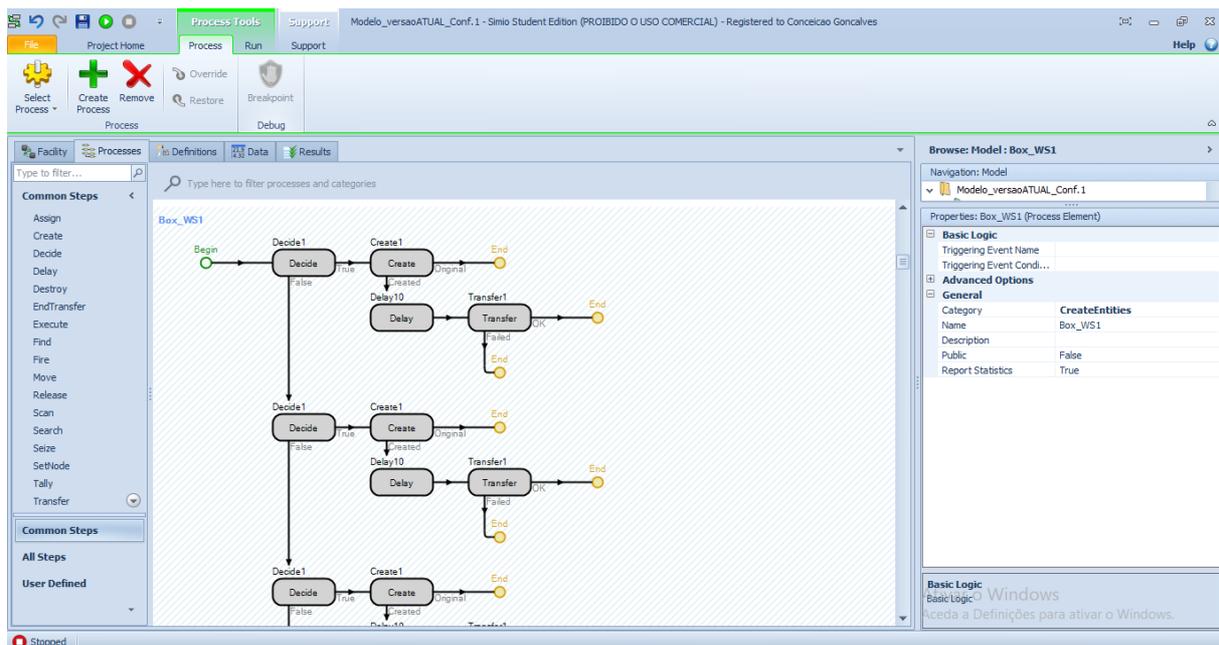


Figura 52 – Exemplo: Processo de criação de caixas vazias para a “WorkstationSL1” denominado de “Box\_WS1”

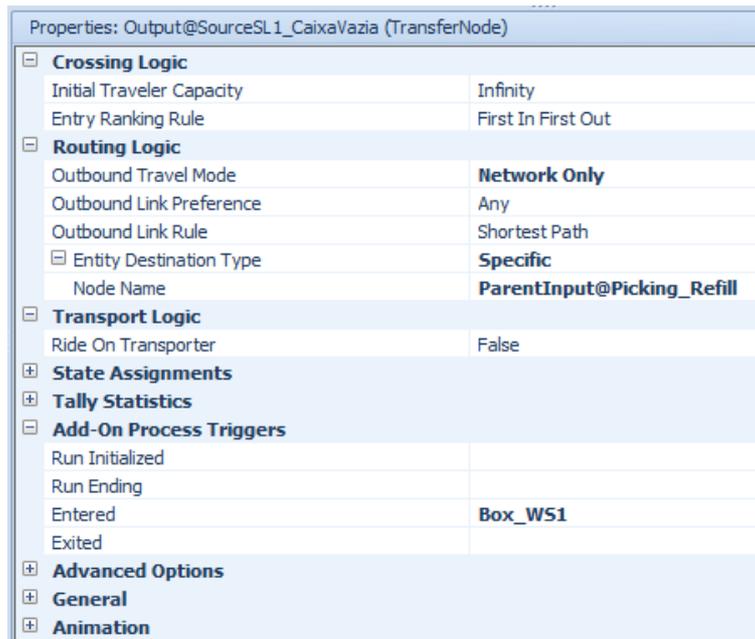


Figura 53 – Exemplo: Propriedades do nodo “Output” da “SourceSL1\_CaixaVazia”

O *server* “Rampa\_SL1” foi criado como representação da rampa de abastecimento de materiais. Criou-se um processo para que sempre que cada caixa de um material for abastecida no *server* “Rampa\_SL1” seja acrescentada na “Workstation1” a quantidade de peças referentes a cada caixa (Figura 54). Posteriormente definiu-se esse processo nas propriedades do *server* “Rampa\_SL1” (Figura 55).

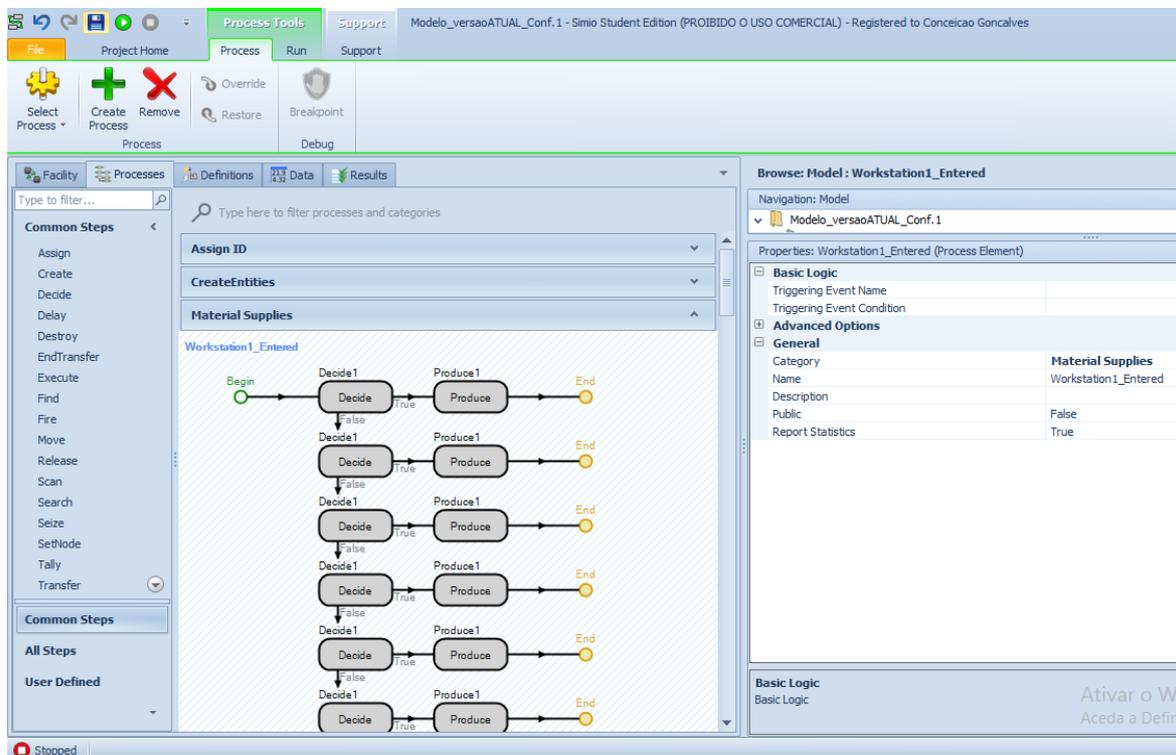


Figura 54 – Exemplo: Processo de aumento da quantidade de peças quando do abastecimento de caixas na “Rampa\_SL1”

Properties: Rampa_SL1 (Server)	
<b>Process Logic</b>	
Capacity Type	Fixed
Initial Capacity	1
Ranking Rule	First In First Out
Dynamic Selection Rule	None
Transfer-In Time	0.0
Process Type	Specific Time
Processing Time	0
Off Shift Rule	Suspend Processing
<b>Buffer Logic</b>	
<b>Reliability Logic</b>	
<b>Table Row Referencing</b>	
<b>State Assignments</b>	
<b>Secondary Resources</b>	
<b>Financials</b>	
<b>Add-On Process Triggers</b>	
Run Initialized	
Run Ending	
Entered	<b>Workstation1_Entered</b>
Before Processing	
Processing	
After Processing	

Figura 55 – Exemplo: Propriedades do server “Rampa\_SL1”

Toda esta etapa foi seguida para as restantes linhas de montagem nas áreas CBA e *Sub-Assembly*, com base nas especificações do produto e materiais respetivos.

Numa terceira etapa desenhou-se a área do Armazém, apenas no que é útil para o estudo, ou seja, no que se refere ao reabastecimento das caixas. Para tal, introduziu-se cinco *TransferNodes*, um *BasicNode*, dois *Combiners*, três *Servers* e três *Workers*, como se pode verificar na Figura 56.

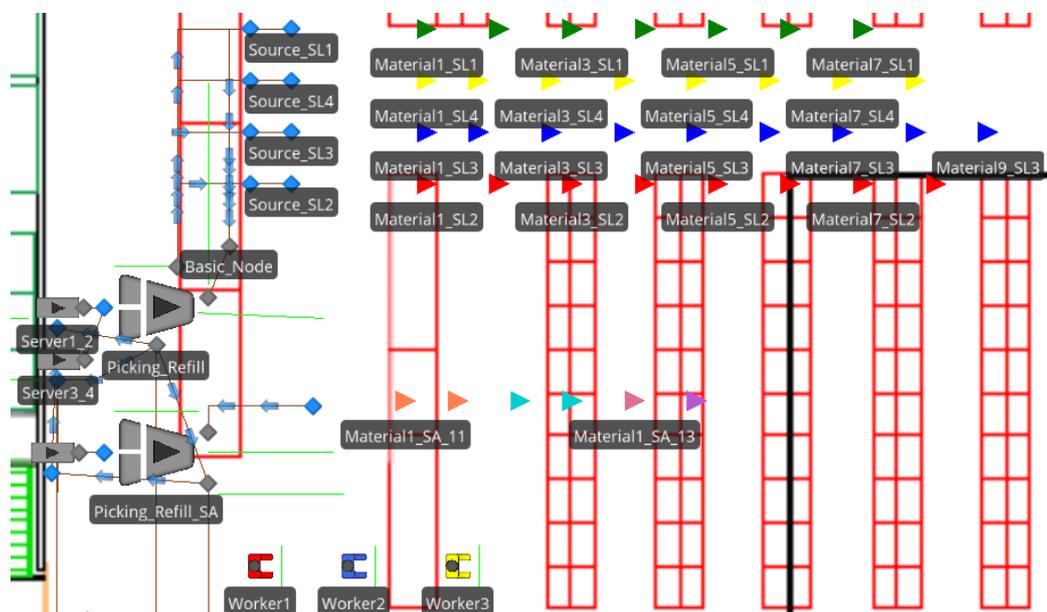


Figura 56 – Simulação da área do Armazém: reabastecimento das caixas

Um *combiner* consiste na combinação de um *member* com um *parent*, isto é, combinar uma “entidade pai” com uma “entidade filho”. Portanto, no modelo foram criados os *combiners* no sentido de representar o reabastecimento no armazém, ou seja, combinar a “entidade caixa vazia” com a “entidade

material”. De modo a garantir que as caixas vazias são reabastecidas com os respetivos materiais foi necessário acrescentar uma propriedade importante no *combiner*, demonstrada na Figura 57.

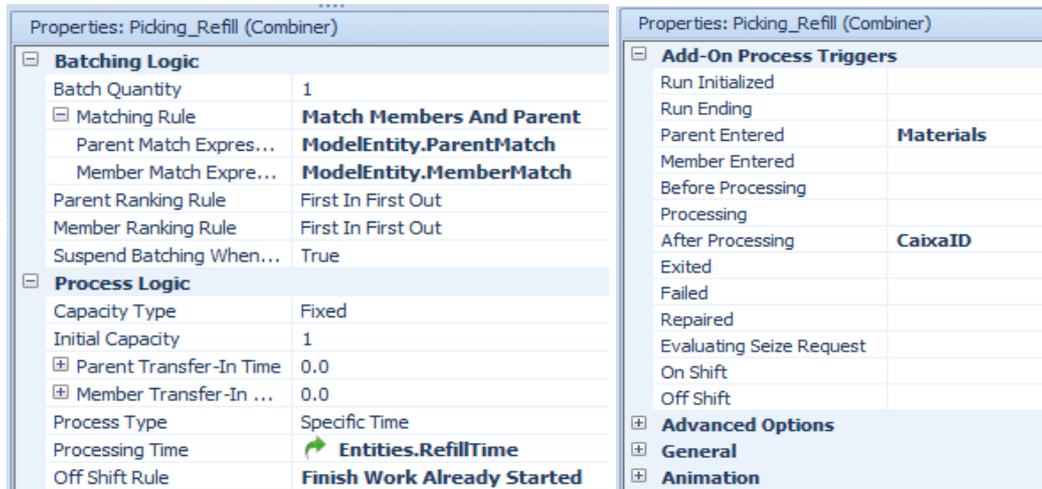


Figura 57 – Exemplo: Propriedades do *combiner* “Picking\_Refill”

Como mencionado na secção anterior, para cada caixa está associado um tempo de *refill* distinto. Com esses tempos recolhidos presentes na Tabela 25 foram inseridos no software, como podemos verificar na Figura 58. Depois de inseridos numa tabela no *software*, foi atribuído como uma propriedade no *combiner*, através da opção “*processing time*” (Figura 57).

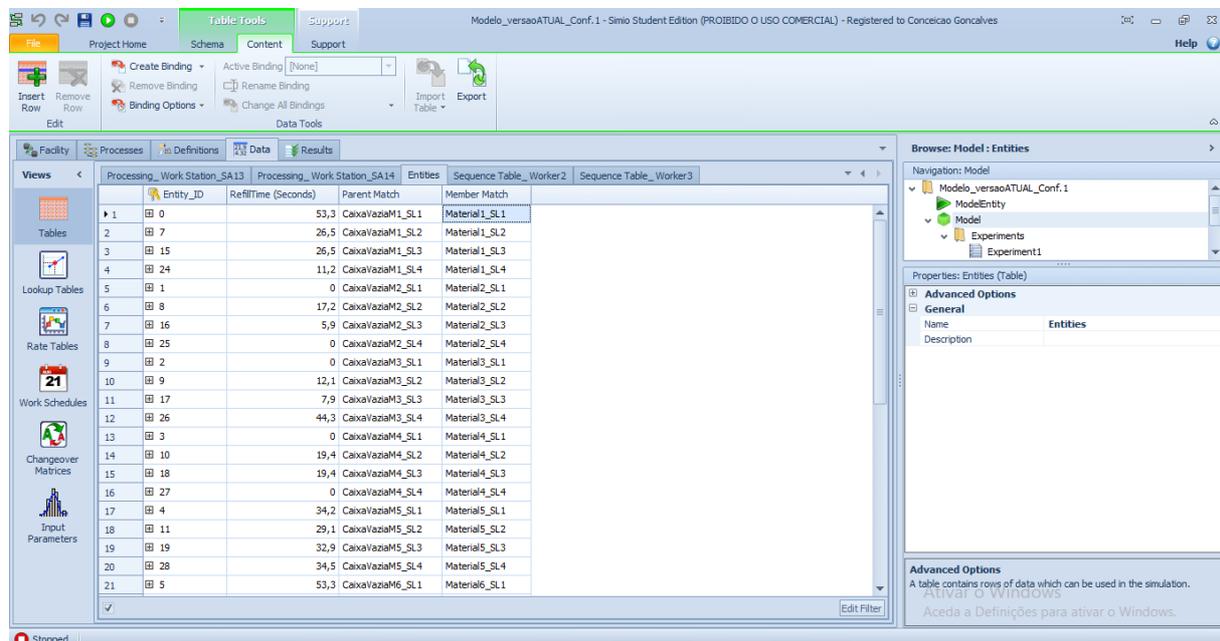


Figura 58 – Introdução no SIMIO dos tempos de *refill* dos materiais

De modo a retratar o sistema real no reabastecimento dos materiais, foi necessário acrescentar um processo no *combiner* denominado “*Materials*”, de modo a sempre que uma caixa vazia chega ao *combiner* é criada a “entidade material” correspondente (Figura 59). De modo a facilitar a

designação/diferenciação das caixas já reabastecidas com os materiais foi adicionado um processo que atribui às caixas um respetivo número, designado de “CaixaID” (Figura 60). Posteriormente, estes dois processos foram adicionados como propriedades do *combiner*, através da opção “Add-On Process Triggers” (Figura 57).

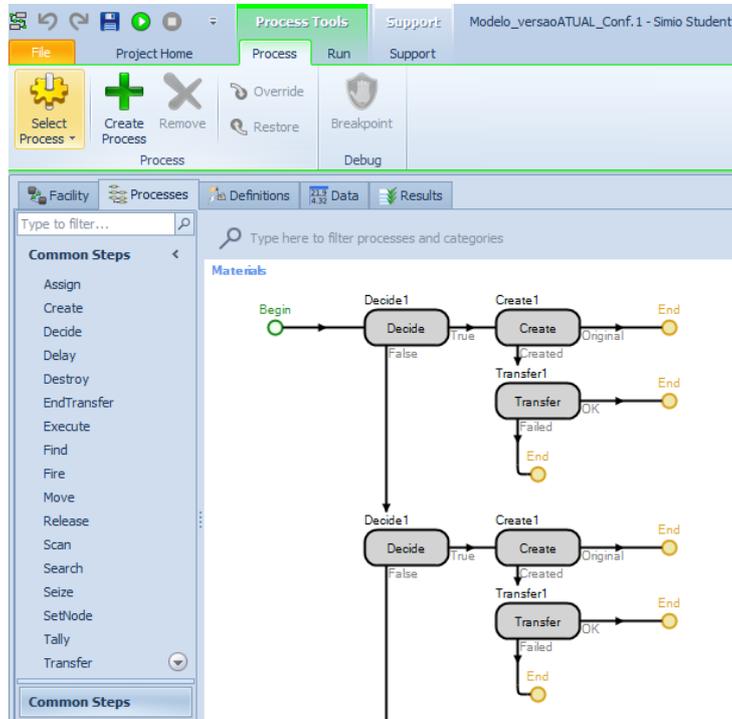


Figura 59 – Processo de criação das “entidades materiais”

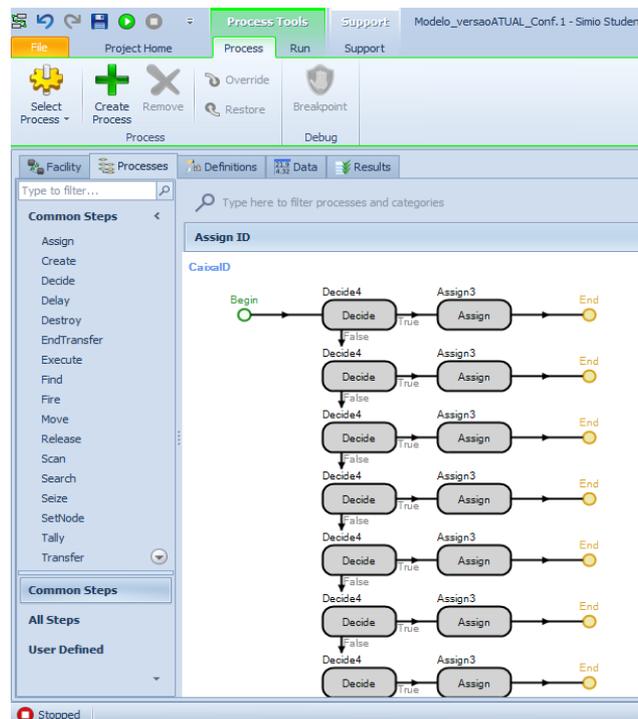


Figura 60 – Processo de atribuição de um número a uma caixa reabastecida

De seguida foram inseridos os três colaboradores associados às tarefas das áreas de CBA e *Sub-Assembly*. O “*Worker1*” é responsável pelo reabastecimento em armazém, o “*Worker2*” responsável pelo abastecimento das linhas de montagem *SL1+SL2+Sub-Assembly* e o “*Worker3*” afeto ao abastecimento das linhas de montagem *SL3+SL4*. Foram acrescentados os “*Server1\_2*”, “*Server3\_4*” e “*Server\_SA*” de modo a garantir que as respetivas caixas reabastecidas sejam transportadas pelo colaborador responsável e para as respetivas linhas de montagem. Para definição do destino das caixas reabastecidas foi necessário a criação de processos. O processo “*Destino\_RefillCaixas*” (Figura 61) foi adicionado à saída do *combiner* “*Picking\_Refill*” no nodo “Output” de modo a garantir a correta distribuição das caixas reabastecidas para os respetivos servers (Figura 62).

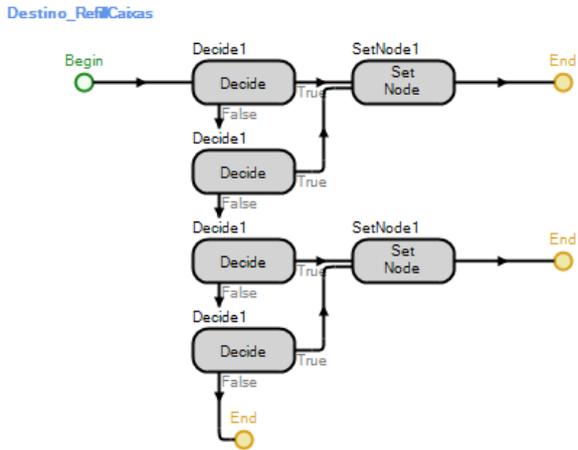


Figura 61 – Criação do processo de distribuição das caixas reabastecidas para o respetivo Server

Properties: Output@Picking_Refill (TransferNode)	
<b>Crossing Logic</b>	
Initial Traveler Capacity	Infinity
Entry Ranking Rule	First In First Out
<b>Routing Logic</b>	
Outbound Travel Mode	<b>Network Only</b>
Outbound Link Prefere...	Any
Outbound Link Rule	Shortest Path
Entity Destination Type	Continue
<b>Transport Logic</b>	
Ride On Transporter	False
<b>State Assignments</b>	
<b>Tally Statistics</b>	
<b>Add-On Process Triggers</b>	
Run Initialized	
Run Ending	
Entered	<b>Destino_RefillCaixas</b>
Exited	

Figura 62 – Propriedades do nodo Output do *combiner* “*Picking\_Refill*”

Os processos “*Destino\_Caixas1\_2*”, “*Destino\_Caixas3\_4*” e “*Destino\_Caixas\_SA*” (Figura 63) foram adicionados como uma propriedade nos “*Server1\_2*”, “*Server3\_4*” e “*Server\_SA*”, respetivamente, de modo a garantir o correto transporte para as linhas de montagem. Na Figura 64 mostra-se um exemplo da atribuição do processo como uma propriedade do respetivo *Server*.

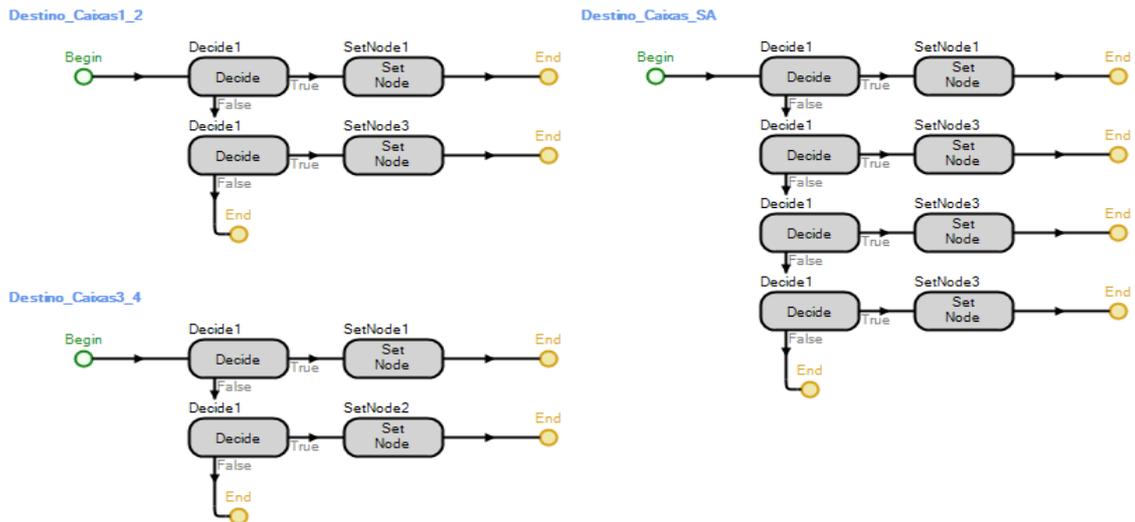


Figura 63 - Criação do processo de distribuição das caixas reabastecidas para a respetiva linha de montagem

Properties: Server_1_2 (Server)	
<b>Add-On Process Triggers</b>	
Run Initialized	
Run Ending	
Entered	
Before Processing	
Processing	
After Processing	
Exited	<b>Destino_Caixas1_2</b>
Failed	
Repaired	
Evaluating Seize Request	
On Shift	
Off Shift	

Figura 64 – Exemplo: Propriedades do “Server1\_2”

Para a organização e distribuição das tarefas dos colaboradores foi associado aos *TransferNodes* o respetivo *Worker*, como podemos ver o exemplo da Figura 65. Também foi criada uma *Network* para cada *Worker* através do painel “Definitions”, função “Elements” e opção “Network”, com o objetivo de cada colaborador seguir o seu caminho até ao seu destino (Figura 66).

Properties: Output@Server_1_2 (TransferNode)		Properties: TransferNode8 (TransferNode)	
<b>Crossing Logic</b>		<b>Crossing Logic</b>	
Initial Traveler Capacity	Infinity	Initial Traveler Capacity	Infinity
Entry Ranking Rule	First In First Out	Entry Ranking Rule	First In First Out
<b>Routing Logic</b>		<b>Routing Logic</b>	
Outbound Travel Mode	<b>Network Only</b>	Outbound Travel Mode	<b>Network Only</b>
Outbound Link Prefere...	Any	Outbound Link Prefere...	Any
Outbound Link Rule	Shortest Path	Outbound Link Rule	Shortest Path
Entity Destination Type	Continue	Entity Destination T...	<b>Specific</b>
<b>Transport Logic</b>		<b>Transport Logic</b>	
Ride On Transporter	<b>True</b>	Ride On Transporter	<b>True</b>
Transporter Type	Specific	Transporter Type	Specific
Transporter Name	<b>Worker2</b>	Transporter Name	<b>Worker2</b>
Reservation Method	Reserve Closest	Reservation Method	Reserve Closest
Selection Goal	Preferred Order	Selection Goal	Preferred Order
		Node Name	<b>ParentInput@Picking_Refill</b>

Figura 65 – Exemplo: Alocação do “Worker2” nos respetivos TransferNodes

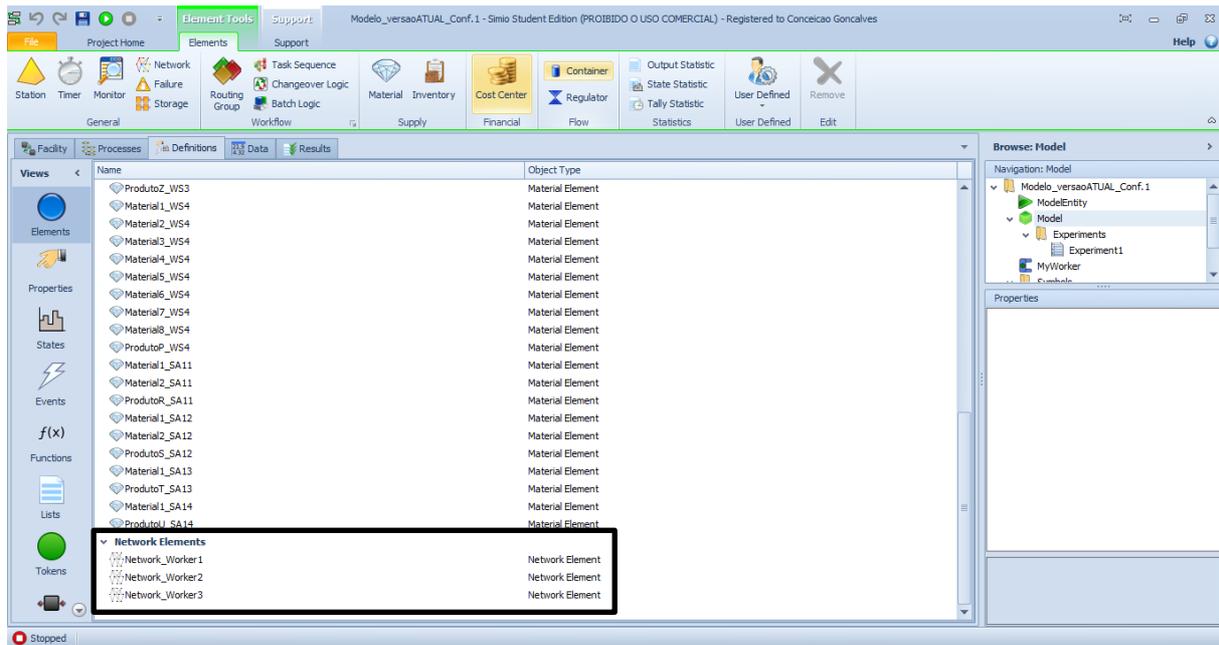


Figura 66 – Criação de uma Network para cada Worker

Posto isso, cada Network foi atribuída ao respectivo *Worker* e respectivos *Paths* (caminhos), com podemos verificar nas Figura 67 e Figura 68, respectivamente.

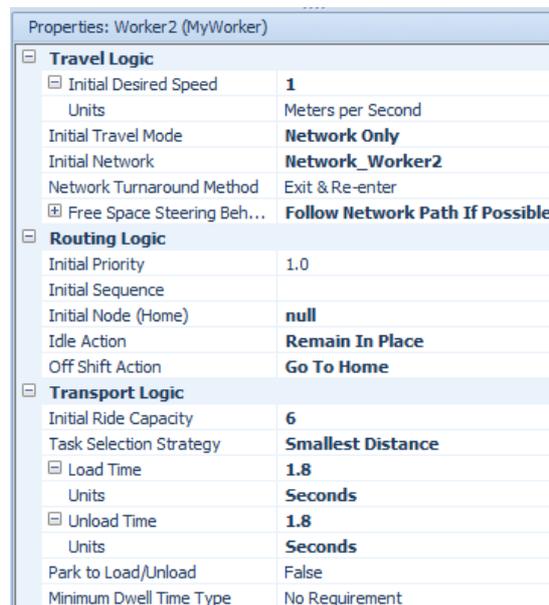


Figura 67 – Exemplo: Propriedades do "Worker2"

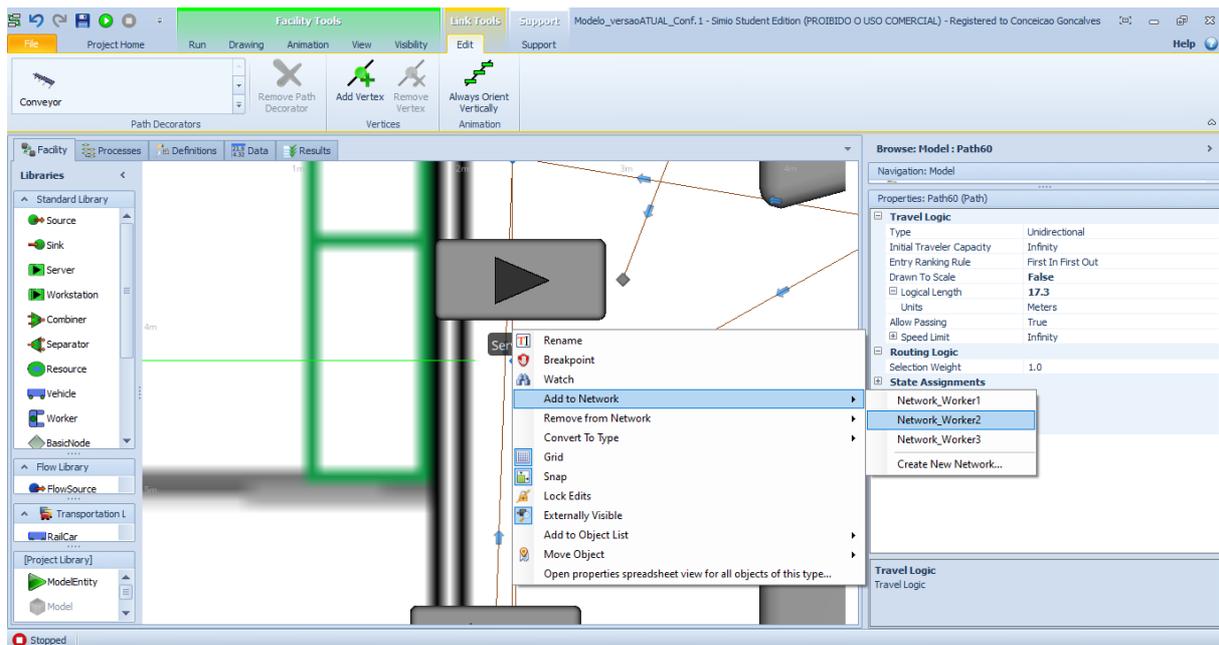


Figura 68 – Exemplo: Atribuição de uma Network num Path

Por último foram definidas as métricas relacionadas com os objetos “Worker” e “Path”. Na Figura 67 podemos verificar a definição da velocidade média do colaborador segundo pressuposto da empresa (1m/s), a capacidade em termos de número máximo de caixas transportadas por deslocação (seis caixas) e os tempos de carga/descarga das caixas (1,8 segundos).

Na secção anterior foram descritas as distâncias entre os vários pontos de abastecimento (Tabela 26), na qual foram inseridas nos respetivos Path, de modo a retratar o sistema real. Na Figura 69 apresenta-se um exemplo da definição de uma distância no respetivo Path (caminho).

Properties: Path60 (Path)	
[-] <b>Travel Logic:</b>	
Type	Unidirectional
Initial Traveler Capacity	Infinity
Entry Ranking Rule	First In First Out
Drawn To Scale	<b>False</b>
[-] Logical Length	<b>17.3</b>
Units	Meters
Allow Passing	True
[+] Speed Limit	Infinity

Figura 69 – Exemplo: Propriedades de um Path

As restantes combinações, Combinação B e Combinação C, foram posteriormente elaboradas com as necessárias alterações em termos de produtos, materiais, tempos de ciclo e tempos de chegada.

### 5.3 Experiências em Simulação

Nesta secção são apresentadas as experiências efetuadas com o objetivo de analisar e comparar as possíveis propostas de melhoria. As experiências em simulação foram decorridas durante oito horas, correspondente à carga horária de um turno produtivo.

A secção está dividida em quatro subsecções que representam os cenários de simulação, sendo o primeiro cenário, a situação inicial da empresa e os restantes três cenários, as propostas de melhoria a analisar. Em cada cenário apresenta-se numa primeira fase os resultados assumindo a velocidade média dos colaboradores de 1m/s (valor considerado na empresa) e numa segunda fase demonstra-se a variação da taxa de utilização dos colaboradores em função da variação da velocidade média dos colaboradores.

#### 5.3.1 Cenário I: Processo Inicial com três colaboradores

A simulação do processo inicial das rotas de abastecimento de materiais tem como objetivos a verificação e validação do modelo e a análise de resultados não alcançáveis durante as observações no terreno. Na Tabela 27 apresentam-se os resultados retirados do modelo de simulação das três combinações para o processo inicial de três colaboradores, assumindo que estes percorrem a uma velocidade média de 1m/s.

Tabela 27 – Resultados para o Processo Inicial com pressuposto de velocidade média 1m/s

Combinações	Colaboradores	Taxa de utilização	Distância total percorrida	Tempo total no <i>refill</i>	Tempo total no transporte	Tempo total de inatividade
Combinação A	<i>Worker1</i>	78,31%	6,78 km	3h51min	2h26min	1h43min
	<i>Worker2</i>	82,11%	20,44 km	0h27min	6h04min	1h29min
	<i>Worker3</i>	73,64%	17,99 km		5h54min	2h06min
Combinação B	<i>Worker1</i>	65,49%	4,92 km	3h25min	1h50min	2h45min
	<i>Worker2</i>	81,74%	21,20 km	0h26min	6h17min	1h17min
	<i>Worker3</i>	57,33%	14,13 km		4h37min	3h23min
Combinação C	<i>Worker1</i>	67,33%	4,58 km	3h39min	1h44min	2h37min
	<i>Worker2</i>	79,61%	20,46 km	0h27min	6h02min	1h31min
	<i>Worker3</i>	57,37%	13,83 km		4h32min	3h28min

Pela observação da Tabela 27 pode-se concluir que no processo inicial com três colaboradores existem ineficiências. Na Combinação A (considerado o pior cenário de necessidades de abastecimento) existe um tempo total de inatividade de 5h15min, somando os tempos dos três colaboradores. Na Combinação B (cenário mais frequente, ou seja, com maior nível de produção diária) resulta um tempo total de inatividade dos três colaboradores de 7h25min. Na Combinação C (mencionada como o cenário

mais fácil em termos de necessidades de abastecimento) os três colaboradores apresentam um tempo total de inatividade de 7h31min, correspondente a quase um turno produtivo. Também pode-se verificar as ineficiências com base na percentagem da taxa de utilização. Na Combinação A existem dois colaboradores com percentagem inferior a 80%. As Combinações B e C apresentam dois colaboradores com percentagens muito baixas (65,49% e 57,33% e 67,33% e 57,37, respetivamente).

Com o objetivo de avaliar o impacto da velocidade média dos colaboradores, realizou-se uma experiência no qual a velocidade média varia de 0,5m/s até 1,5m/s. Os resultados estão apresentados na Tabela 28.

*Tabela 28 – Resultados para o Processo Inicial com as variações de velocidade média dos colaboradores*

	Velocidade (m/s)	Taxa de utilização (%)		
		Worker 1	Worker 2	Worker 3
Configuração A	0,5	96,50	96,89	93,31
	0,6	93,30	95,59	90,90
	0,7	88,05	93,22	86,99
	0,8	84,01	90,07	82,68
	0,9	80,87	86,26	77,91
	1	78,31	82,11	73,64
	1,1	76,21	78,06	69,51
	1,2	74,46	74,24	65,88
	1,3	72,96	70,47	62,55
	1,4	71,69	67,15	59,64
	1,5	70,57	63,92	56,94
Configuração B	0,5	81,65	97,14	85,32
	0,6	76,35	95,79	79,12
	0,7	72,52	93,17	72,74
	0,8	69,61	89,78	66,94
	0,9	67,33	85,88	61,78
	1	65,49	81,74	57,33
	1,1	63,98	77,65	53,50
	1,2	62,71	73,78	50,26
	1,3	61,64	70,16	47,44
	1,4	60,72	66,69	44,90
	1,5	59,92	63,63	42,68

Configuração C	0,5	82,31	97,06	85,45
	0,6	77,46	95,28	79,08
	0,7	73,86	92,42	72,68
	0,8	71,17	88,48	66,81
	0,9	69,05	84,08	61,77
	1	67,33	79,61	57,37
	1,1	65,90	75,36	53,66
	1,2	64,72	71,40	50,33
	1,3	63,71	67,81	47,48
	1,4	62,85	64,41	44,97
	1,5	62,10	61,43	42,72

Com base na Tabela 28, em todas as configurações, existe um grande impacto da velocidade média nas taxas de utilização dos três colaboradores. Especificamente, desde os 0,5m/s até aos 1,5m/s, na Configuração A existe uma diminuição na taxa de utilização de 25,93% no *Worker1*, de 32,97% no *Worker2* e de 36,37% no *Worker3*. Na Configuração B, as taxas de utilização dos *Worker1*, *Worker2* e *Worker3* diminuem 21,73%, 33,51% e 42,64%, respetivamente. Na Configuração C, as taxas de utilização dos *Worker1*, *Worker2* e *Worker3* apresentam uma redução de 20,21%, 35,63% e 42,73%, respetivamente.

Durante as observações no terreno foi verificado que os colaboradores permaneciam algum tempo parado, contudo não foi possível quantificá-lo. Com base nos resultados da Tabela 27 comprovou-se essa constatação, no qual surgiu a ideia de avaliar e analisar o processo com apenas dois colaboradores. Nas subsecções seguintes avaliam-se três cenários distintos de possíveis distribuições dos dois colaboradores nos processos de abastecimento de materiais.

### 5.3.2 Cenário II: Processo com dois colaboradores mistos (rota interna+externa)

O Cenário II consiste em possuir apenas dois colaboradores responsáveis pelo abastecimento nas linhas e o reabastecimento das caixas vazias no armazém. Na Figura 70 apresenta-se o *layout* geral do modelo de simulação realizado para este cenário.

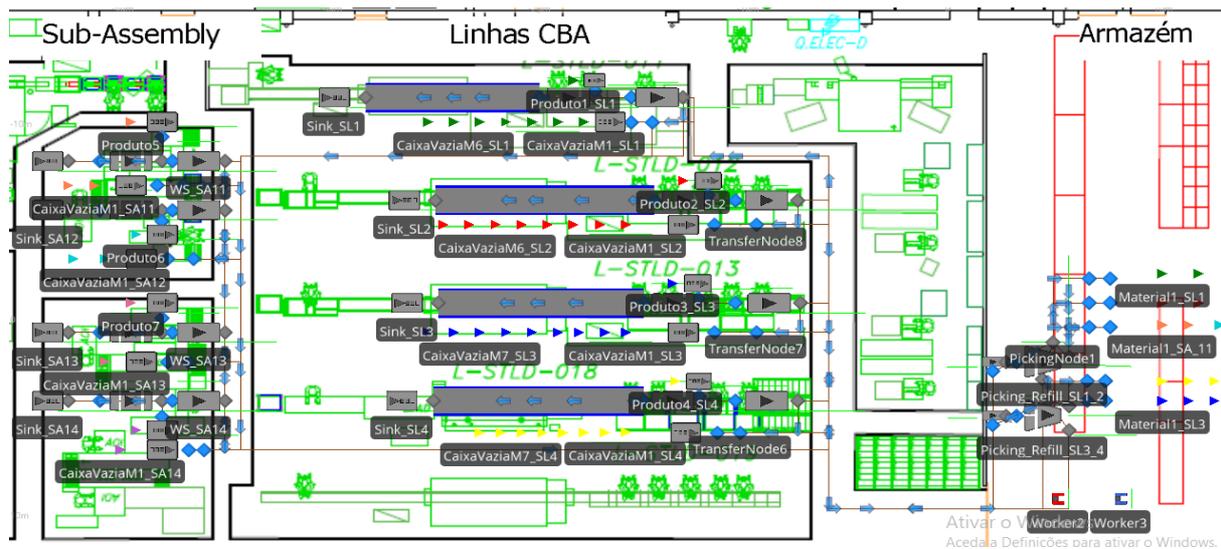


Figura 70 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente ao Cenário II

O *Worker2* é responsável pelo abastecimento das linhas de montagem SL1 e SL2 da área CBA e também das estações de trabalho da área *Sub-Assembly*. O *Worker3* abastece as linhas de montagem SL3 e SL4. Os dois colaboradores são também responsáveis pelo reabastecimento das caixas vazias no armazém, cada um no seu local identificado (*Picking\_Refill\_SL1\_2* ou *Picking\_Refill\_SL3\_4*).

Após a conclusão do ajuste do modelo de simulação, foi possível recolher os resultados para este cenário de melhoria das rotas de abastecimento de materiais. Na Tabela 29 apresentam-se os resultados de todas as combinações para este cenário de dois colaboradores mistos, assumindo a velocidade média dos colaboradores de 1m/s.

Tabela 29 – Resultados para o Cenário II com pressuposto de velocidade média 1m/s

Combinações	Colaboradores	Taxa de utilização	Distância total percorrida	Tempo total no <i>refill</i>	Tempo total no transporte	Tempo total de inatividade
Combinação A	<i>Worker2</i>	96,29%	18,96 km	2h23min	5h19min	0h18min
	<i>Worker3</i>	97,72%	14,68 km	3h12min	4h35min	0h13min
Combinação B	<i>Worker2</i>	96,28%	18,80 km	2h18min	5h21min	0h21min
	<i>Worker3</i>	85,87%	14,14 km	2h22min	4h34min	1h04min
Combinação C	<i>Worker2</i>	96,55%	18,40 km	2h28min	5h16min	0h16min
	<i>Worker3</i>	85,89%	13,44 km	2h21min	4h23min	1h16min

Analisando a Tabela 29 podemos constatar que as percentagens das taxas de utilização são mais elevadas (superiores a 85%), o que poderão ser um entrave caso aconteça um imprevisto. Em termos de tempos totais de inatividade constata-se que para a Combinação A existe 31min, para a Combinação B existe 1h25min e para a Combinação C existe 1h36min.

Os resultados da experiência das variações da velocidade média dos colaboradores estão apresentados Tabela 30.

Tabela 30 – Resultados para o Cenário II com as variações da velocidade média dos colaboradores

	Velocidade (m/s)	Taxa de utilização (%)	
		<i>Worker 2</i>	<i>Worker 3</i>
Configuração A	0,5	98,00	98,32
	0,6	97,81	98,25
	0,7	97,54	98,19
	0,8	97,20	98,13
	0,9	96,82	98,05
	1	96,29	97,72
	1,1	94,71	96,73
	1,2	92,40	95,03
	1,3	89,70	93,07
	1,4	86,82	90,90
	1,5	84,19	88,90
Configuração B	0,5	98,00	98,27
	0,6	97,81	98,11
	0,7	97,53	97,18
	0,8	97,19	94,20
	0,9	96,88	89,93
	1	96,28	85,87
	1,1	94,80	82,32
	1,2	92,39	78,96
	1,3	89,65	76,19
	1,4	86,89	73,71
	1,5	84,08	71,52
Configuração C	0,5	97,99	98,24
	0,6	97,85	98,07
	0,7	97,63	97,10
	0,8	97,39	93,93
	0,9	97,18	89,89
	1	96,55	85,89
	1,1	94,88	82,32
	1,2	92,43	79,15
	1,3	89,63	76,31
	1,4	86,82	73,78
	1,5	84,10	71,65

Analisando a Tabela 30, para o intervalo de variação da velocidade média (de 0,5m/s a 1,5m/s), na Configuração A existe uma diminuição das taxas de utilização do *Worker2* de 13,8% e do *Worker3* de 9,42%. Na Configuração B as taxas de utilização do *Worker2* e do *Worker3* diminuem 13,91% e 26,74%, respetivamente. Na Configuração C, existe uma redução de 13,89% e 26,59% nas taxas de utilização do *Worker2* e *Worker3*, respetivamente. Assim, conclui-se que neste cenário, a variação da velocidade média dos colaboradores apresenta um impacto significativo nas taxas de utilização dos colaboradores. Apesar de as taxas de utilização dos colaboradores serem elevadas, este cenário aparenta ser viável, contudo carece de uma análise mais exaustiva para poder ser implementado pela empresa.

### 5.3.3 Cenário III: Processo com um colaborador interno e um colaborador externo

O Cenário III consiste em possuir apenas dois colaboradores, no qual um colaborador é responsável pelo abastecimento nas linhas de montagem (quatro linhas da área CBA e quatro estações de trabalho da área *Sub-Assembly*) e o outro colaborador é responsável pelo reabastecimento das caixas vazias no armazém. Na Figura 71 apresenta-se o *layout* geral do modelo de simulação realizado para este cenário.

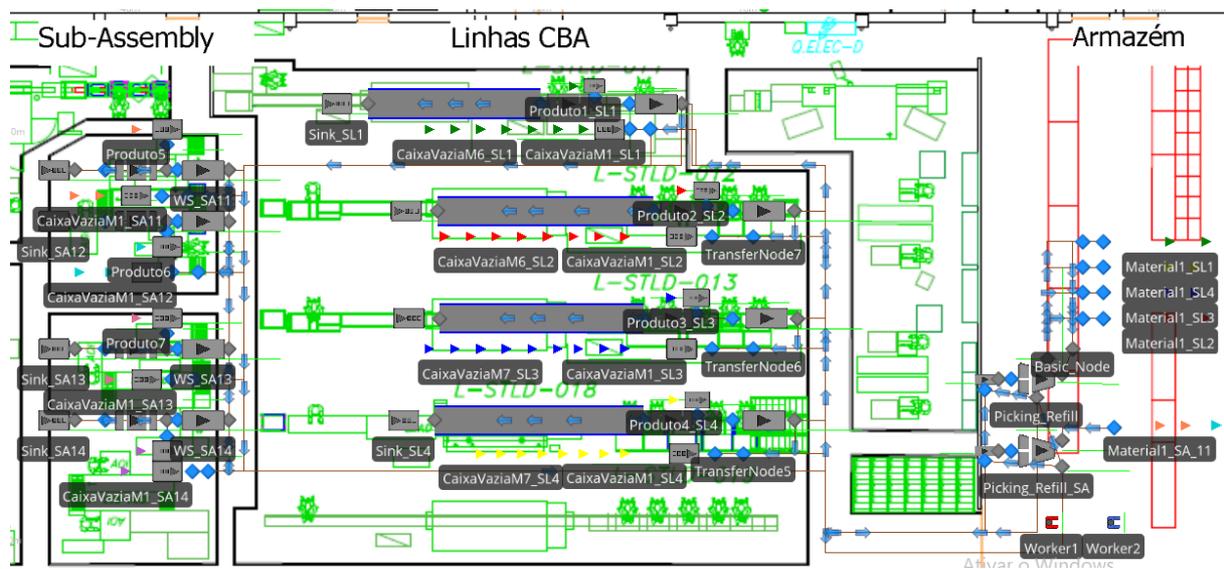


Figura 71 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente ao Cenário III

O *Worker1* é responsável pelo reabastecimento das caixas vazias trazidas pelo *Worker2*, sendo o *combiner* “*Picking\_Refill*” o local afeto a essa tarefa. O *Worker2* abastece as todas as linhas de montagem e recolhe as embalagens vazias das áreas CBA e *Sub-Assembly*.

Após a conclusão do ajuste do modelo de simulação, foi possível recolher os resultados para este cenário de melhoria das rotas de abastecimento de materiais. A Tabela 31 exhibe os resultados de todas as combinações para este cenário de um colaborador interno (*Worker2*) e um colaborador externo (*Worker1*), assumindo a velocidade média dos colaboradores de 1m/s.

Tabela 31 – Resultados para o Cenário III com pressuposto de velocidade média de 1m/s

Combinações	Colaboradores	Taxa de utilização	Distância total percorrida	Tempo total no <i>refill</i>	Tempo total no transporte	Tempo total de inatividade
Combinação A	<i>Worker1</i>	74,42%	6,46 km	3h40min	2h18min	2h02min
	<i>Worker2</i>	98,29%	22,27 km	0h33min	7h29min	0h08min
Combinação B	<i>Worker1</i>	64,02%	4,77 km	3h22min	1h47min	2h51min
	<i>Worker2</i>	98,19%	22,91 km	0h31min	7h20min	0h09min
Combinação C	<i>Worker1</i>	65,89%	4,43 km	3h34min	1h40min	2h46min
	<i>Worker2</i>	98,20%	23,00 km	0h32min	7h19min	0h09min

Pela análise da Tabela 31, verifica-se que o tempo total de inatividade dos colaboradores na Combinação A é 2h10min, na Combinação B é 3h e na Combinação C é 2h55min, sendo maioritariamente esse tempo de inatividade resultante apenas do *Worker1*. Conclui-se que, em todas as combinações, as percentagens dos dois colaboradores estão desequilibradas, sendo o *Worker1* subutilizado e o *Worker2* sobreutilizado.

A Tabela 32 mostra os resultados da experiência das variações da velocidade média dos colaboradores.

Tabela 32 – Resultados para o Cenário III com as variações da velocidade média dos colaboradores

	Velocidade (m/s)	Taxa de utilização (%)	
		<i>Worker 1</i>	<i>Worker 2</i>
Configuração A	0,5	62,33	98,58
	0,6	61,09	98,56
	0,7	64,12	98,52
	0,8	69,34	98,47
	0,9	72,58	98,37
	1	74,42	98,29
	1,1	74,01	98,23
	1,2	72,78	98,15
	1,3	71,59	98,01
	1,4	70,70	97,82
Configuração B	1,5	69,84	97,50
	0,5	50,57	98,58
	0,6	58,13	98,56
	0,7	64,13	98,51
	0,8	66,14	98,43
	0,9	65,28	98,30
	1	64,02	98,19
1,1	62,85	98,00	

	1,2	61,93	97,65
	1,3	61,08	97,20
	1,4	60,36	96,48
	1,5	59,67	95,67
Configuração C	0,5	54,57	98,57
	0,6	61,00	98,56
	0,7	66,88	98,51
	0,8	67,99	98,43
	0,9	66,99	98,32
	1	65,89	98,20
	1,1	64,86	97,99
	1,2	63,91	97,59
	1,3	63,12	97,09
	1,4	62,48	96,38
	1,5	61,86	95,41

Pela análise da Tabela 32, verifica-se que, em todas as configurações, com o aumento da velocidade média, as taxas de utilização do *Worker2* apresentam uma diminuição reduzida, aproximadamente entre os 1% e 3%. Em relação ao *Worker1*, em todas as configurações, em velocidades inferiores a 1 m/s, não existe uma tendência clara da variação das taxas de utilização, mas em velocidades superiores a 1 m/s existe uma diminuição da taxa de utilização entre os 4% e 5%. Assim, concluiu-se que neste cenário não existe um impacto significativo da velocidade média nas taxas de utilização dos colaboradores.

Devido ao desequilíbrio das taxas de utilização dos colaboradores e consequente sobreutilização do *Worker2*, concluiu-se que este cenário não é o mais apropriado.

#### 5.3.4 Cenário IV: Processo com um colaborador interno e um colaborador externo + Criação de uma abertura entre o armazém e a área CBA

O Cenário IV, em termos de colaboradores é equivalente ao cenário anterior, ou seja, um colaborador interno e um colaborador externo. A única diferença consiste na criação de uma abertura (janela) entre o armazém e a área CBA, com o objetivo de colaborador interno não ter de se deslocar ao armazém para transporte das embalagens vazias e recolha das embalagens reabastecidas, ou seja, o colaborador interno desloca-se à abertura deixando as embalagens vazias e recolhendo as embalagens reabastecidas. Na Figura 72 mostra-se o *layout* geral do modelo de simulação construído para retratar o Cenário IV.

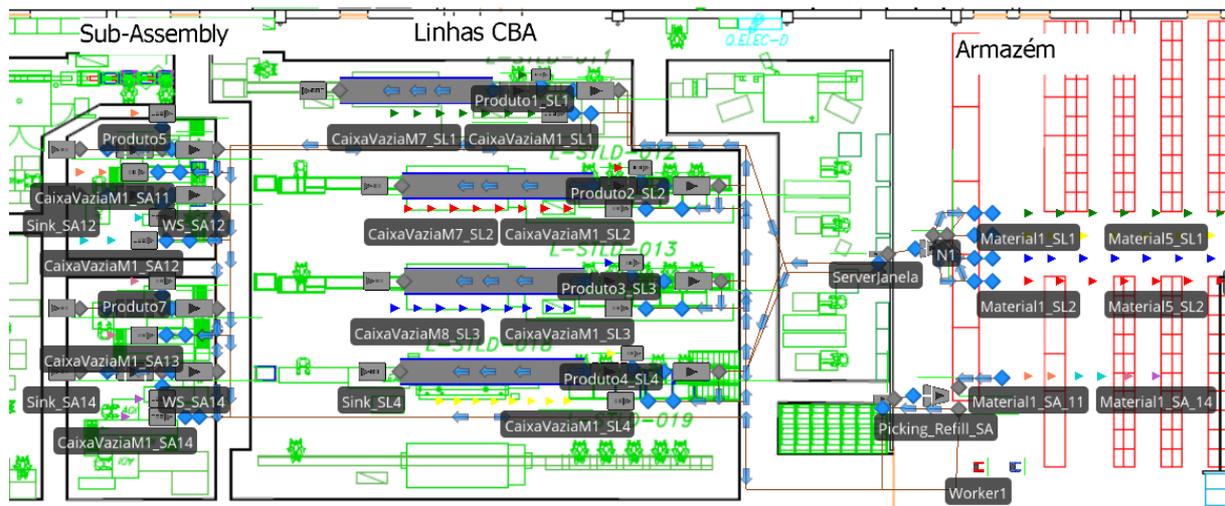


Figura 72 – Visualização geral do modelo de simulação correspondente ao Cenário IV

O *Worker1* é colaborador que permanece no armazém a efetuar o reabastecimento das caixas vazias. O *Worker2* percorre todas as linhas de montagem da área CBA e as estações de trabalho da área *Sub-Assembly* recolhendo as caixas vazias e transportando-as para a abertura/janela, representada pelo “*ServerJanela*”. A partir dessa abertura/janela, também efetua o transporte inverso, ou seja, transporta as caixas reabastecidas para as respectivas linhas de montagem e estações de montagem.

Após a conclusão da construção do modelo, foram recolhidos os resultados para este cenário de melhoria das rotas de abastecimento de materiais. A Tabela 33 exhibe os resultados de todas as combinações para este cenário de um colaborador interno (*Worker2*) e um colaborador externo (*Worker1*), com a abertura/janela entre o armazém e a área CBA, assumindo a velocidade média dos colaboradores de 1m/s.

Tabela 33 – Resultados para o Cenário IV com o pressuposto da velocidade média de 1m/s

Combinações	Colaboradores	Taxa de utilização	Distância total percorrida	Tempo total no <i>refill</i>	Tempo total no transporte	Tempo total de inatividade
Combinação A	<i>Worker1</i>	75,85%	6,26 km	3h52min	2h11min	1h57min
	<i>Worker2</i>	98,07%	22,18 km	0h35min	7h16min	0h09min
Combinação B	<i>Worker1</i>	63,70%	4,50 km	3h27min	1h39min	2h54min
	<i>Worker2</i>	97,65%	22,70 km	0h37min	7h11min	0h11min
Combinação C	<i>Worker1</i>	65,59%	4,20 km	3h40min	1h33min	2h47min
	<i>Worker2</i>	97,37%	22,75 km	0h37min	7h10min	0h13min

Analisando a Tabela 33 e tal como verificado no Cenário III, o *Worker2* apresenta maiores taxas de utilização em relação ao *Worker1*. Contudo as taxas de utilização deste cenário são menores comparadas com as taxas do Cenário III. Os tempos totais de inatividade para as Combinações A, B e C são de 2h06min, 3h05min e 3h, respetivamente. Dado este cenário ter como objetivo a não deslocação do

*Worker2* ao armazém, com vista a uma diminuição de tempo e distância de transporte, é necessário comparar os resultados da Tabela 33 com os resultados da Tabela 31, para se conseguir averiguar o impacto da criação da abertura/janela. As diferenças das distâncias totais percorridas e os tempos totais no transporte são insignificativas, como podemos verificar na Tabela 34.

Tabela 34 – Comparação dos resultados do *Worker2* entre o Cenário III e o Cenário IV

Combinações	Cenário III		Cenário IV		Diferença	
	Distância total percorrida	Tempo total no transporte	Distância total percorrida	Tempo total no transporte	Distância total percorrida	Tempo total no transporte
Combinação A	22,27 km	7h29min	22,18 km	7h16min	0,09km	13min
Combinação B	22,91 km	7h20min	22,70 km	7h11min	0,21km	9min
Combinação C	23,00 km	7h19min	22,75 km	7h10min	0,25km	9min

A Tabela 35 apresenta os resultados de uma análise da variação da velocidade média dos colaboradores de 0,5m/s até 1,5m/s.

Tabela 35 – Resultados para o Cenário IV com as variações da velocidade média dos colaboradores

	Velocidade (m/s)	Taxa de utilização (%)	
		<i>Worker 1</i>	<i>Worker 2</i>
Configuração A	0,5	69,66	98,53
	0,6	74,07	98,44
	0,7	78,09	98,31
	0,8	79,32	98,24
	0,9	77,68	98,16
	1	75,85	98,07
	1,1	74,10	97,92
	1,2	72,65	97,64
	1,3	71,41	97,29
	1,4	70,31	96,70
Configuração B	1,5	69,32	95,93
	0,5	63,54	98,51
	0,6	69,39	98,40
	0,7	68,78	98,28
	0,8	66,83	98,14
	0,9	65,18	97,93
	1	63,70	97,65
	1,1	62,46	97,14
1,2	61,38	96,37	

	1,3	60,47	95,35
	1,4	59,66	94,05
	1,5	58,94	92,56
Configuração C	0,5	74,73	98,53
	0,6	73,30	98,44
	0,7	70,73	98,31
	0,8	68,78	98,12
	0,9	67,09	97,87
	1	65,59	97,37
	1,1	64,45	96,52
	1,2	63,49	95,38
	1,3	62,61	93,97
	1,4	61,85	92,31
	1,5	61,18	90,60

Pela observação da Tabela 35, na Configuração A, a velocidade média tem um impacto insignificante em ambos os colaboradores. Na Configuração B, no intervalo de variação da velocidade média (de 0,5 a 1,5 m/s) existe uma variação de 4,6% para o *Worker1* e de 5,95% para o *Worker2*. Na Configuração C a velocidade média apresenta maior impacto em ambos os colaboradores, representando uma variação de 13,54% no *Worker1* e 7,93% no *Worker2*.

Semelhante ao Cenário III, existe um desequilíbrio das taxas de utilização dos colaboradores, contudo o *Worker2* apresenta menores taxas de utilização. Mesmo assim, concluiu-se que este cenário não é o mais apropriado.

## 6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Este capítulo contém a apresentação, análise e discussão dos resultados alcançados com as ações de melhoria implementadas e dos resultados que se esperam alcançar com as ações propostas, que ainda não se encontram implementadas. Também se efetua uma comparação entre o estado inicial e o estado final após as alterações e propostas implementadas, de forma a identificar os benefícios alcançados.

### 6.1 Redefinição das rotas de abastecimento das linhas de montagem das áreas CBA e *Sub-Assembly*

Perante os resultados alcançados nas experiências de simulação, apresentados na secção 5.3, foi proposta uma redefinição nas rotas de abastecimento de materiais das áreas CBA e *Sub-Assembly*, passando de três colaboradores (duas rotas internas + uma rota externa) para dois colaboradores (duas rotas mistas), como ilustrado na Figura 73, correspondendo ao Cenário II.

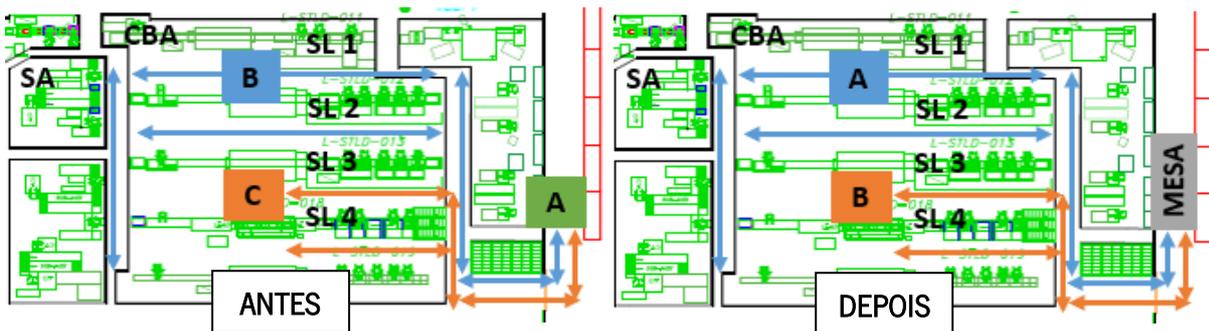


Figura 73 – Redefinição das rotas de abastecimento de materiais das áreas de CBA e *Sub-Assembly*

Na Figura 73 (imagem do lado direito) retrata-se a proposta de melhoria sugerida, em que são afetados às áreas de CBA e *Sub-Assembly* apenas dois colaboradores mistos (rotas interna + externa). O colaborador A é responsável pelas linhas de montagem SL1 e SL2 de CBA e de todas as estações de trabalho da área de *Sub-Assembly*. O colaborador B é responsável pelas linhas de montagem SL3 e SL4 da área de CBA. Estes colaboradores têm como tarefas a recolha das embalagens vazias nas linhas de montagem, o transporte das embalagens vazias até à mesa do armazém, o reabastecimento das embalagens vazias no armazém e o abastecimento das embalagens reabastecidas nas rampas das linhas de montagem. Os colaboradores efetuam as tarefas descritas anteriormente de forma sequencial e pela ordem descrita, de forma a otimizar as rotas e eliminando os desperdícios ao máximo.

Com o objetivo de perceber o comportamento dos materiais nas linhas de montagem e também se existem paragens de linha por faltas de materiais foram retirados do *software* SIMIO os gráficos

apresentados nos Apêndice 2 – Distribuição da Disponibilidade dos materiais ao longo das 8H de trabalho para o Cenário Proposto de dois Colaboradores Mistos nas áreas de CBA e *Sub-Assembly* e Apêndice 3 – Ocupação de Recursos nas linhas de montagem das áreas de CBA e *Sub-Assembly* para o Cenário Proposto de dois Colaboradores Mistos.

Perante os gráficos apresentados no Apêndice 2 – Distribuição da Disponibilidade dos materiais ao longo das 8H de trabalho para o Cenário Proposto de dois Colaboradores Mistos nas áreas de CBA e *Sub-Assembly*, podemos concluir que, em todas as configurações simuladas e em todas as linhas de montagem e estações de trabalho, nenhum material atinge o valor 0, ou seja, nenhum material se esgota antes de ser reabastecido. Também se pode verificar que existe uma grande dispersão de quantidades de materiais numa linha de montagem, o que origina uma maior variação no número de vezes que os materiais necessitam de reabastecimento. Assim sugere-se uma redefinição das quantidades dos materiais presentes nas linhas de montagem e estações de montagem, no sentido de equilibrar essas quantidades de todos os materiais e em todas as linhas de montagem e estações de trabalho para não existirem grandes quantidades de um material e poucas quantidades de outro material e também com o objetivo de otimizar o espaço disponível nas rampas das linhas de montagem e estações de trabalho. Como podemos verificar em todos os gráficos das três configurações do Apêndice 3 – Ocupação de Recursos nas linhas de montagem das áreas de CBA e *Sub-Assembly* para o Cenário Proposto de dois Colaboradores Mistos não existem paragens de linha por falta de material em nenhuma linha de montagem na área CBA e também em nenhuma estação de trabalho da área *Sub-Assembly*, pois em nenhum caso o gráfico apresenta uma porção correspondente a *“Waiting for Material”*.

Com toda a informação referida anteriormente e com os dados mencionados na secção 5.3.2, constata-se que teoricamente esta proposta é viável, contudo será necessário recorrer a testes de validação na realidade/contexto da empresa para proceder à implementação da proposta de melhoria.

## 6.2 Implementação de carros de apoio para o transporte de materiais nas áreas CBA e *Sub-Assembly*

Para combater o problema da não *standardização* na utilização dos carros de abastecimento nas áreas de CBA e *Sub-Assembly*, procedeu-se à criação de dois carros de transporte (Figura 74), um para cada colaborador. Esses carros de transporte foram construídos de forma a serem convenientes e ergonómicos para os colaboradores. Aplicou-se a técnica Gestão Visual, identificando os carros de transporte, de modo a estes dois carros de transporte serem utilizados apenas pelos colaboradores responsáveis.

Com a implementação destes carros de transporte conseguiu-se um mais ágil, correto e eficiente transporte dos materiais para as linhas de montagem.



Figura 74 – Carros de transporte implementados na área de CBA e Sub-Assembly

### 6.3 Redefinição das rotas de abastecimento das linhas de montagem dos Produtos A, B, C, D e E da área de *Final Assembly*

A ação de melhoria para a secção de *Final Assembly* decorreu no âmbito de um *Workshop Kaizen*. A organização realiza estes *workshops* regularmente (por norma mensalmente), com duração de uma semana, onde participam várias equipas multidisciplinares. Durante a semana, cada equipa está dedicada à análise e resolução de um problema específico, previamente identificado. À terça-feira é realizada uma reunião intermédia, onde se juntam todas as equipas, com o objetivo de cada uma expor o que já foi estudado e também as principais dificuldades. Por fim, à sexta-feira, é realizada uma reunião de encerramento do *workshop*, onde cada equipa expõe os resultados alcançados.

Tendo em conta a análise feita na secção 4.2.2, verificou-se que tanto os dois colaboradores responsáveis pelo abastecimento das 2 linhas de montagem do Produto A como o colaborador responsável pela rota externa de abastecimento dos *trolleys* para as linhas de montagem dos Produtos B, C, D e E se encontram subutilizados. Nesse contexto, a proposta para melhorar esta situação consistiu em colocar apenas um colaborador internamente afeto às duas linhas de montagem do Produto A e o colaborador afeto às linhas relativas aos Produtos B, C, D e E ser também responsável pelas tarefas externas relativas às duas linhas

de montagem do Produto A (nomeadamente, recolha de *MainBoards* e *SD Cards* e transporte das embalagens vazias).

Analisando a rota de abastecimento de materiais que o operador PC&L relativa a uma linha de montagem do Produto A, verifica-se que, para a execução da mesma, o operador necessita de aproximadamente 10 minutos. Pelo que, teoricamente, se o mesmo operador for responsável pelo abastecimento das duas linhas de montagem do Produto A necessitaria de 20 minutos.

Como referido na secção 4.2.2, e verificando a capacidade das rampas de abastecimento, constata-se que o material que se esgota mais rápido é o caixilho, obrigando o operador a efetuar a rota em menos do que 13,5 minutos para evitar paragens na linha. O caixilho constitui, por isso, um entrave para a realização da melhoria proposta pois, teoricamente, o operador necessitaria de 6,5 minutos adicionais para conseguir efetuar o abastecimento das duas linhas de montagem do Produto A.

Desta forma, sugeriu-se aumentar a rampa existente para o abastecimento de caixilhos, permitindo aumentar a capacidade de abastecimento para 39 caixilhos, e libertar o operador de tarefas que o obrigam a deslocar-se fora da sua zona de trabalho, isto é, libertar o operador de realizar as tarefas externas (recolha de *Mainboards* e *SD Cards* e transporte de embalagens vazias).

Com esta alteração, as rampas de abastecimento de caixilhos passam a ter capacidade para 17,5 minutos e operador, sem as tarefas externas, consegue abastecer as duas linhas de montagem de Produto A em aproximadamente 12 minutos. Acrescentando essas tarefas externas ao operador da rota externa das linhas de montagem dos Produtos B, C, D e E (aproximadamente 9 minutos, 4,5 minutos por linha), o operador consegue efetuar a nova rota em 34 minutos. Dado que, para as linhas de montagem final dos Produtos B, C e E, os materiais que se esgotam mais rápido são a *Mainboard* e a Blenda do Produto B, com 36 minutos, esta alteração proposta é exequível.

Para a validação da alteração proposta, procedeu-se à realização de um teste, colocando apenas um colaborador PC&L a abastecer as duas linhas de montagem do Produto A e o operador externo das linhas de montagem dos Produtos B, C e E a dar o apoio nas tarefas externas. O teste foi realizado durante dois dias, decorrente do *Workshop Kaizen*. Ao longo do teste não foram encontrados impedimentos à alteração proposta, pelo que esta se encontra testada, validada e implementada.

Segundo informação da empresa, um operador PC&L custa à organização aproximadamente 15 000 € por ano. Desta forma, foi possível compreender os benefícios monetários associados à alteração proposta, que se apresentam na Tabela 36.

Tabela 36 - Impacto da alteração implementada nas linhas de montagem do Produto A

	ANTES	DEPOIS
Nº colaboradores/turno	3	2
Nº turnos/dia	2	2
Nº total de colaboradores	6	4
Custo anual/colaborador (€)	15.000	15.000
Custo total/ano (€)	90.000	60.000

Tendo em consideração as informações da Tabela 36, verifica-se que possuir apenas um colaborador PC&L, ao invés de dois colaboradores, para abastecer ambas as linhas dedicadas ao Produto A e um colaborador externo afeto às linhas relativas aos Produtos B, C e E é bastante benéfico, permitindo poupanças monetárias no valor de 30.000 € por ano.

#### 6.4 Organização e Identificações das rampas e dos carros de apoio nas linhas na área de *Final Assembly*

De forma a tornar os processos de abastecimento nas linhas de montagem do Produto A mais eficientes foram feitas identificações nas rampas e nos carros de apoio nas linhas. Essas identificações têm como objetivo uma maior visibilidade para os colaboradores, auxiliando-os nos processos de abastecimento. As rampas de abastecimento de materiais, em todos os postos das linhas de montagem do Produto A, foram identificadas com o nome dos respetivos materiais, como representado na Figura 75.

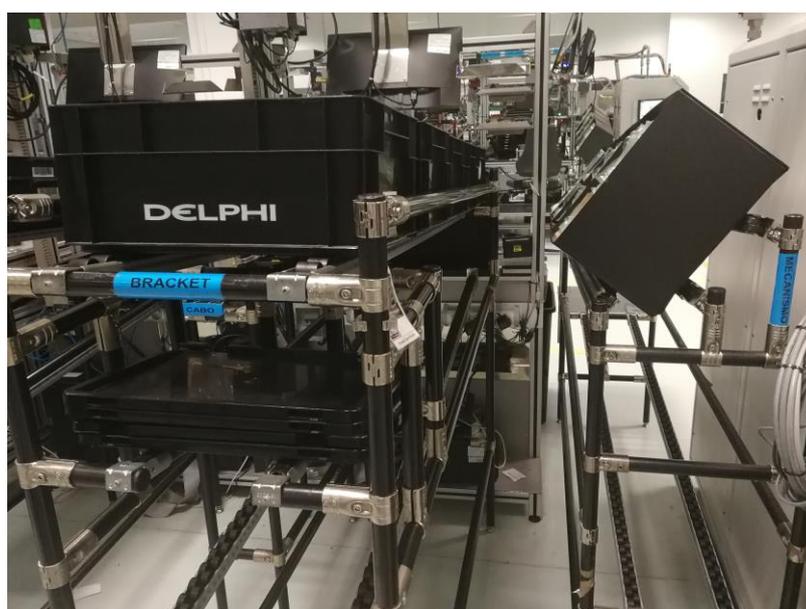


Figura 75 – Identificação das rampas de abastecimento de materiais das linhas de montagem do Produto A

Os carros de apoio às linhas de montagem e os carros de transporte de materiais foram identificados com o número da linha e o nome dos respectivos materiais, como retratado na Figura 76.



Figura 76 – Identificação dos carros de apoio e de transporte de materiais das linhas de montagem do Produto A

## 6.5 Elaboração de Instruções de Trabalho para as rotas de abastecimento de materiais

De forma a tornar todos os processos e procedimentos *standard*, criou-se instruções de trabalho para as rotas de abastecimento de materiais, disponíveis no Anexo 1 – Instruções de Trabalho para as Rotas de Abastecimento de Materiais, definindo claramente todas as tarefas necessárias para a realização das rotas e a ordem pela qual devem ser executadas.

## 7. CONCLUSÃO

O projeto de dissertação teve como principal objetivo a análise e melhoria de processos de abastecimento de materiais de uma empresa, da indústria automóvel, que se dedica à produção de autorrádios, sistemas de navegação, módulos controladores e *displays*.

A procura de informação na literatura existente sobre os conceitos gerais decorrentes do tema de investigação permitiu um conhecimento mais vasto sobre as temáticas e a identificação de técnicas e ferramentas relevantes para o desenvolvimento do projeto.

O motivo principal que conduziu a este estudo, prendeu-se com a revisão da necessidade de operadores do departamento PC&L responsáveis pelo abastecimento de materiais nas linhas de produção. O projeto de dissertação centrou-se na análise dos processos de abastecimento de materiais em duas secções produtivas no Edifício 1: *CBA+Sub-Assembly* e *Final Assembly*.

Na secção produtiva CBA, que inclui a área de *Sub-Assembly*, decidiu-se recorrer à simulação, com o objetivo de retratar, o mais próximo possível, o sistema real da empresa, apresentar uma análise mais dinâmica e obter resultados mais rápidos, concretos e reais de todo o sistema. Devido à complexidade do processo produtivo e ao elevado número de combinações de produtos que é possível ter em montagem simultânea no conjunto das linhas de produção, foi necessária a criação de vários modelos de simulação, que retratam as diferentes combinações possíveis dos produtos maioritariamente montados nas quatro linhas de montagem (CBA) e quatro estações de trabalho (*Sub-Assembly*). De modo a retratar a situação inicial da empresa (três colaboradores afetos às áreas CBA e *Sub-Assembly*), e dado o enorme número de produtos desenvolvidos nas linhas de montagem, foi elaborado um estudo dos produtos maioritariamente produzidos nas linhas de montagem. Decorrente desse estudo, foram definidas três combinações de produção: Combinação A, Combinação B e Combinação C. Para representar a situação inicial da empresa foram desenvolvidos três modelos de simulação diferentes, cada um com a combinação dos produtos produzidos nas áreas CBA e *Sub-Assembly*. A análise da situação inicial da empresa resultou na verificação da existência de significativos tempos de folga nos três colaboradores, pelo que se decidiu proceder a experiências de simulação do sistema com apenas dois colaboradores.

Nas experiências de simulação foram criados três cenários distintos: um processo com 2 colaboradores mistos (Cenário II), um processo com 1 colaborador interno e 1 colaborador externo (Cenário III) e um processo com 1 colaborador interno e 1 colaborador externo e com a criação de uma divisória direta entre o local de trabalho dos dois colaboradores. Com base nas diferentes combinações e nos diferentes

cenários, foram desenvolvidos, no total, doze modelos de simulação (três representantes à situação inicial e três representantes a cada cenário). Após a construção de todos os modelos de simulação, foram analisados, individualmente, os resultados obtidos. A análise dos resultados dos três cenários, permitiu concluir que o Cenário II (2 colaboradores mistos) é o mais adequado, devido à inexistência de paragens de linha nas três combinações de produção e ao maior equilíbrio das taxas de utilização dos colaboradores. Foi proposta a redefinição dos processos de abastecimento de materiais nas áreas CBA e *Sub-Assembly*, passando de três colaboradores para apenas dois colaboradores. Para a implementação da proposta, é necessário ainda efetuar testes de validação na realidade da empresa.

Na secção de *Final Assembly*, decorrente de um *Workshop Kaizen*, foram analisados os processos de abastecimento de materiais existentes, com o objetivo de encontrar oportunidades de melhoria. Observou-se que o operador da rota externa de abastecimento de materiais às linhas de montagem dos Produtos B, C, D e E possuía algum tempo livre, podendo, então, ser afeto a outras tarefas, dando auxílio a outros operadores. O Produto A possui duas linhas de montagem exatamente iguais, em que, a cada uma, está afeto um operador com uma rota mista, efetuando, ambos, as mesmas tarefas. Foi testado o funcionamento de um só colaborador afeto internamente no abastecimento das duas linhas de montagem do Produto A e o colaborador da rota externa das linhas de montagem dos Produtos B, C, D e E afeto também às tarefas externas das linhas de montagem do Produto A. A proposta foi testada, validada e implementada com sucesso, permitindo uma poupança monetária anual de 30.000€.

Para além das alterações nos processos de abastecimento de materiais, também se efetuaram melhorias nos carros de apoio às linhas e nos carros de transporte de materiais das duas secções produtivas, auxiliando e melhorando o desempenho dos colaboradores nas suas rotas. Foram também documentadas todas as rotas de abastecimento de materiais, de modo a todos os colaboradores terem o seu acesso e tornar os processos standardizados.

## 7.1 Trabalho Futuro

Os processos de abastecimento de materiais devem ser continuamente analisados e melhorados, pois possuem um enorme potencial de melhoria para as organizações. O projeto de dissertação focou-se no Edifício 1, pelo que, como trabalho futuro, se sugere uma análise dos processos de abastecimento de materiais no Edifício 2. No Edifício 2 sugere-se também a implementação de um sistema de transporte automático (AIV), com o objetivo de reduzir e eliminar tarefas que não acrescentam valor à empresa, nomeadamente os transportes e as deslocações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apreutesei, M., Suci, E., & Arvinte, I. R. (2010). *Lean Manufacturing-A Powerfull Tool for Reducing Waste During the Processes*. Retrieved from [http://anale-ing.uem.ro/2010/A\\_7.pdf](http://anale-ing.uem.ro/2010/A_7.pdf)
- Ar, R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of High Impact Lean Production Tools in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, 97, 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Banks, J., Carson II, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete Event System Simulation* (Fifth Edit). Pearson Education, Inc.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2009). Design of the optimal feeding policy in an assembly system. *International Journal of Production Economics*, 121(1), 233–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.05.016>
- Baudin, M. (2002). *Lean Assembly: The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow*. Productivity Press.
- Baudin, M. (2004). *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*. Productivity Press.
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2011). A methodology for selecting assembly systems feeding policy. *Industrial Management and Data Systems*, 111(1), 84–112. <https://doi.org/10.1108/02635571111099749>
- Chung, C. A. (2004). *SIMULATION MODELING HANDBOOK A Practical Approach*. CRC Press.
- Colovic, G. (2011). *Management of Technology Systems in Garment Industry*. Woodhead Publishing India.
- Dias, L. M. S., Vieira, A. A. C., Pereira, G. A. B., & Oliveira, J. A. (2016). DISCRETE SIMULATION SOFTWARE RANKING – a Top list of the Worldwide most Popular and Used Tools. In *Proceedings of Winter Simulation Conference*.
- Dickson, E. W., Singh, S., Cheung, D. S., Wyatt, C. C., & Nugent, A. S. (2009). Application of Lean Manufacturing Techniques in the Emergency Department. *Journal of Emergency Medicine*, 37(2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2007.11.108>
- Do, D. (2017). The Five Principles of Lean. Retrieved March 8, 2019, from <https://theleanway.net/The-Five-Principles-of-Lean>
- Emde, S., & Boysen, N. (2012). Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.07.022>
- Faccio, M. (2014). The impact of production mix variations and models varieties on the parts-feeding policy selection in a JIT assembly system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(1–4), 543–560. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5675-0>
- Farinha, L. (2015). *Lean manufacturing-Uma História de Sucesso em Portugal*. Escola Superior de Gestão de Tomar Lean. Retrieved from <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18514/1/Lean-Manufacturing-Uma-história-de-Sucesso-em-Portugal.pdf>
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools Techniques and How to Use Them*. St. Lucie Press.
- Fernandes, A. (2011). *Modelo de abastecimento de materiais à produção*. Faculdade de Engenharia da

- Universidade do Porto. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61344/1/000148791.pdf>
- Fowler, J. W., & Rose, O. (2004). Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems. *Simulation*, 80(9), 469–476. <https://doi.org/10.1177/0037549704044324>
- Fullerton, R. R., & Mcwatters, C. S. (2001). *The production performance benefits from JIT implementation. Journal of Operations Management* (Vol. 19). Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/3bd4/6643d2d02be396bb4c038e2fe3795c99c130.pdf>
- Hanson, R., & Finnsgård, C. (2014). Impact of unit load size on in-plant materials supply efficiency. *International Journal of Production Economics*, 147(PART A), 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.08.010>
- Harris, A. (2018). Toyota Lean Management and 5S. Retrieved June 15, 2019, from <https://www.toyotaforklift.com/blog/toyota-lean-management-and-5s>
- Hayati, N., Halim, A., Yusuf, N., Jaafar, R., Jaffar, A., Kaseh, N. A., & Azira, N. N. (2015). Effective Material Handling System for JIT Automotive Production Line. *Procedia Manufacturing*, 2, 251–257. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.044>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH* (Ninth Edit). McGraw-Hill.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going lean* (Vol. 9). Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Centre.
- Hlupic, V., & Paul, R. J. (1999). Guidelines for selection of manufacturing facilities for parenteral projects. *IIE Transactions*, 21–29. Retrieved from <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1007568516643.pdf>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull : What Is the Question ? *MANUFACTURING & SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT*, 6(2), 133–148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
- Johansson, E., & Johansson, M. I. (2006). Materials supply systems design in product development projects. *International Journal of Operations and Production Management*, 26(4), 371–393. <https://doi.org/10.1108/01443570610650549>
- Jones, D., Hines, P., & Rich, N. (1997). Lean Logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 27(3/4), 153–173. <https://doi.org/10.1108/09600039710170557>
- Jones, D. T., & Womack, J. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Kapanowski, G. (n.d.). Lean Management, Lean Process Improvement - 7 wastes+1. Retrieved March 6, 2019, from <http://garykapanowski.com/lean-manufacturing-principals/7-wastes-1/>
- Kilic, H. S., & Durmusoglu, M. B. (2015). Advances in assembly line parts feeding policies: A literature review. *Assembly Automation*, 35(1), 57–68. <https://doi.org/10.1108/AA-05-2014-047>
- Kluska, K., & Pawlewski, P. (2018). The use of simulation in the design of Milk-Run intralogistics systems. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1428–1433. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.314>
- Krafcik, J. (1988). Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 30(1).
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Law, A. M., & Kelton, D. W. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. (I. McGraw-Hill, Ed.) (Second Edi).
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development Executive Overview*. Retrieved from [https://pdfs.semanticscholar.org/9680/86e60966ce8e7b9b076209020c363b4f18f1.pdf?\\_ga=2.150453814.169674039.1546542522-674567291.1546542522](https://pdfs.semanticscholar.org/9680/86e60966ce8e7b9b076209020c363b4f18f1.pdf?_ga=2.150453814.169674039.1546542522-674567291.1546542522)

- Limère, V., Landeghem, H. Van, Goetschalckx, M., Aghezzaf, E. H., & McGinnis, L. F. (2012). Optimising part feeding in the automotive assembly industry: Deciding between kitting and line stocking. *International Journal of Production Research*, *50*(15), 4046–4060. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.588625>
- Matos, M. (2016). *Melhoria de processos de abastecimento de materiais aplicando princípios Lean*. Universidade do Minho.
- Melton, T. (2005). THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(A6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time* (Fourth Ed.). CRC Press.
- Nomura, J., & Takakuwa, S. (2006). Optimization of a number of containers for assembly lines: The fixed-course pick-up system. *International Journal of Simulation Modelling*, *5*(4), 155–166. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM05\(4\)3.066](https://doi.org/10.2507/IJSIMM05(4)3.066)
- Pinto, J. (2015). *Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos*. Universidade do Minho.
- Prochaska, K., & Thiesing, R. M. (2017). Introduction to Simio. In *Proceedings of Winter Simulation Conference* (pp. 4410–4419).
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook of Logistics & Distribution Management* (4th Editio). Kogan Page Limited.
- Sali, M., Sahin, E., & Patchong, A. (2015). An empirical assessment of the performances of three line feeding modes used in the automotive sector: Line stocking vs. kitting vs. sequencing. *International Journal of Production Research*, *53*(5), 1439–1459. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.944630>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (Fifth Edit). Retrieved from [www.pearsoned.co.uk](http://www.pearsoned.co.uk)
- Srinivasan, D., & Gebretsadik, G. T. (2011). *Principles of Material Supply and Assembly Systems in an Automotive*. Chalmers.
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, *8*(October 2016), 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>
- Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2013). *Manufacturing Facilities Design and Material Handling* (Fifth Edit). Pearson Education, Inc.
- Storch, R. L., & Lim, S. (1999). Improving flow to achieve lean manufacturing in shipbuilding. *Production Planning and Control*, *10*(2), 127–137. <https://doi.org/10.1080/095372899233280>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (2007). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, *7543*. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research*. Source: *Administrative Science Quarterly* (Vol. 23). Retrieved from [https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/nedlagte-emner/INF9930/v12/undervisningsmateriale/Susman\\_Evered.pdf](https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/nedlagte-emner/INF9930/v12/undervisningsmateriale/Susman_Evered.pdf)
- Taj, S. (2005). Applying lean assessment tools in Chinese hi-tech industries. *Management Decision*, *43*(4), 628–643.
- Teixeira De Sousa, P. (2012). Logística Interna: O Princípio Da Logística Organizacional Está Na Administração Dos Recursos Materiais E Patrimoniais (ARMP). *Revista Científica FacMais*, *1*, 2238–8427.
- Tempelmeier, H. (2003). Practical considerations in the optimization of flow production systems.

- International Journal of Production Research*, 41(1), 149–170.  
<https://doi.org/10.1080/00207540210161641>
- Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. *International Research Symposium*, (January), 201–219. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Thiesing, R. M., & Pegden, C. D. (2014). RECENT INNOVATIONS IN SIMIO. In *Proceedings of Winter Simulation Conference* (pp. 4228–4238).
- Ungan, M. C. (2006). Standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>
- Vasyutynskyy, V., Gellrich, A., Kabitzsch, K., & Wustmann, D. (2010). Analysis of internal logistic systems based on event logs, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2010.5641202>
- Vieira, A., Dias, L. M. S., Pereira, G., & Oliveira, J. A. (2014). Comparison of SIMIO and ARENA simulation tools. *12th Annual Industrial Simulation Conference*. Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/36949>
- Wänström, C., & Medbo, L. (2009). The impact of materials feeding design on assembly process performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 30–51. <https://doi.org/10.1108/17410380910925398>
- Ward, P. T., & Shah, R. (2002). Lean Manufacturing : Context , Practice Bundles , and Performance, 43221.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*.
- Zakaria, N. H., Mohd, N., Nik, Z., Fadzil, M., & Ab, F. (2017). Lean manufacturing implementation in reducing waste for electronic assembly line.
- Zuniga, E., Moris, M., & Syberfeldt, A. (2017). Integrating Simulation-Based Optimization, Lean, and the Concepts of Industry 4.0 (Vol. 17, pp. 3828–3839).

## APÊNDICE 1 – TAREFAS DESEMPENHADAS PELOS OPERADORES PC&L

Tabela 37 - Tarefas desempenhadas pelo operador PC&L da rota mista do Produto A em Final Assembly

Tarefas	Descrição	Tempo (seg)	Frequência	Tempo total (seg)
Receber o manifesto	Pegar e ler o manifesto	5,8		5,8
Recolher mecanismos	Dirigir ao posto 1 e pegar nas caixas vazias de mecanismos (4,2seg/cx)	4,2	2	8,4
	Transportar e colocar as caixas vazias no <i>trolley</i>	2,8	2	5,6
	Dirigir à rampa de apoio da linha	7,3		7,3
	Colocar caixas vazias na rampa (3,9seg/lote)	3,9	2	7,8
	Recolher caixas com mecanismos e colocar no <i>trolley</i> (1,8seg/cx)	1,8	8	14,4
	Transportar <i>trolley</i> para o posto da linha	6,3		6,3
	Abastecer posto com caixas de mecanismos (4,6seg/cx)	4,6	2	9,2
Recolher <i>brackets</i>	Dirigir ao posto 1 e pegar nas caixas vazias de <i>brackets</i> (3,3seg/cx)	3,3	2	6,6
	Colocar no <i>trolley</i> de apoio (2,3seg/cx)	2,3	2	4,6
	Dirigir à rampa de apoio da linha	7,3		7,3
	Recolher caixas com <i>brackets</i> e colocar no <i>trolley</i> (1,8seg/cx)	1,8	6	10,8
	Transportar para a respectiva área	7,3		7,3
	Abastecer posto com caixas de <i>brackets</i> (2,1seg/cx)	2,1	2	4,2
Recolher <i>SD cards</i>	Dirigir ao posto 2 e pegar nos tabuleiros vazios de <i>SD cards</i> (4,2seg/lote)	4,2	2	8,4
	Transportar e colocar os tabuleiros vazios no <i>trolley</i> de apoio	3,2		3,2
	Pegar nos tabuleiros de <i>SD cards</i> (3,8seg/lote)	3,8	2	7,6
	Colocar os tabuleiros de <i>SD cards</i> na rampa do posto (2,6seg/lote)	2,6	2	5,2
Recolher <i>main boards</i>	Dirigir ao posto 3 e pegar nos tabuleiros vazios de <i>main board</i> (8,2seg/lote)	8,2	2	16,4
	Transportar e colocar os tabuleiros vazios no <i>trolley</i> de apoio	7,4		7,4
	Pegar nos tabuleiros de <i>main board</i> (2,8seg/lote)	2,8	2	5,6
	Colocar os tabuleiros de <i>main board</i> na rampa do posto (2,6seg/lote)	2,6	2	5,2
Recolher caixilhos	Levar o <i>trolley</i> vazio de caixilhos e colocar na respectiva área	13,3		13,3
	Pegar no <i>trolley</i> e transportar até ao posto	12,3		12,3

	Pegar e colocar os caixilhos na rampa do posto (1seg/peça)	1	20	20
Recolher blendas	Ir até ao posto 4 e pegar nos tabuleiros vazios de blendas	6,3	2	12,6
	Colocar no carrinho de apoio	3,3	2	6,6
	Ir até à rampa de apoio da linha	6,3	2	12,6
	Pegar nos tabuleiros com blendas (3,8seg/lote)	3,8	2	7,6
	Transportar e abastecer a rampa do posto	6,3	2	12,6
Recolher tampas	Ir até ao posto 5 e pegar nas caixas vazias de tampas	6,3		6,3
	Colocar no carrinho de apoio	3,3		3,3
	Abastecer o posto com caixas com tampas (2,3seg/cx)	2,3		2,3
Recolher cabos, etiquetas e parafusos	Ir ao posto 1 e pegar nas caixas vazias de cabos	3,3		3,3
	Dirigir ao carrinho de apoio	11		11
	Recolher caixa com fitas e voltar para a linha	13,3		13,3
	Abastecer a caixa com cabos	28,1		28,1
	Colocar a caixa com fitas na rampa do posto	6,3		6,3
	Ir ao posto 6 e pegar na caixa vazia de etiquetas	3,3		3,3
	Dirigir ao carrinho de apoio	11		11
	Abastecer a caixa com etiquetas	16		16
	Colocar a caixa com etiquetas na rampa do posto	6,3		6,3
	Ir ao posto e pegar no <i>shake</i> com parafusos	4,3		4,3
	Dirigir ao carrinho de apoio	11		11
	Abastecer <i>shake</i> com parafusos	23		23
Recolher tabuleiros vazios de <i>SD cards</i> e <i>main board</i>	Colocar o <i>shake</i> com parafusos no posto	6,3		6,3
	Pegar no carrinho e transportar até ao minimercado	22,4		22,4
	Deixar os tabuleiros vazios de <i>main board</i> no minimercado (3,2seg/lote)	3,2	5	16
	Transportar o carrinho até ao <i>sub-assembly</i>	18,6		18,6
	Deixar os tabuleiros vazios de <i>SD cards</i> na rampa do <i>sub-assembly</i> (3,6seg/lote)	3,6	5	18
	Ir até ao minimercado de <i>SD cards</i>	8,5		8,5
	Pegar e colocar tabuleiros cheios de <i>SD cards</i> no carrinho (3,8seg/lote)	3,8	5	19
	Dirigir ao minimercado de <i>main boards</i>	11,1		11,1
	Deslocar ao quadro para ver a localização das placas	8,6		8,6
	Dirigir à rampa onde se encontram os tabuleiros	7		7
	Pegar e colocar tabuleiros cheios de <i>main board</i> no carrinho (3,8seg/lote)	3,8	5	19
Voltar para a linha	22,4		22,4	
	Dirigir à respetiva zona	10,6		11,6

Abastecer zona de <i>gap filler</i> com tabuleiros de caixilhos	Recolher tabuleiros vazios e colocar na palete no minimercado	11,4	2	26,8
	Recolher tabuleiros com caixilhos e abastecer a linha (8,5seg/lote)	8,5	2	17
	Voltar para a linha de MF	10,6		11,6
Recolher caixas vazias de <i>brackets</i>	Transportar o carrinho para o minimercado	18,6		18,6
	Colocar caixas vazias na palete (2,4seg/cx)	2,4	6	14,4
	Voltar para a linha	18,6		18,6
Recolher caixas vazias de tampas e tabuleiros vazios de blendas	Transportar o carrinho até ao minimercado	18,6		18,6
	Pegar nas caixas vazias de tampas e colocar na respetiva palete do minimercado (2,4seg/cx)	2,4	4	9,6
	Recolher caixas com tampas e colocar no carrinho (2,4seg/cx)	2,4	4	9,6
	Pegar nos tabuleiros vazios de blendas e colocar na respetiva palete do minimercado (2,8seg/lote)	2,8	3	8,4
<b>Tempo total (min)</b>				12,7
Alta frequência				5,7
Frequência intermédia				4,5
Pouca frequência				2,4

Tabela 38 - Tarefas desempenhadas pelo operador PC&L da rota externa dos Produtos B, C e E em Final Assembly

Linha	Tarefas	Descrição	Tempo (seg)	Frequência	Tempo total (seg)
Linha de montagem do Produto B	Transportar as embalagens vazias para o cais sul	Pegar no <i>trolley</i> com os tabuleiros/caixas vazias e transportar até ao minimercado	56		56
		Pegar e colocar os tabuleiros vazios de IR e <i>Keyboard</i> no minimercado	22		22
		Transportar tabuleiros vazios de <i>Main Board</i> para a singuladora	32		32
		Colocar os tabuleiros vazios de <i>Main Board</i> na rampa da singuladora	36		36
		Dirigir à área do lixo	24,6		24,6
		Recolher e colocar <i>blisters</i> vazios no lixo	8		8
		Voltar para o <i>trolley</i>	10		10
		Transportar caixas vazias e tabuleiros vazios de Blendas e Botões para o cais sul	42,6		42,6
		Colocar caixas vazias na palete de vazios (3,3seg/cx)	3,3	8	26,4
		Colocar tabuleiros vazios de Blendas na palete de vazios (13seg/lote)	13	2	26
		Colocar tabuleiros vazios de Botões na palete de vazios (15seg/lote)	15		15
	Voltar com o <i>trolley</i> para o armazém	42,6		42,6	
	Recolher materiais no armazém	Dirigir à prateleira das Blendas	4,5		4,5
		Colocar tabuleiros das Blendas no <i>trolley</i> (5,8seg/lote)	5,8	2	11,6

		Dirigir à prateleira dos <i>Displays</i>	4,5		9,5	
		Pegar lote de <i>Displays</i> e colocar na mesa de apoio (3,8seg/lote)	3,8	2	7,6	
		Desempacotar o lote de <i>Displays</i> (32seg/lote)	32	2	64	
		Colocar blisters de <i>Displays</i> no <i>trolley</i> (1,8seg/lote)	1,8	2	3,6	
		Dirigir à prateleira dos Botões	4,5		9,5	
		Colocar tabuleiros de Botões no <i>trolley</i> (5,8seg/lote)	5,8	2	11,6	
		Dirigir à prateleira das <i>Sockets</i>	13,8		16,8	
		Colocar caixas de <i>Sockets</i> no <i>trolley</i> (3,8seg/cx)	3,8	8	30,4	
		Dirigir à divisão dos <i>Encoders</i>	6,5		6,5	
		Recolher caixa vazia e abastecê-la (34seg/cx)	34	2	68	
		Transportar o <i>trolley</i> até ao minimercado	46		46	
		Recolher tabuleiros <i>Keyboard</i> (5,8seg/lote)	5,8	2	11,6	
		Recolher tabuleiros de Placas IR (5,8seg/lote)	5,8		5,8	
		Transportar <i>trolley</i> até ao minimercado de <i>Main Boards</i>	9,8		9,8	
		Colocar tabuleiros de <i>Main Boards</i> no <i>trolley</i> (5,8seg/lote)	5,8	2	11,6	
		Transportar o <i>trolley</i> até à linha	60		60	
Linha de montagem do Produto C	Transportar embalagens vazias para o cais sul	Recolher <i>trolley</i> de caixas vazias de <i>Support Sensors</i> e <i>Sockets</i>	2,5		2,5	
		Transportar para a palete de vazios	15,6		15,6	
		Colocar caixas vazias na palete (1,5seg/cx)	1,5	8	12	
		Voltar para a linha	15,6		15,6	
		Recolher <i>trolley</i> com os restantes vazios	2,5		2,5	
		Transportar <i>trolley</i> até à zona de <i>sub-assembly</i>	33,6		33,6	
		Colocar tabuleiros de <i>Main Boards</i> na rampa da linha (1,8seg/lote)	1,8	12	21,6	
		Transportar <i>trolley</i> até ao armazém	40,1		40,1	
		Colocar caixas vazias de <i>Housings</i> na palete de vazios (1,8seg/cx)	1,8	4	7,2	
		Transportar <i>trolley</i> até ao cais sul	35,6		35,6	
		Colocar tabuleiros vazios de Blendas na palete de vazios (1,8seg/lote)	1,8	6	10,8	
		Colocar tabuleiros vazios de Botões na palete de vazios (1,8seg/lote)	1,8	2	3,6	
		Dirigir à prateleira do armazém	35,3		35,3	
		Recolher materiais no armazém	Recolher caixas de <i>Housings</i> e colocar no <i>trolley</i> (3,8seg/cx)	3,8	4	15,2
			Transportar <i>trolley</i> para a prateleira das Blendas	20		20

		Dirigir e recolher manifestos	8,3		8,3		
		Voltar para a divisão no armazém	6,3		6,3		
		Recolher bandejas com Blendas (4,6seg/lote)	4,6	5	23		
		Dirigir à prateleira das caixas com <i>Sockets</i>	4,5		4,5		
		Recolher caixas com <i>Sockets</i> (1,8seg/cx)	1,8	4	7,2		
		Colocar caixas com <i>Sockets</i> no carrinho (1,8seg/cx)	1,8	4	7,2		
		Dirigir à divisão das caixas de <i>Support Sensor</i>	4,5		4,5		
		Recolher caixas com <i>Support Sensor</i> (1,8seg/cx)	1,8	2	3,6		
		Colocar caixas com <i>Support Sensor</i> no <i>trolley</i> (1,8seg/cx)	1,8	2	3,6		
		Dirigir à divisão dos tabuleiros com Botões	4,5		4,5		
		Recolher tabuleiros com Botões (2,8seg/lote)	2,8		2,8		
		Colocar tabuleiros com Botões no trolley (1,8seg/lote)	1,8		1,8		
		Transportar <i>trolley</i> até à linha	54		54		
Linha de montagem do Produto E	Recolher <i>SD cards</i>	Recolher tabuleiros vazios	6,1		6,1		
		Dirigir ao minimercado	21		21		
		Recolher tabuleiros de <i>SD cards</i> (3,8seg/lote)	3,8	1	3,8		
		Transportar para a linha	21		21		
		Abastecer posto com os tabuleiros de <i>SD cards</i> (2,8seg/lote)	2,8	1	2,8		
		Recolher caixas vazias e colocar no <i>trolley</i> (3,6seg/cx)	3,6	2	7,2		
	Recolher o restante material no armazém	Deslocar até ao armazém	57		57		
		Dirigir à divisão dos <i>Housings</i>	6,5		6,5		
		Abastecer caixa de <i>Housings</i> (11,3seg/cx)	11,3		11,3		
		Voltar e colocar caixa no <i>trolley</i>	6,5		6,5		
		Pegar no RF e ver localização do material	16,7		16,7		
		Dirigir ao piso superior do armazém	32		32		
		Abastecer caixas (19seg/cx)	19	1	19		
		Voltar para o piso 0 e colocar caixas no <i>trolley</i>	32		28		
		Deixar RF na mesa do armazém	1,5		1,5		
		Voltar para a linha	57		57		
		Abastecer caixas no posto da linha (1,8seg/cx)	1,8	1	1,8		
		<b>Tempo total (min)</b>					24,6

APÊNDICE 2 – DISTRIBUIÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS MATERIAIS AO LONGO DAS 8H DE TRABALHO PARA O CENÁRIO PROPOSTO DE DOIS COLABORADORES MISTOS NAS ÁREAS DE CBA E *SUB-ASSEMBLY*

Gráficos com base na Configuração A

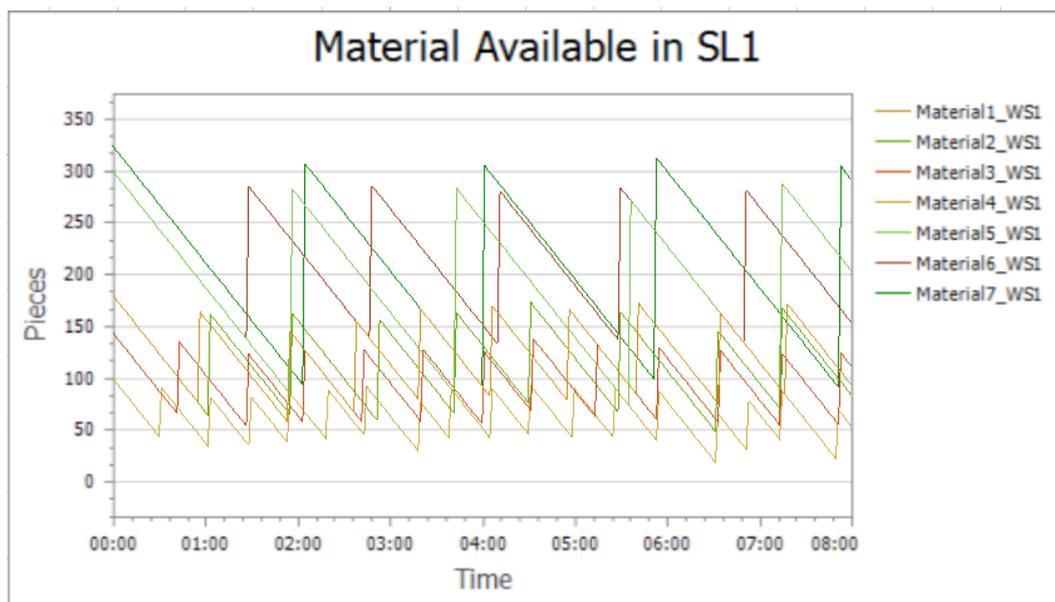


Figura 77 – Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL1 de CBA (Configuração A)

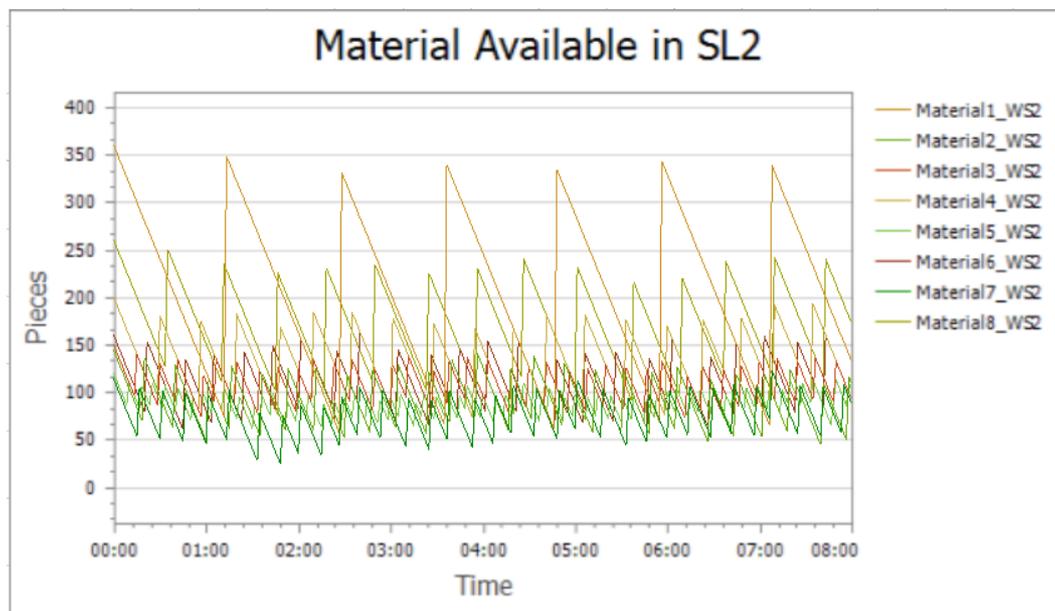


Figura 78 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL2 de CBA (Configuração A)

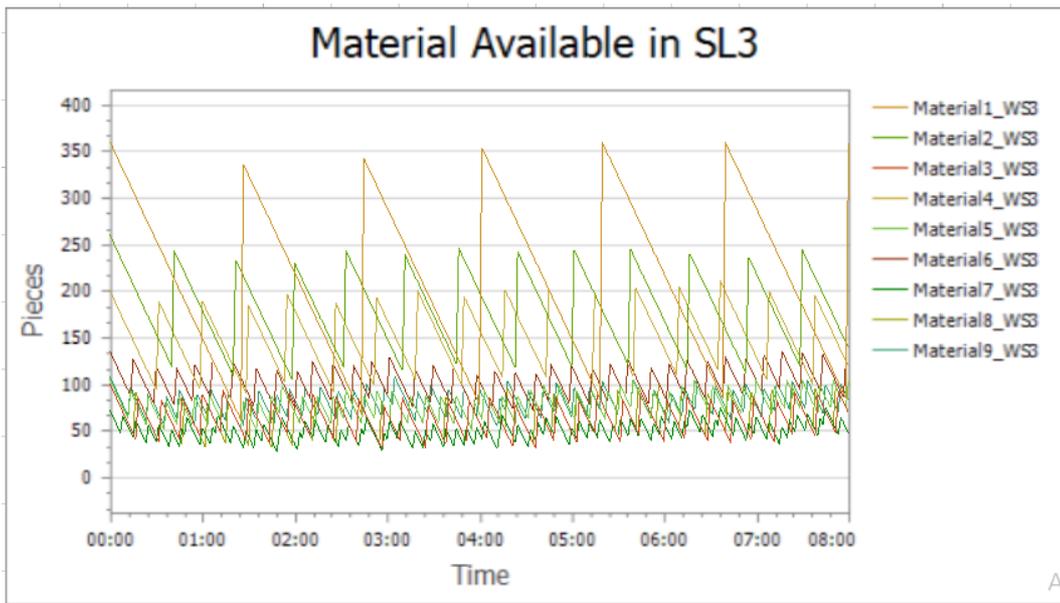


Figura 79 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL3 de CBA (Configuração A)

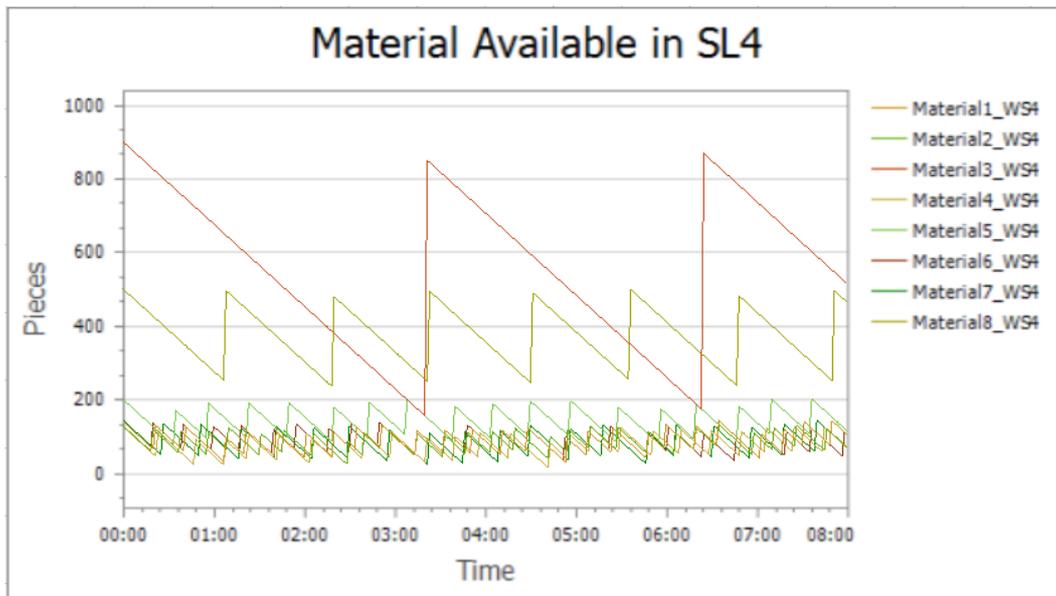


Figura 80 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL4 de CBA (Configuração A)

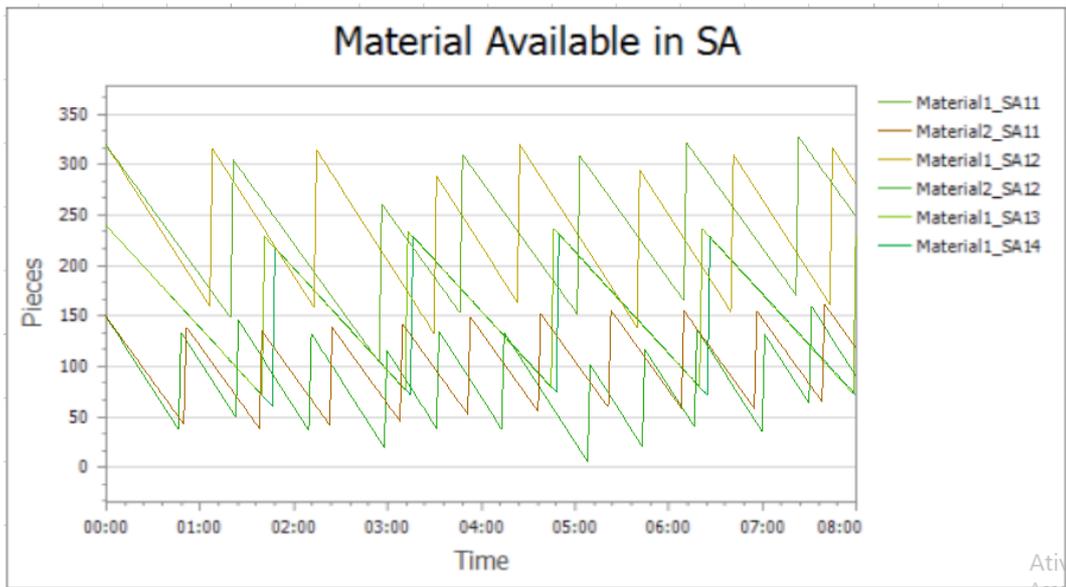


Figura 81 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo nas estações de trabalho de Sub-Assembly (Configuração A)

**Gráficos com base na Configuração B**

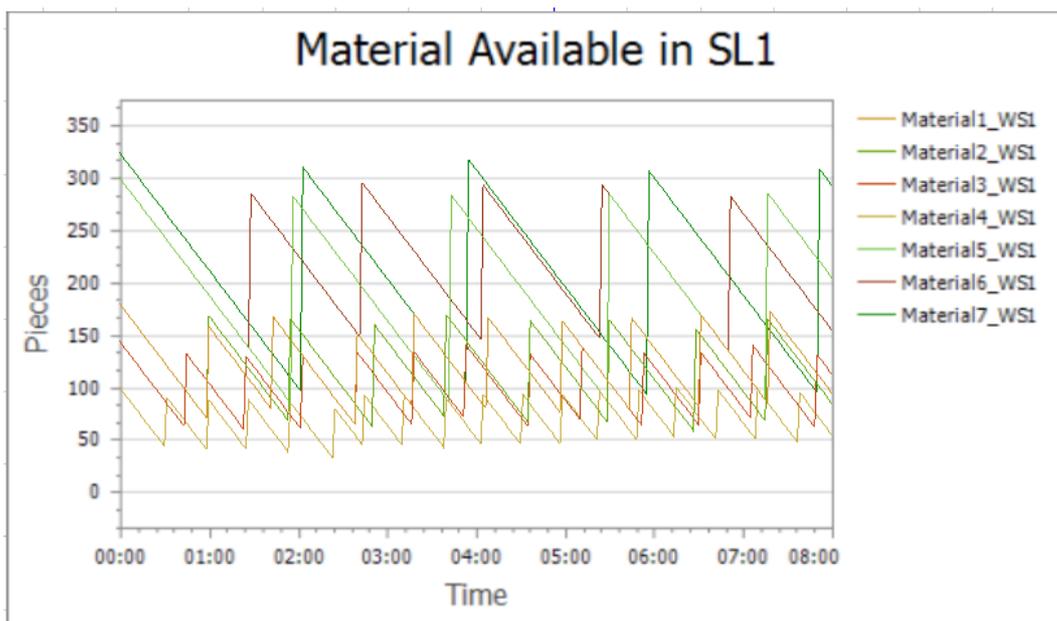


Figura 82 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL1 de CBA (Configuração B)

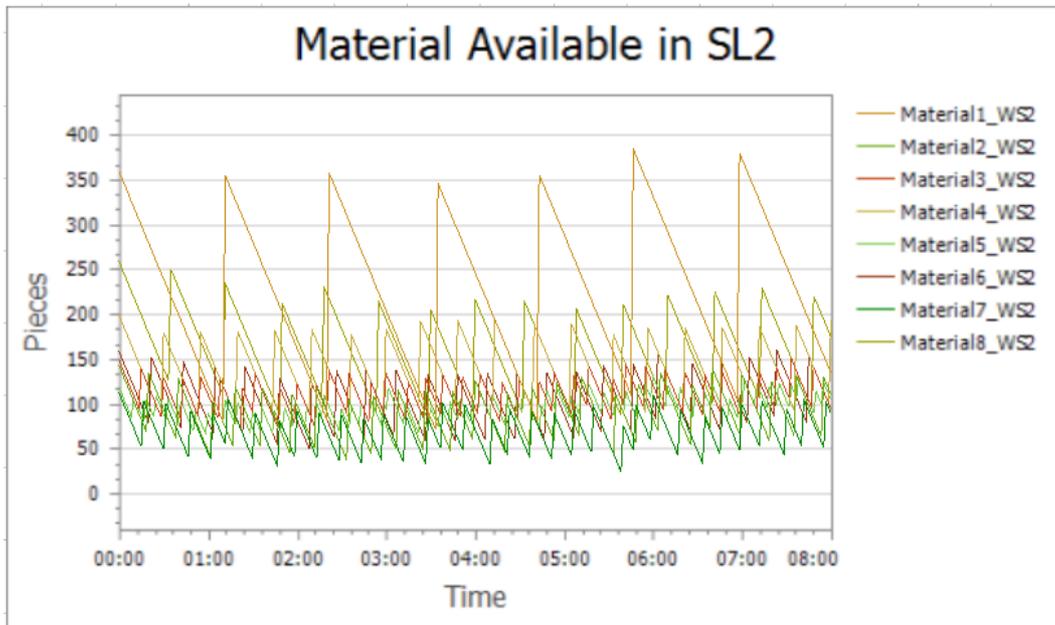


Figura 83 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL2 de CBA (Configuração B)

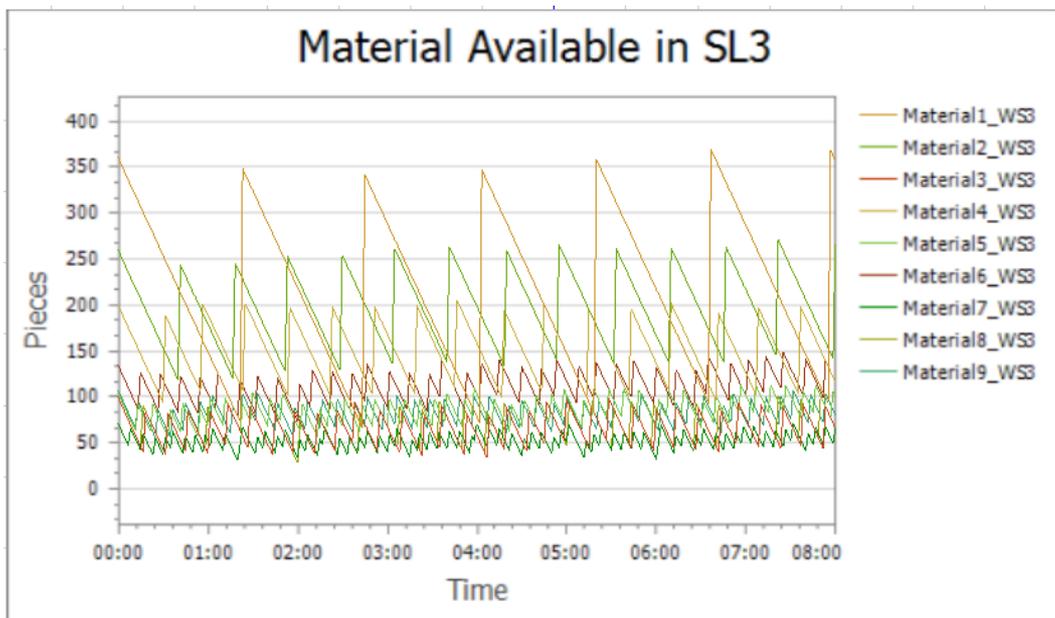


Figura 84 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL3 de CBA (Configuração B)

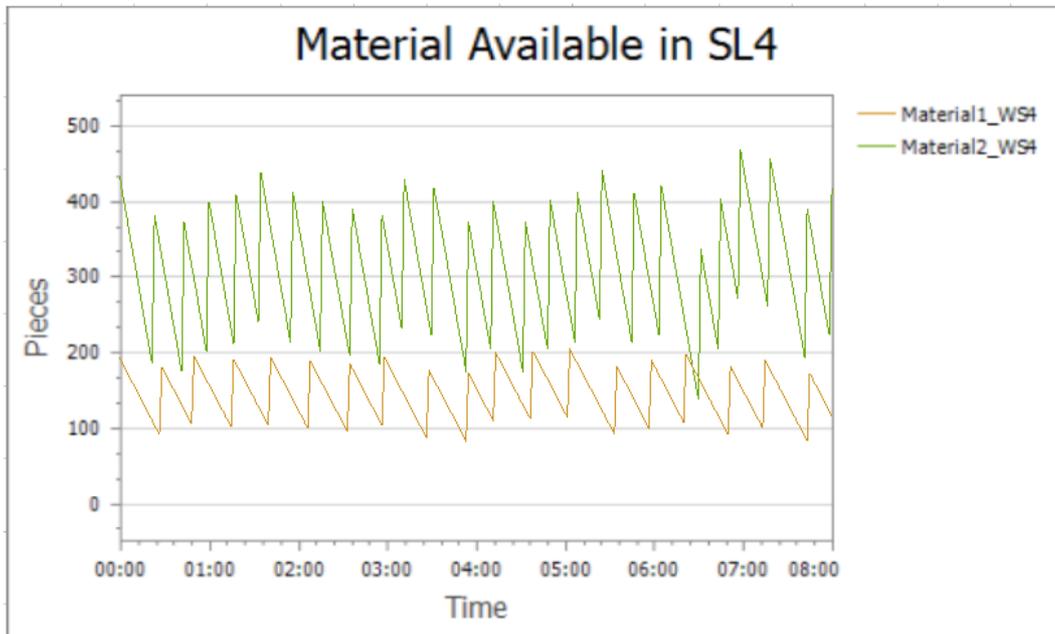


Figura 85 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL4 de CBA (Configuração B)

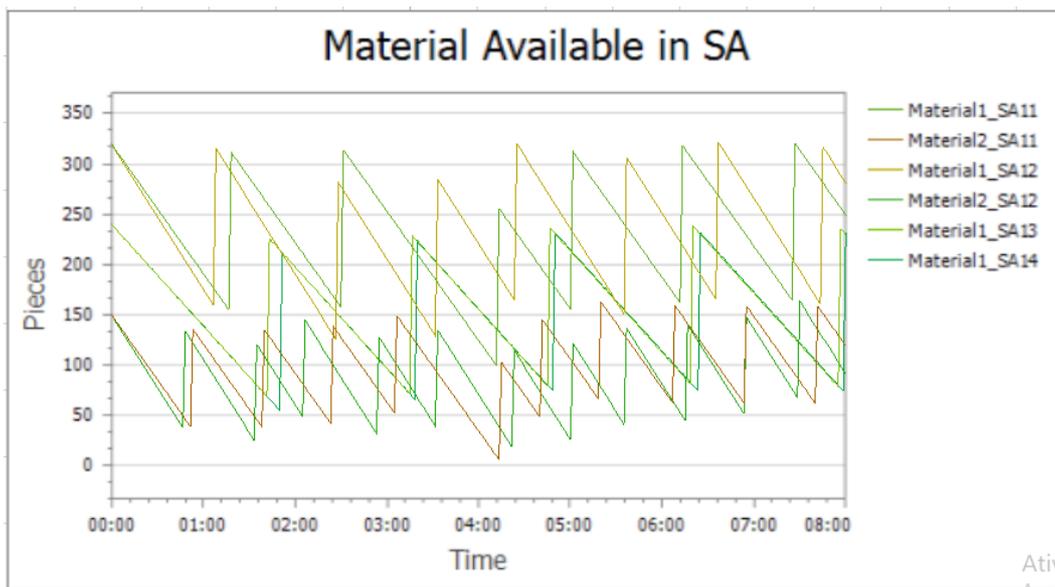


Figura 86 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo nas estações de trabalho de Sub-Assembly (Configuração B)

## Gráficos com base na Configuração C

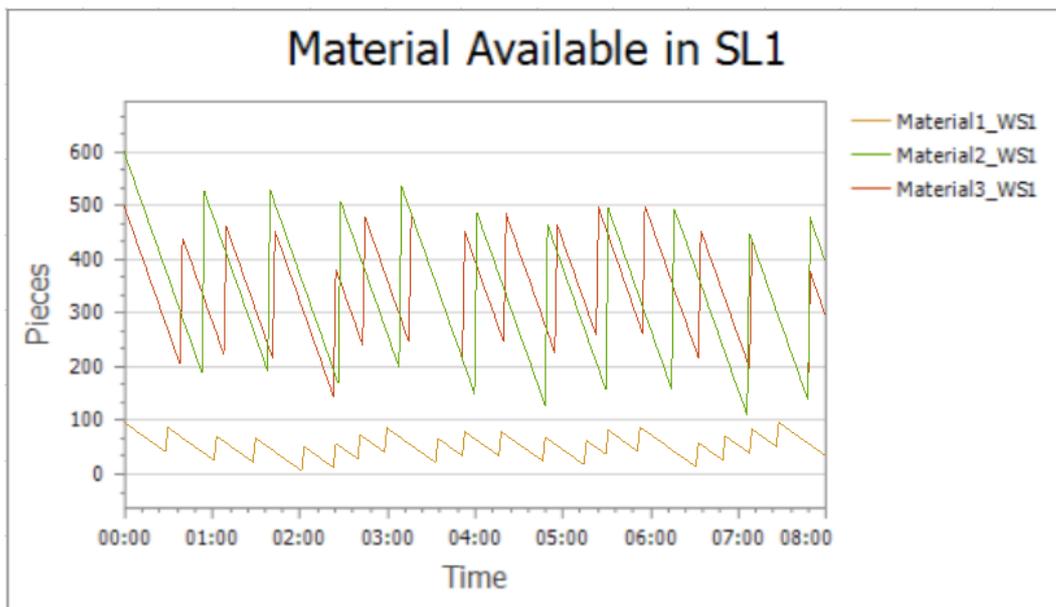


Figura 87 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL1 de CBA (Configuração C)

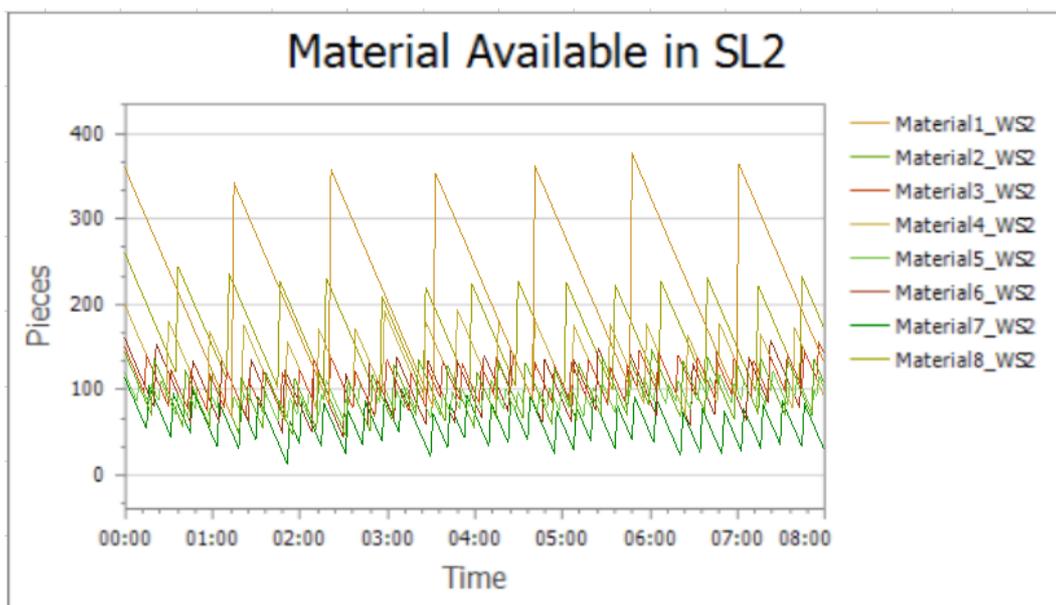


Figura 88 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL2 de CBA (Configuração C)

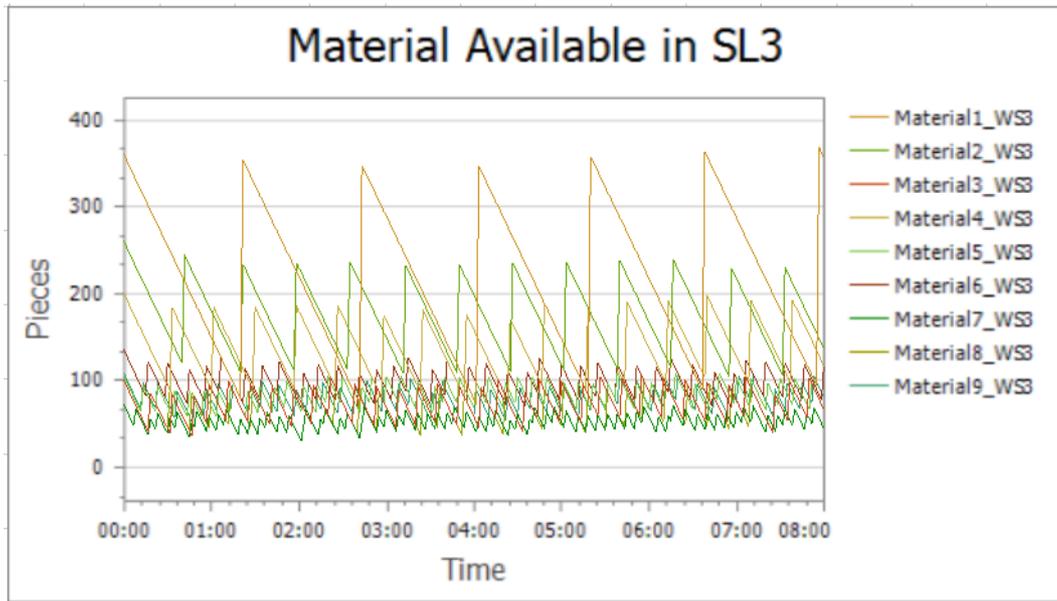


Figura 89 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL3 de CBA (Configuração C)

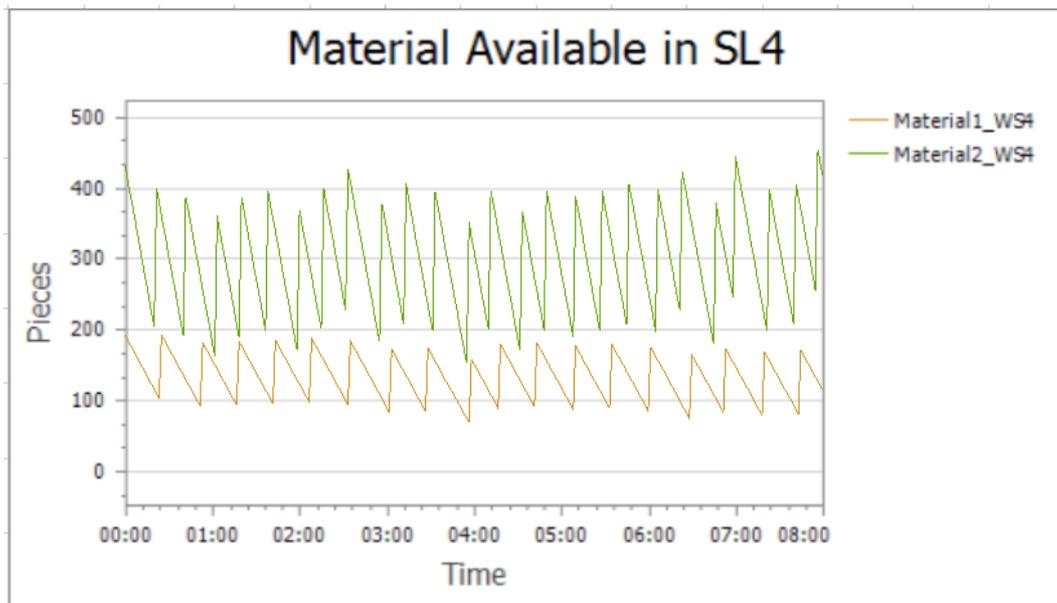


Figura 90 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo na linha de montagem SL4 de CBA (Configuração C)

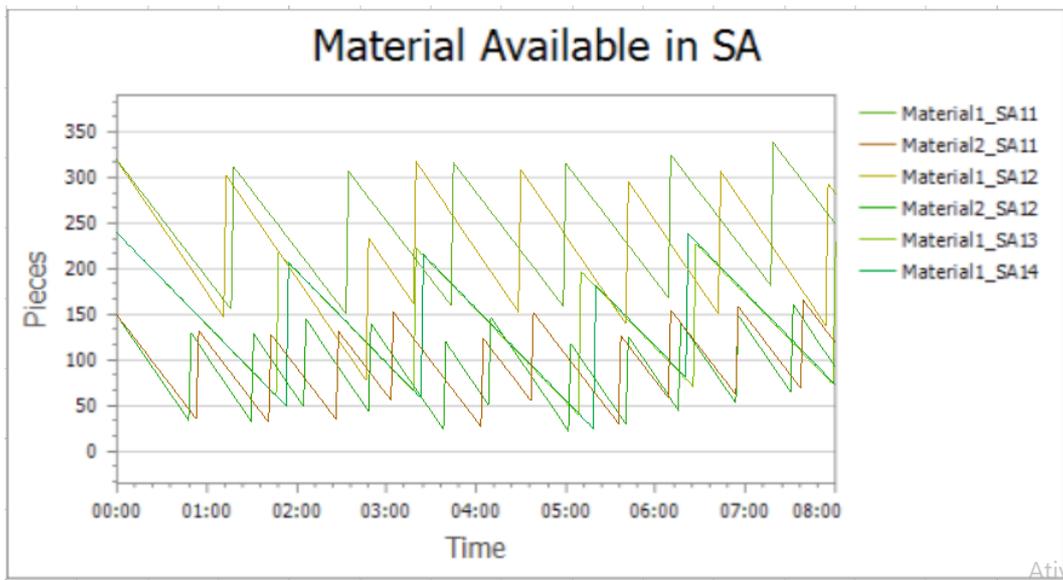


Figura 91 - Comportamento dos materiais ao longo de um turno produtivo nas estações de trabalho de Sub-Assembly (Configuração C)

APÊNDICE 3 – OCUPAÇÃO DE RECURSOS NAS LINHAS DE MONTAGEM DAS ÁREAS DE CBA E SUB-ASSEMBLY PARA O CENÁRIO PROPOSTO DE DOIS COLABORADORES MISTOS

Gráficos com base na Configuração A

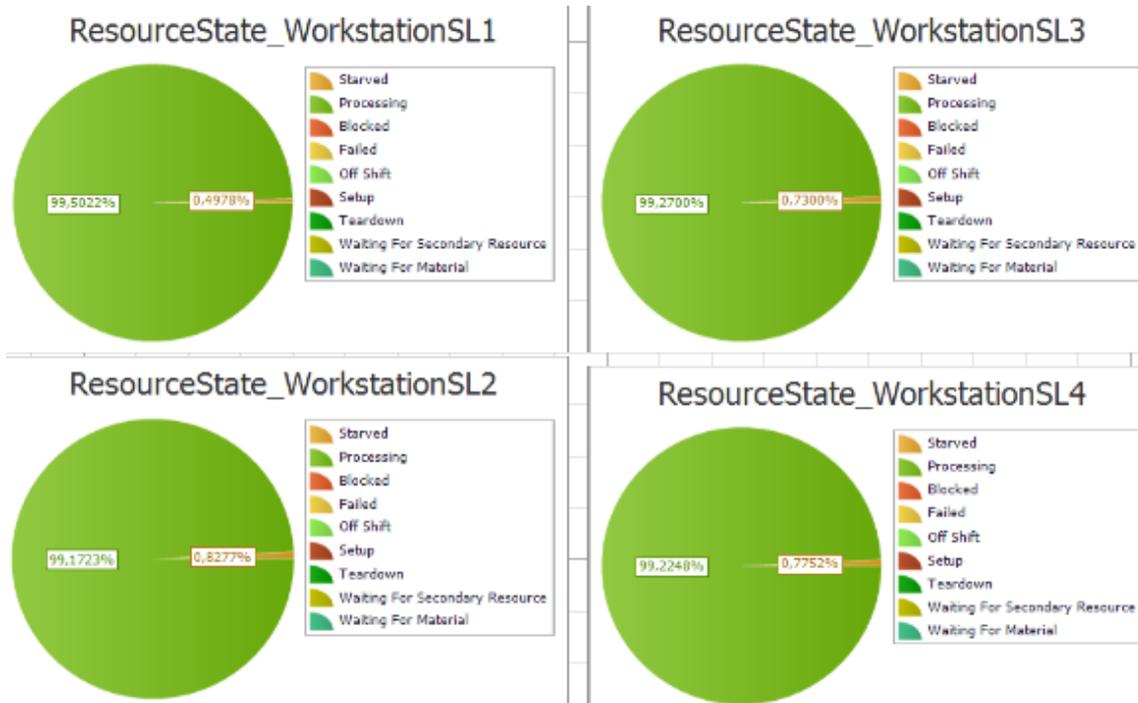


Figura 92 – Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área CBA (Configuração A)

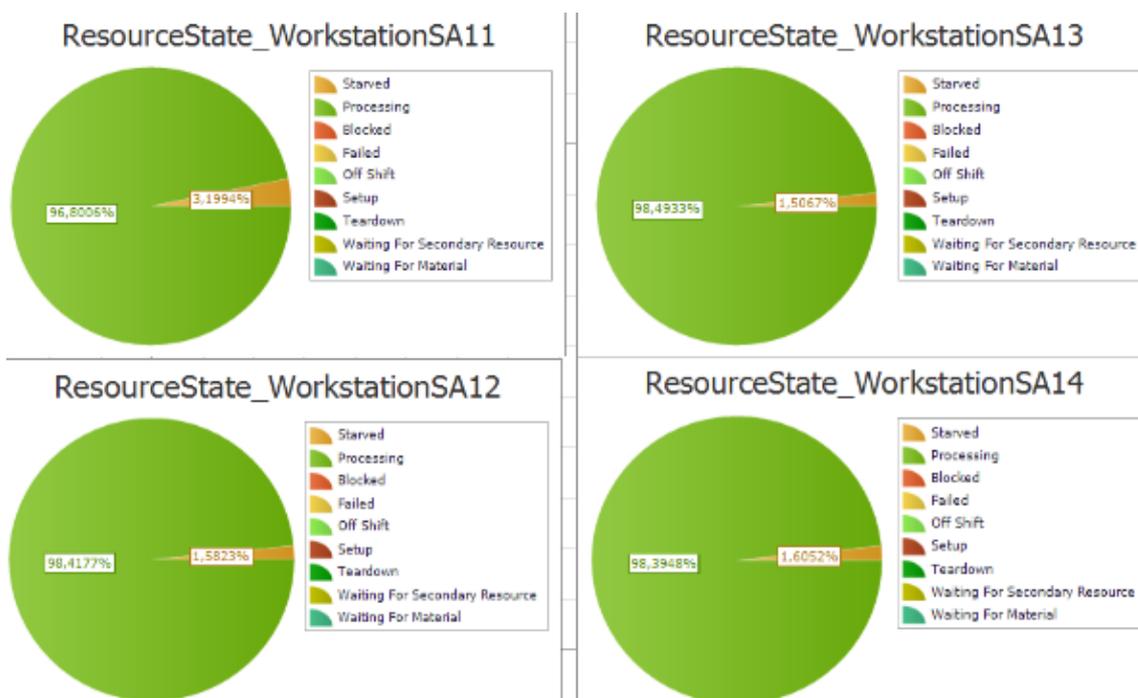


Figura 93 - Ocupação dos recursos nas estações de trabalho da área Sub-Assembly (Configuração A)

**Gráficos com base na Configuração B**

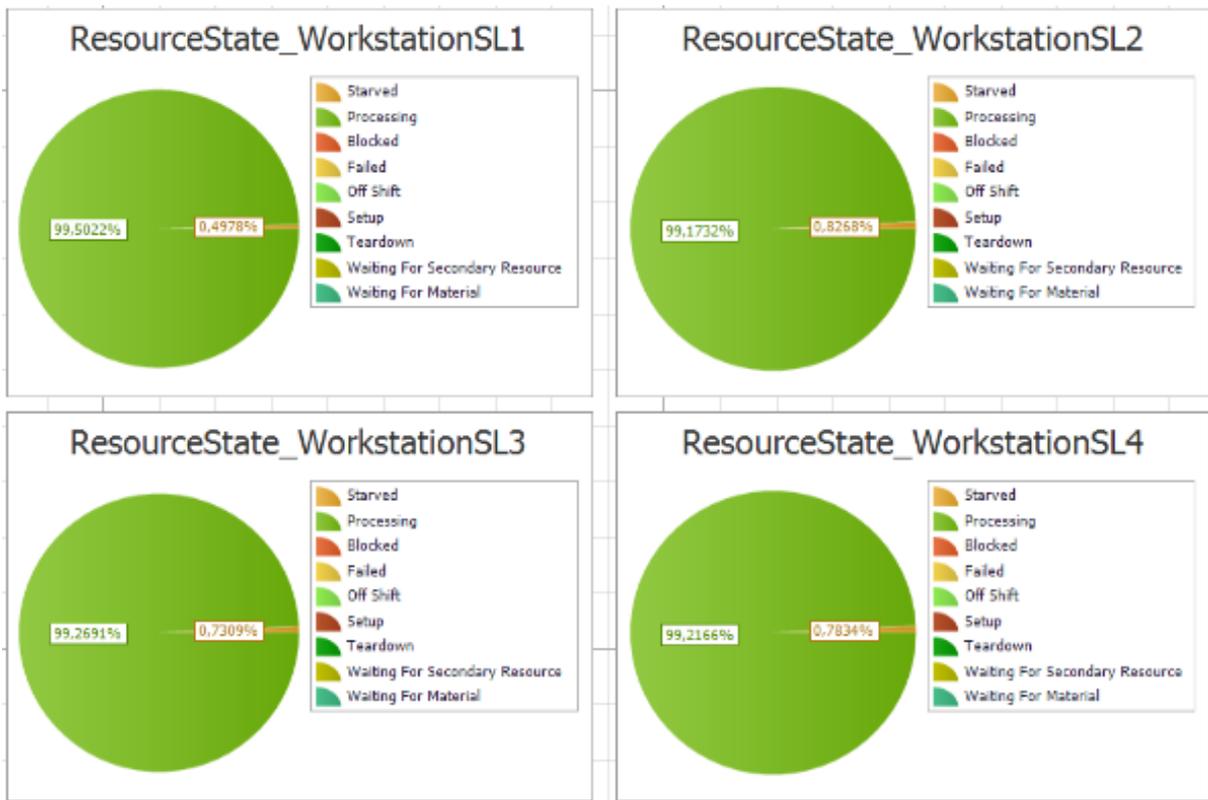


Figura 94 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área CBA (Configuração B)

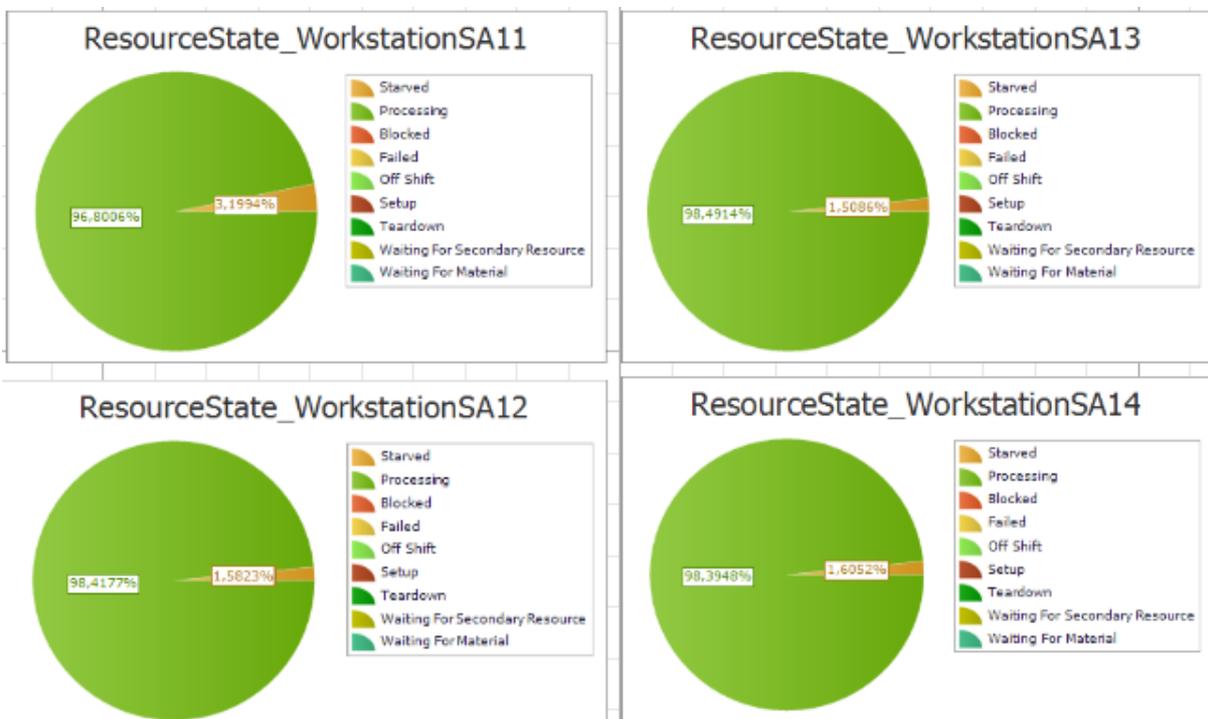


Figura 95 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área Sub-Assembly (Configuração B)

**Gráficos com base na Configuração C**

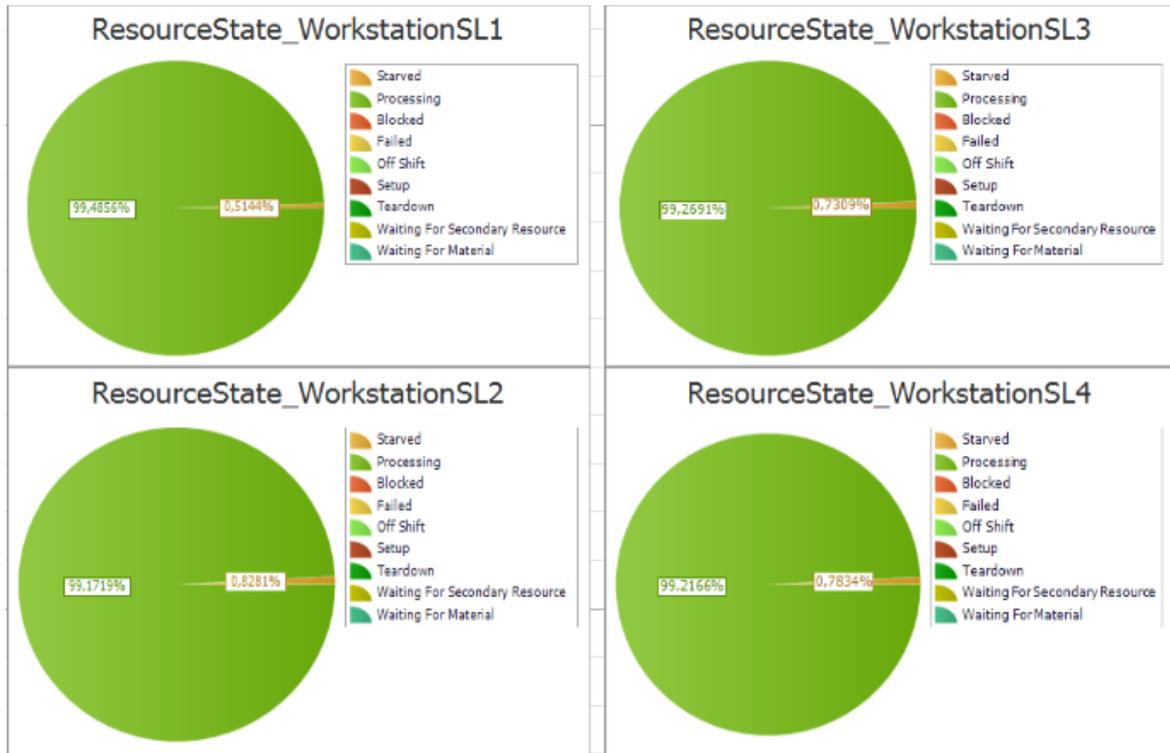


Figura 96 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área CBA (Configuração C)

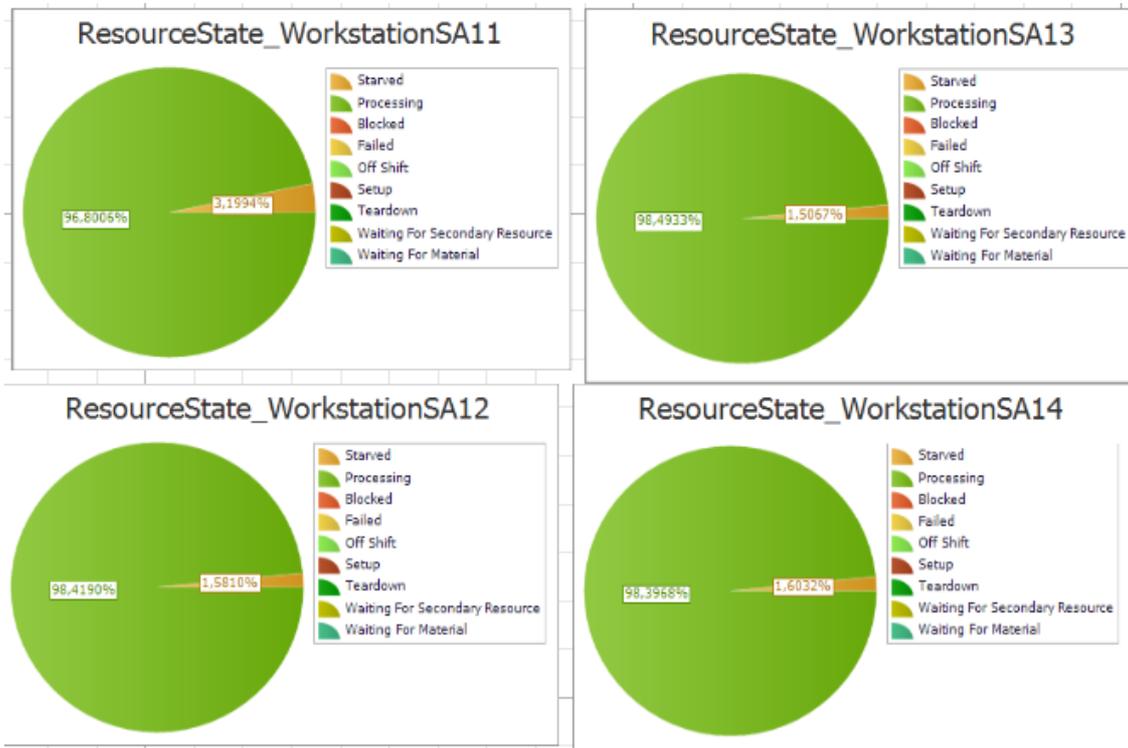


Figura 97 - Ocupação dos recursos nas linhas de montagem da área Sub-Assembly (Configuração C)

# ANEXO 1 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA AS ROTAS DE ABASTECIMENTO DE MATERIAIS

APTIVPORT SERVICES

BRAG WI xxx

## Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 14-07-2018

Content Reviewed Date / Data de Revisão : 22-10-2018

Page 1 of 1

Material f (Volume,Peso)			Processo: Rota de Abastecimento CBA Linhas 1, 2, 3 e 4 - Externa								
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado		Percurso de Abastecimento	Abastecimento de Material	Recolha/Retorna de vazio	Trolley	Minimercados/ Recolha de Material	Material Kanban	Material não Kanban	Manifesto	Operador Logístico
Designação: containers de placas SMT; tabuleiros quadlock; caixas de ligação; teners; amplificadores; phone board	Designação: chisel; header-08; CONN-02; bracket OBA; módulo sírios; etc		←→	○	◇	↔	○	▭	▭	▭	🚚
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material f Procedimento									
A	Deslocar à área de material Kanban (1) e recolher material, sempre que necessário e conforme a ordem de produção das respetivas linhas (1, 2, 3 e 4).	▭									
B	Abastecer os tabuleiros/caixas com os respetivos materiais, consoante a ordem de produção (2).	▭ ▽									
C	Dirigir à área de material alocado e recolher material (2). Abastecer as caixas fixas presentes na mesa de preparação do material (3). <b>Nota:</b> Utilizar PF para saber a localização do material.	▭									
D	Abastecer as caixas trazidas pelos operadores da rota interna com os respetivos materiais (3).	▽									
E	Colocar caixas vazias no trolley ao lado da mesa (3). <b>Atenção:</b> apenas as caixas dos fornecedores.	▽									
F	Colocar caixas vazias de repacking na paleta de vazios (1).	▽									
G	Sempre que necessário, recolher o caixote do lixo (3) e transportar para a área do lixo, despejando-o (4).	▽									
H	Caso necessário, transportar trolley com as caixas vazias para o cais sul (5). Colocar as caixas nas respetivas paletas de vazios.	▭									
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.										

### Instruções gerais de Trabalho:

- Os objetivos dos procedimentos é garantir que os materiais cheguem às linhas de montagem na hora e quantidade certa, devidamente identificados.
- O operador logístico responsável pelo abastecimento de material deve realizar a ordem das tarefas descrita no procedimento.
- Instrução de Trabalho: Posição inicial no início de turno LINHA. (Ponto n.º 1 no esboço da rota).
- Falta de material: Informe a chefia transmitindo o part number do material.
- Final de turno/passagem de rota deixe os minimercados abastecidos com material para manter o funcionamento**
- No refill das caixas o operador é responsável por respeitar o nível máximo indicado.**
- Deixar sempre o local de trabalho limpo e arrumado.**
- Change over:** Pegue no manifesto seguinte e inicie o processo no ponto 1). Retire o material da linha começando pelo 1º posto e coloque novamente nos minimercados.

### HISTÓRICO DE REVISÃO

Razão para Revisão	Data de Revisão	Autor(es)
Edição Inicial	05.07.2018	Carla Barbosa
Atualização	22.10.2018	Carla Barbosa

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC

### Área de abastecimento

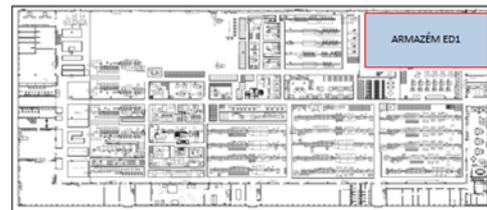


Figura 98 – Instrução de Trabalho para a Rota Externa de Abastecimento de materiais da área de CBA e Sub-Assembly

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 06-02-2017

Content Reviewed Date / Data de Revisão : 22-10-2018

Page 1 of 1

Material f (Volume,Peso)			Processo: Rota de Abastecimento CBA Linhas 1 e 2 + área de Sub-Assembly - Interna									
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado		Percurso de Abastecimento	Abastecimento de Material	Recolha/Retorna o de vazios	Trolley	Minimercados / Recolha de Material	Material Kanban	Material não Kanban	Manifesto	Operador Logístico	
Designação: containers de placas SMT; tabuleiros quadriclo; caixas de ligação; tuners; amplificadores; phone board	Designação: shield; header-08; CONW-02; bracket 08A; módulo sirius; etc		←→	○	◇	→	○	▭	▭	▭	🚚	
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material / Procedimento										
A	Verificar sequência de produção no quadro de planeamento CBA (1).	▭										
C	Dirigir à linha 1 (1L) com o trolley e recolher embalagens vazias. Dirigir à linha 2 (2L) com o trolley e recolher embalagens vazias.	△										
D	Dirigir ao armazém com o trolley de vazios. Deixar as embalagens vazias na mesa do armazém (1). <b>Nota:</b> Colocar material descartável no caixote do lixo ao lado da mesa de apoio em (1).	▭ △										
	Recolher embalagens reabastecidas no ponto 1 e colocar no trolley. Caso seja material para a área Sub-Assembly, recolher embalagens do ponto 2.	△										
E	Deslocar com o trolley à linha 2 (2L) e abastecer o material em cada posto. Dirigir com o trolley à linha 1 (1L) e abastecer o material.	▭ △										
G	Deslocar às respetivas zonas de sub-assembly e/ou retrabalho e abastecer com material, sempre que necessário (3). Colocar as embalagens vazias no trolley. Voltar para a linha 1 (1L).	▭										
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.											

Instruções gerais de Trabalho:

Os objetivos dos procedimentos é garantir que os materiais cheguem às linhas de montagem na hora e quantidade certa, devidamente identificados.  
 O operador logístico responsável pelo abastecimento de material deve realizar a ordem das tarefas descrita no procedimento.  
 Instrução de Trabalho: Posição inicial no início de turno LINHA. (Ponto n.º 1 no esboço da rota).  
 Falta de material: Informe a chefia transmitindo o part number do material.  
**Final de turno/passagem de rota deixe os minimercados abastecidos com material para manter o funciona**  
**No refill das caixas o operador é responsável por respeitar o nível máximo indicado.**  
**Deixar sempre o local de trabalho limpo e arrumado.**  
 Change over: Pegue no manifesto seguinte e inicie o processo no ponto 1). Retire o material da linha começando pelo 1º posto e coloque novamente nos minimercados.

Área de abastecimento



HISTÓRICO DE REVISÃO

Razão para Revisão	Data de Revisão	Autor(es)
Edição Inicial	06.07.2018	Carla Barbosa
Atualização	22.10.2018	Carla Barbosa

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO OCC

Figura 99 – Instrução de Trabalho para a Rota Interna de Abastecimento de materiais das linhas 1 e 2 de CBA e das estações de trabalho de Sub-Assembly

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 06-02-2017

Content Reviewed Date / Data de Revisão : 22-10-2018

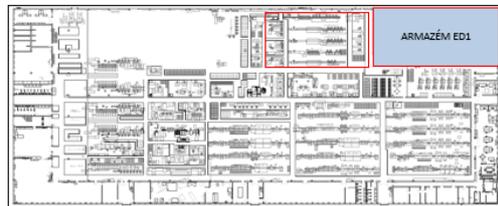
Page 1 of 1

Material f (Volume.Peso)			Processo: Rota de Abastecimento CBA Linhas 3 e 4 - Interna								
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado		Percurso de Abastecimento	Abastecimento de Material	Recolha/Retorn o de vazios	Trolley	Minimercados / Recolha de Material	Material Kanban	Material não Kanban	Manifesto	Operador Logístico
Designação: containers de placas SMT; tabuleiros quadlock; caixas de ligação; tuners; amplificadores; phone board	Designação: shield; header-08; CONN-02; bracket 06A; módulo sirius; etc		←→	○	◇	→	○	▭	▭	☞	
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material f Procedimento									
A	Verificar sequência de produção no quadro de planeamento CBA (1).										
C	Dirigir à linha 3 (3) com o trolley e recolher embalagens vazias. Dirigir à linha 4 (4L) com o trolley e recolher embalagens vazias.										
D	Dirigir ao armazém com o trolley de vazios. Deixar as embalagens vazias na mesa do armazém (1). <b>Nota:</b> Colocar material descartável no caixote do lixo ao lado da mesa de apoio em (1).										
E	Recolher embalagens reabastecidas no ponto 1 e colocar no trolley.										
G	Deslocar com o trolley à linha 4 (4L) e abastecer o material em cada posto. Dirigir com o trolley à linha 3 (3L) e abastecer o material.										
H	Deslocar com o trolley ao minimercado (2M) e recolher tabuleiros quadlock e phones ou tuners. Transportar para a respetiva linha.										
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.										

Instruções gerais de Trabalho:

- Os objetivos dos procedimentos é garantir que os materiais cheguem às linhas de montagem na hora e quantidade certa, devidamente identificados.
- O operador logístico responsável pelo abastecimento de material deve realizar a ordem das tarefas descrita no procedimento.
- Instrução de Trabalho: Posição inicial no início de turno LINHA. (Ponto n.º 1 no esboço da rota).
- Falta de material: Informe a chefia transmitindo o part number do material.
- Final de turno/passagem de rota deixe os minimercados abastecidos com material para manter o funcionamento. No refill das caixas o operador é responsável por respeitar o nível máximo indicado.**
- Deixar sempre o local de trabalho limpo e arrumado.**
- Change over: Pegue no manifesto seguinte e inicie o processo no ponto 1). Retire o material da linha começando pelo 1º posto e coloque novamente nos minimercados.

Área de abastecimento



HISTÓRICO DE REVISÃO

Razão para Revisão	Data de Revisão	Autor(es)
Edição Inicial	05.07.2018	Carla Barbosa
Atualização	22.10.2018	Carla Barbosa

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC

Figura 100 - Instrução de Trabalho para a Rota Interna de Abastecimento de materiais das linhas 3 e 4 de CBA

Material f (Volume,Peso)			Processo: Rota de Abastecimento das Linhas 1 e 2 do Produto A - Interna								
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado	Material / Procedimento	Percurso de Abastecimento	Abastecimento de Material	Recolha/Retorna o de vazio	Trolley	Minimercados / Recolha de Material	Material Kanban	Material não Kanban	Manifesto	Operador Logístico
Designação: caixas de brackets; caixas de mecanismos; tabuleiros de mainboards; tabuleiros de SD cards; tabuleiros de blends; caixas de tampas											
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material / Procedimento									
A	Dirigir ao ponto <b>(1L)</b> correspondente à linha 1 do Produto A e recolher o manifesto.										
B	Dirigir ao <b>posto 1</b> , recolher caixas vazias de mecanismos e colocar no trolley. Recolher caixas cheias de mecanismos e abastecer o <b>posto 1</b> .										
C	Dirigir ao <b>posto 1</b> , recolher caixas vazias de brackets e colocar no trolley. Recolher caixas cheias de brackets e abastecer o <b>posto 1</b> .										
D	Dirigir ao <b>posto 2</b> , recolher tabuleiros vazios de SD cards e colocar no trolley de apoio. Recolher tabuleiros cheios de SD cards e abastecer o <b>posto 2</b> .										
E	Dirigir ao <b>posto 3</b> , recolher tabuleiros vazios de Mainboards e colocar no trolley de apoio. Recolher tabuleiros cheios de Mainboards e abastecer o <b>posto 3</b> .										
F	Abastecer o <b>posto 3</b> com caixilhos, retirando-os diretamente do carrinho de apoio.										
G	Dirigir ao <b>posto 4</b> , recolher tabuleiros vazios de blendas e colocar no trolley. Dirigir à rampa de apoio <b>(1M)</b> e recolher blendas consoante o manifesto de produção. Abastecer o <b>posto 4</b> com as blendas.										
H	Deslocar ao trolley de apoio e recolher caixas com tampas. Transportar para a linha e abastecer o <b>posto 5</b> .										
I	Dirigir ao minimercado <b>(6M)</b> e recolher cabos, etiquetas e parafusos. Abastecer o <b>posto 1</b> com cabos e o <b>posto 6</b> com etiquetas e parafusos.										
J	Recolher o carrinho vazio dos caixilhos e transportá-lo para o ponto <b>(4M)</b> . Recolher carrinho cheio de caixilhos e transportá-lo para o <b>posto 3</b> .										
K	Recolher trolley de caixas vazias de mecanismos e dirigir à rampa de apoio da linha <b>(1M)</b> . Colocar caixas vazias na rampa. Recolher e colocar caixas cheias com mecanismos no trolley. Voltar para o <b>posto 1</b> e colocar trolley na respetiva área.										
L	Dirigir à rampa de apoio da linha com um trolley <b>(1M)</b> . Recolher e colocar caixas cheias com brackets no trolley. Voltar para o <b>posto 1</b> e colocar trolley na respetiva área.										
M	Efetuar todo o procedimento para a linha 2 do Produto A <b>(2L)</b> .										
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.										

**Instruções gerais de Trabalho:**

- Os objectivos dos procedimentos é garantir que os materiais cheguem às linhas de montagem na hora e quantidade certa, devidamente identificados.
- O operador logístico responsável pelo abastecimento de material deve realizar a ordem das tarefas descrita no procedimento.
- Instrução de Trabalho: Posição inicial no início de turno LINHA. (Ponto n.º 1 no esboço da rota).
- Os materiais de consumo residual devem ser abastecidos à medida que são consumidos.
- Falta de material: Informe a chefia transmitindo o part number do material.
- Final de turno/passagem de rota deixe os minimercados abastecidos com material para manter o funcionamento**
- No refill das caixas o operador é responsável por respeitar o nível máximo indicado.**
- Deixar sempre o local de trabalho limpo e arrumado.**
- No abastecimento deve sempre cumprir o FIFO.

**Área de abastecimento**



**HISTÓRICO DE REVISÃO**

Razão para Revisão	Data de Revisão	Autor(es)
Edição Inicial	10.04.2019	Carla Barbosa

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC

Ativar

Figura 101 - Instrução de Trabalho para a Rota Interna de Abastecimento de materiais das linhas 1 e 2 do Produto A de Final Assembly

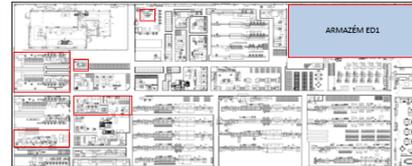
Material (Volume/Peso)		Processo: Rota de Abastecimento FA Linhas dos Produtos B, C, D e E + Linha 1/Linha 2 do Produto A - Externa								
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado	Processo de Rota	Abastecimento de Material	Recolha/Retorno de vazios	Trolley	Minimercado/Recolha de Material	Material Kabon	Material a So Kabon	Manufato	Operador Logístico
Designação: tabuleiros main board; tabuleiros SD card; teclado; tabuleiros buffer; sockets; caixas; brackets; tabuleiros blendas; brackets; tampas	Designação: display; encoder; placa IR; switch; pod; wires; cabos; leds; botões; caixa de cabos	→	○	◇	↔	○	□	□	□	🚶
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material / Procedimento								
A	Receber informação sobre as linhas em funcionamento e o manifesto sobre a ordem de produção. <b>Atenção:</b> Caso uma linha não esteja em funcionamento, avançar para os procedimentos das restantes linhas.	□								
B	Dirigi à linha do Produto B (1L) e recolher trolley dos vazios.	□								
C	Transportar o trolley e deixar os tabuleiros vazios SD card/placa IR no minimercado (1M) e tabuleiros main board na rampa da singuladora (1I).	□								
D	Deslocar ao cais sul (2) com o trolley e levar os tabuleiros vazios de blendas e de botões e as caixas vazias.	□								
E	Dirigi ao armazém (3) com o trolley e recolher o material necessário para a linha. Transportar para a linha (1L). <b>Nota:</b> Utilizar um PF sempre que precisar de saber onde está alocado um material.	□								
F	Deslocar ao minimercado (1M) com o trolley e recolher SD cards e placas IR, conforme a ordem de produção.	□								
G	Transportar para a linha do Produto B (1L). Colocar o trolley na respetiva área da linha.	□								
H	Dirigi à linha do Produto C (2L) e recolher trolley de vazios. Caso necessário, deslocar à linha (3L) e recolher caixas vazias de heatsinks.	□								
I	Deslocar ao ponto (4) e deixar tabuleiros vazios de placas. Transportar trolley de vazios para o cais sul (2) e colocar embalagens na respetiva paleta.	□								
J	Dirigi ao armazém (3) com o trolley e recolher materiais necessários. Dirigi à linha do Produto D (3L) e colocar caixas com heatsinks na prateleira. Transportar trolley para a linha do Produto C (2L).	□								
K	Dirigi à linha do Produto E (4L) e recolher tabuleiros vazios. Transportar para o ponto (4). Recolher tabuleiros de placas de serviço do minimercado (2M) e transportar para a linha (4L).	□								
L	Recolher caixas vazias da linha (4L) e deslocar ao armazém para fazer o refill das mesmas. Transportar as caixas de novo para a linha (4L). <b>Atenção:</b> Sempre que a linha necessitar de algum material, dirigi ao armazém e recolher o respetivo material para abastecer na linha. Utilizar PF caso seja necessário.	□								
M	Deslocar à Linha 1 do Produto A (5L) e recolher trolley de tabuleiros vazios de main boards e SD cards. <b>Nota:</b> Verificar no manifesto de produção os respetivos part numbers.	□								
N	Transportar e alocar os tabuleiros vazios de main boards para o ponto (3M) e os tabuleiros vazios de SD cards para o ponto (4).	□								
O	Dirigi com o trolley ao minimercado (2M) e recolher tabuleiros de SD cards conforme o manifesto de produção. Deslocar com o trolley ao minimercado (1M) e recolher tabuleiros de main boards. Transportar trolley para a linha (5L).	□								
P	Recolher trolley de vazios (tabuleiros de blendas, caixas de brackets e tampas) e transportar para o ponto (5). Colocar embalagens vazias nas respetivas paletes de vazios. Recolher caixas cheias com tampas e colocar no trolley. Transportar para a linha (5L).	□								
Q	Sempre que necessário, recolher caixas vazias de cabos e deslocar ao cais norte. Abastecer cada caixa com 80 cabos (8 conjuntos) no máximo. Voltar para a linha (1L) e abastecer posto 1.	△								
R	Sempre que necessário, deslocar ao trolley (4M) para abastecer os shakers com parafusos ou as caixas com etiquetas.	△								
S	Repetir as tarefas M, N, O, P, Q e R para a Linha 2 do Produto A (6L).	□								
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.	□								

Ativar o Windows

**Instruções gerais de Trabalho:**

- Os objectivos dos procedimentos é garantir que os materiais cheguem às linhas de montagem na hora e quantidade certa, devidamente identificados.
- O operador logístico responsável pelo abastecimento de material deve realizar a ordem das tarefas descritas no procedimento.
- Instrução de Trabalho: Posição inicial no início de turno LINHA. (Ponto n.º 1 no esboço de rota).
- Os materiais de consumo residual devem ser abastecidos à medida que são consumidos.
- Falta de material: Informa a chefia transmitindo o part number do material.
- Fim de turno/passagem de rota deve os minimercados abastecidos com material para manter o funcionamento da linha.
- No refill das caixas o operador é responsável por respeitar o nível máximo indicado.
- Deixar sempre o local de trabalho limpo e arrumado.
- No abastecimento deve sempre cumprir o FIFO.

**Área de abastecimento**



**HISTÓRICO DE REVISÃO**

Plano para Revisão	Data de Revisão	Autor(es)
Edição inicial	03.07.2018	Carla Barbosa
Revisão	28.10.2018	Carla Barbosa
Introdução de novas tarefas	10.04.2019	Carla Barbosa

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC

Figura 102 – Instrução de Trabalho para a Rota Externa de Abastecimento de materiais das linhas dos Produtos A, B, C, D e E de Final Assembly