



Otimização de uma Linha de Produção de Tubos de Ar Condicionado para a Indústria Automóvel

ANA ISABEL CARVALHO DE SOUSA LAROCA

outubro de 2021

OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE TUBOS DE AR CONDICIONADO PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Ana Isabel Carvalho de Sousa Laroca

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE TUBOS DE AR CONDICIONADO PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Ana Isabel Carvalho de Sousa Laroca

Estudante n.º 1160681

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação da Professora Maria Teresa Ribeiro Pereira

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora do Instituto Superior de Engenharia do Porto, a Professora Maria Teresa Pereira, pela prontidão e apoio fornecidos antes, durante e após a finalização do estágio. Sem ela, nada disto teria sido possível. É um reflexo daquilo que todos os docentes deveriam almejar, como um exemplo de profissionalismo, competência e de confiança para todos os alunos. É, sem dúvida, uma das fundações sobre a qual assenta o sucesso do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Ao meu orientador da Hutchinson, o Eng. Tiago Campos, agradeço a sua disponibilidade e auxílio, assim como a simpatia contagiante com a qual me recebeu na sua unidade de produção, simpatia esta que certamente o ajuda a gerir e a tomar as muitas decisões com que se depara diariamente. Ao Eng. Pedro Garcez e à Dra. Sandra Moutinho, agradeço a infinita paciência e conselhos dados ao longo deste estágio, que tanto contribuíram para o meu progresso até este ponto. Agradeço também à Dra. Odete Melo, que com a sua vasta experiência, me demonstrou que uma UAP é uma família, porque independentemente das decisões tomadas e dos conflitos que possam existir, o importante é que as continuemos a tomar juntos e em equipa. A UAP 2 foi a minha segunda casa durante 6 meses, e não podia ter tido mais sorte na “família” que encontrei.

Agradeço também à Dra. Anabela Matos e ao Eng. Filipe Borges, pela oportunidade que me deram de estagiar numa empresa como a Hutchinson, assim como pelo cuidado e preocupação que tiveram comigo ao longo de todo o estágio.

A nível global, agradeço à Hutchinson e a todos os restantes colaboradores, pela ajuda fornecida ao longo do estágio nas mais variadas áreas. O processo de integração num local desconhecido nunca é imediato, mas vocês tornaram tudo mais fácil. Um obrigado em particular a todos os operadores da linha AA23, que me apoiaram incondicionalmente ao longo de todo o estágio.

Finalmente, devo um agradecimento especial a todos os meus amigos e família, principalmente aos meus pais, pela forma com que me tranquilizaram nos meus piores dias e com que me incentivaram nos meus melhores momentos. O vosso apoio foi o suporte para a realização de todo este trabalho e a vossa paciência, a chave escondida para o meu progresso ao longo deste percurso.

página propositadamente em branco

RESUMO

O trabalho realizado consistiu na aplicação ferramentas de melhoria contínua para a redução do desperdício e da variabilidade dos processos ao longo da linha de produção AA23, com objetivo de determinar a capacidade da linha e de atingir os níveis de produtividade pretendidos. Verificou-se esta necessidade, uma vez que a linha tinha uma produtividade e eficiência inferiores às restantes linhas de produção da empresa. Adicionalmente, existiam poucos dados ou documentação que contribuíssem para o melhor conhecimento da linha, o que ultimamente justificou a necessidade de realizar uma análise profunda da linha AA23.

Para tal, procedeu-se à análise dos processos da linha, aliada à aplicação integrada de ferramentas de melhoria contínua e *Lean* para determinar e otimizar a sua capacidade produtiva. Para tal, realizou-se um estudo de variabilidade. Inicialmente foram formadas famílias de referências, procedendo depois ao cálculo da proporção de pedidos por família e à medição dos tempos de ciclo. De seguida partiu-se para o cálculo do *Work Content*, do *Takt Time* e à determinação do número mínimo de operadores (N) sob a forma de vários métodos distintos. Finalmente, partiu-se para a realização do balanceado para N, N-1 e N+1 operadores. Após o balanceamento, foram efetuadas várias melhorias a nível do *layout* da linha, de forma a melhorar o funcionamento da linha e reduzir movimentação desnecessária dos colaboradores. Simultaneamente, foi realizada a implementação da metodologia de *Constant Work-In-Progress* (CONWIP) de forma a facilitar a gestão da produção dos componentes antes da sua entrada em linha. Foram também implementadas outras modificações, tanto a nível mecânico como a nível de documentação, para apoiar a produção e contribuir para o aumento da eficiência, qualidade e segurança da linha.

Através do balanceamento, considerou-se, com base nos dados fornecidos, que inicialmente a linha era capaz de produzir 28 peças/hora. De seguida, partiu-se para a Iteração 1, onde se procedeu ao balanceamento da linha de acordo com os tempos medidos, para um funcionamento a 2 turnos. Finalmente, na Iteração 2, partiu-se para a aplicação de algumas melhorias e para a realização de um novo balanceamento, considerando um funcionamento de 3 turnos. No final, determinou-se a capacidade da linha, concluindo-se que esta poderia funcionar a 3 turnos com N-1 operadores ou a 2 turnos com N+1 operadores, com um objetivo de produção de 38,5 peças/hora ou de 66,5 peças/hora. As intervenções a nível da melhoria do *layout* contribuíram para a melhoria do fluxo produtivo na linha e nas áreas envolventes. Entre as alterações efetuadas, a substituição da máquina de cavilhas possibilitou a redução do tempo de ciclo em 59%. Da mesma forma, a implementação da metodologia CONWIP na linha facilitou a tarefa da gestão das fases de produção para os componentes antes da entrada em linha. Foram também executadas outras intervenções, que contribuíram para o aumento da robustez dos processos e do funcionamento da linha em geral. Os resultados obtidos são então relevantes, uma vez que além de determinar e aumentar a capacidade da linha, verifica-se também o aumento da produtividade e eficiência da mesma, de 28,81% para 47,21% desde fevereiro a junho. O *Overall Equipment Effectiveness* no mesmo período indica também uma subida de 28,2% para 46,2%, o que revela o sucesso das medidas aplicadas.

PALAVRAS-CHAVE

Lean, Balanceamento, Melhoria, CONWIP, Eficiência, OEE

página propositadamente em branco

ABSTRACT

The presented work consisted of applying continuous improvement tools to reduce waste and process variability along the AA23 production line, with the aim of determining the line's capacity and achieving the desired productivity levels. This need was comprovred, since the line had lower productivity and efficiency than the company's remaining production lines. Additionally, there was little data or documentation that contributed to a better knowledge of the line, which ultimately justified the need to carry out a thorough analysis of the AA23 line.

To this end, the line's processes were analyzed, together with the integrated application of continuous improvement and *Lean* tools to determine and optimize its production capacity. To this end, a variability study was carried out. Initially, reference families were formed, then proceeding to the calculation of the proportion of orders per family and the measurement of cycle times. Then, the calculation of *Work Content*, *Takt Time* and the determination of the minimum number of operators (N) using several different methods was performed. Finally, it was decided to carry out the balanced performance for N, N-1 and N+1 operators. After balancing, several improvements were made to the *layout* of the line, in order to improve the operation of the line and reduce unnecessary movements from the employees. Simultaneously, the *Constant Work-In-Progress* (CONWIP) methodology was implemented in order to facilitate the management of the component's production before their entrance on the production line. Other modifications were also implemented, both mechanically and in terms of documentation, to support production and contribute to the efficiency increase, quality and safety of the line.

Through balancing, it was considered, based on the data provided, that initially the line was capable of producing 28 pieces/hour. Then, it went to Iteration 1, where the line was balanced according to the measured times, for a 2-shift operation. Finally, in Iteration 2, it was decided to apply some improvements and to carry out a new leveling, considering a 3-shift operation. In the end, the capacity of the line was determined, concluding that it could run 3 shifts with N-1 operators or 2 shifts with N+1 operators, with a production objective of 38,5 pieces/hour or 66,5 pieces/hour. Interventions in terms of improving the *layout* contributed to improving the production flow in the line and in the surrounding areas. Among the changes made, the replacement of the dowel machine made it possible to reduce the cycle time by 59%. Likewise, the implementation of the CONWIP methodology on the line made it easier to manage the production phases for the components before they enter the line itself. Other interventions were also carried out, which contributed to increasing the robustness of the processes and the operation of the line in general.

The results obtained are therefore relevant, since in addition to determining and increasing the capacity of the line, there is also an increase in its productivity and efficiency, from 28,81% to 47,21% from February to June. The *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) in the same period also increased from 28,2% to 46,2%, which reveals the success of the measures applied.

KEYWORDS

Lean, Balancing, Improvement, CONWIP, Efficiency, OEE

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento e pertinência	1
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	2
1.3. Opções metodológicas	3
1.4. Apresentação da empresa.....	3
1.5. Estrutura do trabalho	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. História e Desenvolvimento da Indústria Automóvel	7
2.2. Setor Automóvel em Portugal e no Mundo	7
2.3. <i>Lean Thinking</i>	9
2.3.1. Casa do TPS	12
2.3.2. <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	15
2.3.3. Balanceamento de linhas de montagem	16
2.3.4. CONWIP.....	20
3. ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO AA23.....	23
3.1. Contextualização do Ambiente Produtivo	23
3.2. Estudo de Variabilidade da Linha AA23	26
3.2.1. Análise da Linha AA23	27
3.2.2. Formação de Famílias de Produtos.....	37
3.2.3. Proporção de Referências Produzidas por Família	38
3.2.4. Medição de Tempos.....	41
3.3. Melhoria de <i>Layout</i> da AA23.....	94
3.4. Implementação de Sistema CONWIP	103
3.5. Análise e Implementação de possíveis melhorias na linha AA23	110
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	127
4.1. Apresentação de resultados.....	127
4.1.1. Capacidade Produtiva	127
4.1.2. Melhorias Efetuadas	128
4.1.3. OEE	129
4.2. Discussão de resultados	131
5. CONCLUSÃO	133
5.1. Conclusões finais	133
5.2. Limitações e investigação futura.....	134

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
ANEXO A – Cálculos efetuados para o balanceamento da linha para N, N-1 e N+1	137
ANEXO B – Objetivos do Balanceamento para N, N-1 e N+1 a rendimento de 100%, 95%, 90% e 85%.....	149
ANEXO C – Cálculos efetuados para o balanceamento da linha para N, N-1 e N+1 (Combinações E e F).....	159
ANEXO D – Objetivos do Balanceamento para N, N-1 e N+1 a rendimento de 100%, 95%, 90% e 85% (Combinações E e F)	163
ANEXO E – Roadmap Problem Solving PRO_RPS_003/A	167
ANEXO F – Ajudas visuais para curvadora manual.....	169
ANEXO G – IPS – DIV0152 Alterada.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Venda de automóveis de passageiros na EU de 2010 a 2020 segundo a ACEA (fevereiro de cada ano) (OIT, 2020)	8
Figura 2 - Peso da Indústria de Componentes de Automóveis na Economia Nacional (AFIA, 2021). 8	
Figura 3 - Sistema <i>Pull</i> e Sistema <i>Push</i> (Cristóvão, 2014).....	10
Figura 4 - Casa do TPS (Liker & Morgan, 2006)	12
Figura 5 - Mapa de influência da aplicação de gestão visual	15
Figura 6 - <i>Single-Model Assembly Line</i>	17
Figura 7 - <i>Mixed-Model Assembly Line</i>	17
Figura 8 - <i>Multi-Model Assembly Line</i>	17
Figura 9 - Diagrama de <i>Yamazumi</i> para $TC > TC$ (Pinto, <i>n.d.</i>).....	19
Figura 10 - Diagrama de <i>Yamazumi</i> para $TC < TC$ (Pinto, <i>n.d.</i>).....	20
Figura 11 - Funcionamento Geral do CONWP (Jaegler <i>et al.</i> , 2018).....	21
Figura 12 - <i>Layout</i> da Fábrica de Ar Condicionado ("Air Conditioned Plant")	24
Figura 13 - <i>Layout</i> da Fábrica de Direção Assistida ("Power Steering Plant")	24
Figura 14 - Área da UAP2	25
Figura 15 - Orientações internas para a execução do balanceamento de linha.....	27
Figura 16 - Diagrama de fluxo das áreas de preparação da AA23	28
Figura 17 - Diagrama de fluxo dos postos da linha AA23 (por referência)	30
Figura 18 - Embutição de rolinado	31
Figura 19 - Embutição de flange/brida.....	31
Figura 20 - Soldadura por chama	32
Figura 21 - Soldadura por indução	32
Figura 22 - Furação.....	32
Figura 23 - Tubo em Reto	32
Figura 24 - Tubo curvado.....	32
Figura 25 - Colocação de Espuma.....	32
Figura 26 - Colocação de "Prata"	32
Figura 27 - Aparafusar <i>stud</i>	33
Figura 28 - Colocação de Cavilha	33
Figura 29 - Ôbus	33
Figura 30 - Aparafusar ôbus	33
Figura 31 - Conjunto de Prensadas	33
Figura 32 - Colocação de O-ring	33
Figura 33 - Colocação de Soft Nose.....	33
Figura 34 - Aparafusar conjuntos	33
Figura 35 - Verificação em GCF	34
Figura 36 - Colocação de "clipe"	34
Figura 37 - Colagem de etiqueta	34
Figura 38 - Colocação de <i>bracket</i>	34
Figura 39 - Colocação de tampão (Tipo 1)	34
Figura 40 - Colocação de tampão (Tipo 2)	34
Figura 41 - PIC de fevereiro de 2021	35

Figura 42 - Referência T.70764	36
Figura 43 - Referência T.78392	36
Figura 44 - Folha de medição de tempo de ciclo	42
Figura 45 - Combinação A - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	50
Figura 46 - Combinação A - Balanceamento para N=1 op. (Iteração 1).....	50
Figura 47 - Combinação A - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	51
Figura 48 - Combinação B - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	51
Figura 49 - Combinação B - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	52
Figura 50 - Combinação B - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	52
Figura 51 - Combinação C - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	53
Figura 52 - Combinação C - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	53
Figura 53 - Combinação C - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	54
Figura 54 - Combinação D - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	54
Figura 55 - Combinação D - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	55
Figura 56 - Combinação D - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	55
Figura 57 - Combinação E - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	56
Figura 58 - Combinação D - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	56
Figura 59 - Combinação E - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	57
Figura 60 - Combinação F - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	57
Figura 61 - Combinação F - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	58
Figura 62 - Combinação F - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	58
Figura 63 - Combinação G - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	59
Figura 64 - Combinação G - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	59
Figura 65 - Combinação G - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	60
Figura 66 - Combinação H - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	60
Figura 67 - Combinação H - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	61
Figura 68 - Combinação H - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	61
Figura 69 - Combinação I - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	62
Figura 70 - Combinação I - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	62
Figura 71 - Combinação I - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	63
Figura 72 - Combinação J - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1).....	63
Figura 73 - Combinação J - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1).....	64
Figura 74 - Combinação J - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1).....	64
Figura 75 - Combinação A - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	67
Figura 76 - Combinação A - Balanceamento para N=1 op. (Iteração 2).....	68
Figura 77 - Combinação A - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	68
Figura 78 - Combinação B - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	69
Figura 79 - Combinação B - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	69
Figura 80 - Combinação B - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2).....	70
Figura 81 - Combinação C - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	70
Figura 82 - Combinação C - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	71
Figura 83 - Combinação C - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2).....	71
Figura 84 - Combinação D - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	72
Figura 85 - Combinação D - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	72
Figura 86 - Combinação D - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2).....	73

Figura 87 - Posto de colocação de etiqueta, "clipe" e <i>bracket</i> (Iteração 1).....	73
Figura 88 - Alterações efetuadas na máquina.....	74
Figura 89 - Posto de colocação de "clipe" e <i>bracket</i> (Iteração 2)	75
Figura 90 - Combinação E - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)	75
Figura 91 - Combinação E - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)	76
Figura 92 - Combinação E - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)	77
Figura 93 - Combinação E - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)	78
Figura 94 - Combinação F - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)	79
Figura 95 - Combinação F - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)	79
Figura 96 - Combinação F - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)	80
Figura 97 - Combinação F - Balanceamento para N=5 op. (Iteração 2)	80
Figura 98 - Combinação G - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	81
Figura 99 - Combinação G - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	81
Figura 100 - Combinação G - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2).....	82
Figura 101 - Combinação H - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	82
Figura 102 - Combinação H - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	83
Figura 103 - Combinação H - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2).....	83
Figura 104 - Combinação H - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	84
Figura 105 - Combinação I - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)	84
Figura 106 - Combinação I - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)	85
Figura 107 - Combinação J - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2).....	85
Figura 108 - Combinação J - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2).....	86
Figura 109 - Combinação J - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2).....	86
Figura 110 - Layout atual da linha AA23 e da área de preparação DS5	95
Figura 111 - Entrada e saída de material e zona de acumulação de WIP	97
Figura 112 - Libertação de espaço na área da DS5	98
Figura 113 - Caminhos percorridas para transporte de <i>gabarits</i>	99
Figura 114 - Produção em célula na DS5.....	101
Figura 115 - Ciclo antes da implementação da máquina de cavilha automática.....	101
Figura 116 - Ciclo após a implementação da máquina de cavilha automática	102
Figura 117 - Mudança da localização da estante do <i>burners</i>	103
Figura 118 - Quadro CONWIP após colocação de fitas divisórias	104
Figura 119 - Definição das divisões do quadro	105
Figura 120 - Cartão indicativo da existência ou não de stock	107
Figura 121 - Cartão indicativo da existência ou não de produção planeada	107
Figura 122 - Cartão indicativo da existência ou não de faltas.....	108
Figura 123 - Cartão CONWIP para a ref. T.70764.....	108
Figura 124 - Quadro CONWIP montado e finalizado	109
Figura 125 - Cabine da máquina de teste de estanquicidade aberta	110
Figura 126 - Cabine da máquina de teste de estanquicidade fechada	110
Figura 127 - Enchufes <i>NOK</i> (A) e Enchufes <i>OK</i> (B).....	111
Figura 128 - Novo enchufe fornecido.....	111
Figura 129 - Suporte de água para máquina de teste de estanquicidade	112
Figura 130 - Suporte de água para mesa final aparafusadora ECELL.....	112
Figura 131 - Suporte de água para mesa final ECELL	112

Figura 132 - Máquina de furar antes de montagem do suporte.....	113
Figura 133 - Máquina de furar depois de montagem do suporte.....	113
Figura 134 - <i>Gabarit</i> antes de melhoria	114
Figura 135 - <i>Gabarit</i> após a melhoria	114
Figura 136 - Colocador de solda queimado.....	115
Figura 137 - Colocador de solda novo.....	115
Figura 138 - BOM dos colocadores de solda	115
Figura 139 - Carro para transporte de <i>burners</i> fornecido.....	116
Figura 140 - Conjunto de ferramentas de prensar.....	117
Figura 141 - Porta patas identificado por 8383/T.78584.....	118
Figura 142 - Alteração da ficha técnica	118
Figura 143 - Folga existente antes da melhoria	119
Figura 144 - Folga após a melhoria	119
Figura 145 - Ajudas visuais para curvadoras manuais.....	120
Figura 146 - Máquina sem rodas.....	120
Figura 147 - Máquina após aplicação de rodas.....	120
Figura 148 - Processo para produção do componente P9432522D do T.78399	121
Figura 149 - Colocador de soldadura antes do sistema de fixação ser alterado	123
Figura 150 - Colocador de soldadura após o sistema de fixação ser alterado.....	123
Figura 151 - Sistema de orientação da flange antes da colocação do pino	123
Figura 152 - Sistema de orientação da flange após montagem do pino.....	123
Figura 153 - Peça de acerto mal orientada	124
Figura 154 - IPS - DIV0152 (Página 1)	125
Figura 155 – IPS - DIV0152 (Página 2)	125
Figura 156 - Lista de brocas atualizada	125
Figura 157 - Resultados da análise da capacidade produtiva da linha AA23.....	127
Figura 158 - Peças produzidas por hora com rendimento a 90%	128
Figura 159 - Eficiência da linha AA23	129
Figura 160 - Eficiência Total da linha AA23	130
Figura 161 - RPS para máquinas de aparafusar ôbus.....	167
Figura 162 - Ajuda visual para curvadora manual (T.81191)	169
Figura 163 - Ajuda visual para curvadora manual (T.81116)	170
Figura 164 - IPS da DIV0152 alterada (página 1).....	171
Figura 165 - IPS da DIV0152 alterada (página 2).....	172

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Os sete desperdícios <i>Lean</i> (Sivaraman et al., 2020)	11
Tabela 2 - Índices considerados no cálculo do OEE (Ron & Rooda, 2006)	16
Tabela 3 - Modelos de Linha de Montagem (Kumar & Mahto, 2013)	17
Tabela 4 – Conceitos importantes no balanceamento de linha (Cristóvão, 2014; Kumar & Mahto, 2013)	18
Tabela 5 - Descrição das operações das áreas de preparação e da linha AA23	31
Tabela 6 – Formação de famílias de referências.....	37
Tabela 7 - Produção Semana AA23	38
Tabela 8 - Produção média mensal AA23	39
Tabela 9 - Lista de operações por família.....	40
Tabela 10 - Matriz de incompatibilidades entre famílias.....	40
Tabela 11 - Combinações de famílias.....	41
Tabela 12 - Postos de trabalho e operações correspondentes.....	43
Tabela 13 - Tempos de ciclo AA23	43
Tabela 14 - Quantidade total produzida mensalmente por referência	44
Tabela 15 - Quantidade total produzida mensalmente por combinação	44
Tabela 16 - Tempos de ciclo da linha AA23 para combinações (Iteração 1).....	45
Tabela 17 - Sumarização dos dados para cálculo do WC Ponderado (Iteração 1).....	46
Tabela 18 - Disponibilidade de trabalho semanal.....	46
Tabela 19 - Ocupação dos postos de trabalho e número de operadores por família	48
Tabela 20 - Matriz de Incompatibilidades, considerando o número de operadores.....	48
Tabela 21 - Tempos de ciclo da linha AA23 para combinações (Iteração 2).....	65
Tabela 22 - Sumarização dos dados para cálculo do WC Ponderado (Iteração 2).....	66
Tabela 23 - Estado inicial da máquina e estado da máquina após melhorias	74
Tabela 24 - Resultados das melhorias aplicadas.....	75
Tabela 25 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	76
Tabela 26 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	76
Tabela 27 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	77
Tabela 28 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)	78
Tabela 29 - Resultados das melhorias aplicadas e do novo balanceamento para N+1	78
Tabela 30 - Capacidade total de trabalho mensal.....	87
Tabela 31 - Tempo total consumido em produção a rendimento 100% e 90% (Situação Inicial) ...	88
Tabela 32 - Tempo total consumido em produção a rendimento 100% (Iteração 1).....	89
Tabela 33 - Tempo total consumido em produção a rendimento 90% (Iteração 1).....	90
Tabela 34 - Tempo total consumido em produção a rendimento 100% (Iteração 2).....	91
Tabela 35 - Tempo total consumido em produção a rendimento 90% (Iteração 2).....	92
Tabela 36 - Percentagem dos Equilibrados (Iteração 1)	93
Tabela 37 - Percentagem dos equilibrados (Iteração 2)	93
Tabela 38 - Postos da AA23 por área	96
Tabela 39 - Ações propostas para a redução de sucata deste componente	122
Tabela 40 - Resultados decorrentes da melhoria no posto de colocação de cavilhas da DS5.....	129
Tabela 41 - Cálculo do OEE da linha AA23	130

Tabela 42 - Combinação A – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	137
Tabela 43 - Combinação A – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=1 op.	137
Tabela 44 - Combinação A – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	137
Tabela 45 - Combinação B – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	138
Tabela 46 - Combinação B – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	138
Tabela 47 - Combinação B – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	138
Tabela 48 - Combinação C – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	139
Tabela 49 - Combinação C – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	139
Tabela 50 - Combinação C – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	139
Tabela 51 - Combinação D – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	140
Tabela 52 - Combinação D – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	140
Tabela 53 - Combinação D – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	141
Tabela 54 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	141
Tabela 55 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	142
Tabela 56 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	142
Tabela 57 - Combinação F – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	143
Tabela 58 - Combinação F – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	143
Tabela 59 - Combinação F – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	144
Tabela 60 - Combinação G – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	144
Tabela 61 - Combinação G – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	145
Tabela 62 - Combinação G – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	145
Tabela 63 - Combinação H – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	145
Tabela 64 - Combinação H – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	146
Tabela 65 - Combinação H – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	146
Tabela 66 - Combinação I – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	146
Tabela 67 - Combinação I – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	147
Tabela 68 - Combinação I – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	147
Tabela 69 - Combinação J – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.	147
Tabela 70 - Combinação J – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.	148
Tabela 71 - Combinação J – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.	148
Tabela 72 - Combinação A - Objetivos do balanceamento para N=2 op.	149
Tabela 73 - Combinação A - Objetivos do balanceamento para N=1 op.	149
Tabela 74 - Combinação A - Objetivos do balanceamento para N=3 op.	149
Tabela 75 - Combinação B - Objetivos do balanceamento para N=3 op.	150
Tabela 76 - Combinação B - Objetivos do balanceamento para N=2 op.	150
Tabela 77 - Combinação B - Objetivos do balanceamento para N=4 op.	150
Tabela 78 - Combinação C - Objetivos do balanceamento para N=3 op.	151
Tabela 79 - Combinação C - Objetivos do balanceamento para N=2 op.	151
Tabela 80 - Combinação C - Objetivos do balanceamento para N=4 op.	151
Tabela 81 - Combinação D - Objetivos do balanceamento para N=3 op.	152
Tabela 82 - Combinação D - Objetivos do balanceamento para N=2 op.	152
Tabela 83 - Combinação D - Objetivos do balanceamento para N=4 op.	152
Tabela 84 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=3 op.	153
Tabela 85 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=2 op.	153
Tabela 86 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op.	153

Tabela 87 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	154
Tabela 88 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	154
Tabela 89 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	154
Tabela 90 - Combinação G - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	155
Tabela 91 - Combinação G - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	155
Tabela 92 - Combinação G - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	155
Tabela 93 - Combinação H - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	156
Tabela 94 - Combinação H - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	156
Tabela 95 - Combinação H - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	156
Tabela 96 - Combinação I - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	157
Tabela 97 - Combinação I - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	157
Tabela 98 - Combinação I - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	157
Tabela 99 - Combinação J - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	158
Tabela 100 - Combinação J - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	158
Tabela 101 - Combinação J - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	158
Tabela 102 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.....	159
Tabela 103 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.....	159
Tabela 104 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.....	160
Tabela 105 - Combinação E – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)	160
Tabela 106 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=3 op.....	161
Tabela 107 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=2 op.....	161
Tabela 108 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=4 op.....	162
Tabela 109 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=5 op.....	162
Tabela 110 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	163
Tabela 111 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	163
Tabela 112 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	163
Tabela 113 - Combinação E - Objetivos do novo balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)	164
Tabela 114 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=3 op.....	164
Tabela 115 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=2 op.....	164
Tabela 116 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=4 op.....	165
Tabela 117 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=5 op.....	165

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas e Abreviaturas

AA	Linhas de Produção de Tubos de Ar Condicionado
ACAP	Associação Automóvel de Portugal
ACEA	Associação Europeia dos Fabricantes de Automóveis
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
ALB	<i>Assembly Line Balancing</i>
BN	<i>Bottleneck</i>
BOM	<i>Bill-Of-Materials</i>
BSCS	<i>Base Stock Control System</i>
CONWIP	<i>Constant Work-In-Progress</i>
DA	Linhas de Produção de Direção Assistida
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
FTL	<i>Flux Tiré Lissé</i>
GCC	Gabarit de Controlo de Curvado
GCF	Gabarit de Controlo Final
GM	<i>General Motors</i>
IPS	<i>Instrução de Preparação Standard</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LT	<i>Lead Time</i>
MAN	Manual
MEGI	Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial
MP	Matéria-Prima
MTO	<i>Make to Order</i>
MTS	<i>Make to Stock</i>
N	Número mínimo de operadores
NOK	<i>Not OK</i>
OEE	Overall Equipmentt Effectiveness
OIT	Organização Internacional do Trabalho
op.	Operador
PCS	<i>Production Control System</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PDISE	Projeto/ Dissertação/ Estágio
PIB	Produto Interno Bruto
PIC	Plano Industrial Comercial
PREP	Áreas de Preparação
PRG	Postos de Solda
PSA	<i>Peugeot Société Anonyme</i>
PT	Postos de Embutição

QRQC	<i>Quick Response to Quality Control</i>
QTY	Quantidade
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
RPS	<i>Roadmap Problem Solving</i>
Ref.	Referência
5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
Sem	Semana
TC	Tempo de Ciclo
TNC	Tempo Não Cíclico
TOP	Tempo de Início e Fim de Ciclo
TPM	<i>Total Production Maintenance</i>
TPS	Toyota Production System
TT	<i>Takt Time</i>
Ttotal	Tempo total
UAP	Unidade Autónoma de Produção
UE	União Europeia
WC	<i>Work Content</i>
WIP	<i>Work-In-Progress</i>

Lista de Símbolos

\varnothing	Diâmetro	<i>mm</i>
D	Disponibilidade	%
E	Eficiência	%
Q	Qualidade	%
Σ	Somatório	—
T	Tempo	<i>s; h</i>

1. INTRODUÇÃO

A proposta de estágio consiste em apresentar uma solução que possibilite reduzir a elevada variabilidade da linha, assim como introduzir melhorias e reduzir possíveis desperdícios nos processos associados, indo ao encontro das necessidades do cliente. Para enquadrar a proposta referida, foi definida a questão e objetivos de investigação.

As principais áreas para o estudo relativas à capacidade da linha incidiram sobretudo na medição de tempos, no balanceamento de linhas e aplicação de métodos e ferramentas da melhoria contínua, realizado para dimensionar o número de peças produzidas (produtividade) e a eficiência da linha AA23.

1.1. Enquadramento e pertinência

Num contexto empresarial em constante evolução, as organizações operam em ambientes de crescente complexidade, tendo necessidade de desenvolver produtos diferentes e de melhor qualidade, assegurando compromissos temporais ainda mais exigentes (Priya et al., 2020).

Segundo Vieira et al. (2020), a indústria automóvel e de componentes representava 4% do Produto Interno Bruto (PIB) total nacional até 2020, o que indica a grande relevância deste setor. Sendo um mercado com forte presença concorrencial, fatores como o aumento da disponibilidade dos equipamentos tornam-se indispensáveis para permitir a resposta eficiente da organização ao cliente. Por outro lado, “A competitividade e a exigência da indústria automóvel requerem cada vez mais melhorias e a eliminação de desperdício” (Vieira et al., 2020, p. 1417). Assim, para os autores, as empresas presentes neste mercado, com áreas produtivas organizadas sobretudo sob a forma de linhas de montagem, vão ter em consideração a diminuição das perdas e dos níveis de desperdício nos seus processos.

São vários os casos descritos cujo objetivo passa por aumentar a eficiência e capacidade das linhas de produção, principalmente no setor em causa. Oliveira et al. (2019), num contexto de melhoria contínua de uma empresa de manufatura de componentes eletrónicos para automóveis, analisaram as linhas de produção, partindo para a diminuição dos desperdícios verificados e da variabilidade através da aplicação de ferramentas *Lean Production*, que contribuíram para o decréscimo dos tempos de ciclo e para o balanceamento das linhas em questão. Nesta firma, os resultados obtidos foram bastante positivos, manifestando-se através da redução do espaço ocupado em 22%, da redução do número de funcionários em 38%, e do aumento de produtividade em cerca de 50%, que culminou numa subida dos ganhos em aproximadamente 125 300 unidades monetárias por ano.

Também no âmbito da indústria automóvel, Azevedo et al. (2019) participaram num projeto associado à instalação de 7 linhas de produção finais e 7 linhas de pré-montagem, para avaliar como a redução do desperdício poderia ser alcançada no cenário produtivo. Concluiu-se que a eliminação de atividades desnecessárias e sem valor para o cliente, assim como a otimização dos postos de trabalho, resultaram em grandes poupanças, designadamente cerca de 10,9% do investimento inicial considerado para o projeto, ou seja, 2 159 000 €. Aqui novamente se teve como base o uso da filosofia *Lean Manufacturing* para a eliminação de desperdícios como sobreprocessamento, transportes, movimentos desnecessários, entre outros.

Priya et al. (2020) analisaram a implementação de *Lean Six Sigma* numa fábrica de montagem de automóveis com o objetivo de eliminar atividades que não acrescentassem valor ao processo, utilizando estratégias como DMAIC, ou seja, *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*, para detetar e analisar os problemas e defeitos verificados, assim como técnicas de *Root Cause Analysis* (RCA) para determinar a origem dos mesmos. Neste estudo, as atividades improdutivas e os defeitos foram satisfatoriamente reduzidos e a qualidade dos produtos melhorada.

Já Antonioli et al. (2017) analisaram a aplicação da metodologia *Standard Work*, suportada pela filosofia *Lean* e *Kaizen*, numa linha de produção de uma empresa do setor automóvel. Os principais objetivos do trabalho efetuado eram a padronização de operações, assim como a eliminação de atividades sem valor acrescentado e a redução do desperdício através da implementação de ações de melhoria contínua, promovendo o aumento da produtividade. Neste trabalho, após implementação das ações referidas, foi possível definir a capacidade da linha produtiva, sendo verificados aumentos da eficiência dos colaboradores e das máquinas. Ultimamente, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) inclusivamente aumentou, em média, de 70% para 86%.

Ao analisar os vários casos descritos, torna-se evidente a validade da aplicação de ferramentas *Lean* e de melhoria contínua no sentido de elevar a capacidade produtiva de linhas de montagem de diversos componentes para a indústria automóvel. De forma semelhante, verifica-se que os resultados derivados da aplicação destas ferramentas foram muito positivos, o que legitima ainda mais a sua utilização.

O presente trabalho é desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Projeto/ Dissertação/ Estágio (PDISE), lecionada no Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial (MEGI) no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

A proposta de trabalho tem como base a otimização da linha AA23 da empresa de estágio, dedicada à produção de componentes para direção assistida e para sistemas de ar condicionado para o setor automóvel. O problema em causa consiste nos elevados níveis de desperdício e de variabilidade da linha de produção de tubos flexíveis para sistemas de ar condicionado destinados à indústria automóvel, o que se reflete na baixa eficiência da linha, contribuindo para a diminuição da produtividade da empresa.

A dissertação de mestrado derivou de um estágio curricular presencial, com a duração de 6 meses (fevereiro de 2021 a julho de 2021), que teve lugar numa empresa integrada no setor automóvel e localizada no distrito do Porto. Para a realização do projeto, existiu a integração no departamento de melhoria contínua da organização, sendo os dados utilizados ao longo do estágio recolhidos nesta e fornecidos pelos vários departamentos da empresa.

1.2. Questão e objetivos de investigação

Considerando o problema de investigação apresentado e a solução que para ele se identifica, enuncia-se a seguinte questão de investigação: de que forma se podem aplicar ferramentas de melhoria contínua para diminuir o desperdício e a variabilidade dos processos ao longo da linha de produção, no sentido de atingir os níveis de produtividade pretendidos?

Para responder à questão de investigação, define-se o seguinte objetivo geral: análise dos processos da linha de produção da empresa de fabrico de tubos flexíveis para sistemas de ar

condicionado em estudo e aplicação integrada de ferramentas de melhoria contínua e *Lean* na linha, para a otimização da sua capacidade produtiva.

Para a concretização do objetivo geral, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o estado atual da linha de produção e dos processos associados (com a coleção dos tempos de execução das operações da mesma);
- Construir o *layout* e o fluxo produtivo da família de produtos da linha de produção;
- Definir a capacidade produtiva da linha;
- Analisar os dados obtidos após o estudo efetuado;
- Analisar o(s) *bottleneck(s)* (BN) e aplicar ferramentas *Lean* e de melhoria contínua para otimizar o processo.
- Comparar a eficiência e o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) inicial da linha com o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) da linha no final do estágio e verificar os resultados obtidos.

1.3. Opções metodológicas

A nível da metodologia adotada, esta envolve a realização inicial de uma revisão bibliográfica exaustiva referente ao tema. A nível prático, o início do trabalho desenvolvido consiste em ações como a recolha de dados dos processos existentes na empresa, assim como a observação presencial e acompanhamento dos mesmos no chão de fábrica. A compreensão das operações base efetuadas que constituem as atividades de criação de valor acrescentado da empresa e que representam o know-how da empresa são essenciais para melhor conhecer os produtos finais desenvolvidos.

Com base nos conhecimentos previamente adquiridos, torna-se necessário o mapeamento dos processos da linha em estudo e a análise da situação atual. Em primeiro lugar, procedeu-se à análise das referências produzidas na linha, formando-se famílias de produtos com fluxos produtivos semelhantes. De seguida, partiu-se para a construção do fluxo produtivo para cada família formulada, tendo por base o *layout* da linha AA23. Identificaram-se também os possíveis *bottlenecks*, assim como o número mínimo de operários para a produção das referências de cada família. Posteriormente, partiu-se para a realização de um estudo de tempos e métodos, que exigiu a medição dos tempos requeridos para a produção das referências de cada uma das famílias.

Finalmente, optou-se pela aplicação de ferramentas de melhoria contínua a vários níveis, e pela apresentação de soluções e propostas de otimização do ambiente de produção, no sentido de diminuir a variabilidade e os desperdícios verificados ao longo da linha AA23.

1.4. Apresentação da empresa

O estágio curricular que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho decorreu na empresa Hutchinson (Porto) - Tubos Flexíveis, localizada na Rua Central da Ribeira 1820, 4440-031 em Campo, Valongo, tendo a organização instalações localizadas na Zona Industrial de Gandra e na Zona Industrial de Campo, no concelho de Valongo.

Fundada há mais de 160 anos pelo empresário americano Hiram Hutchinson, o Grupo Hutchinson começou a sua atividade com uma fábrica de produção na cidade francesa de *Châlette-sur-Loing* em 1853, iniciando a sua expansão para outros países a partir de 1860. A sua crescente popularidade e aposta na diversificação contribuiu para o crescimento do grupo e permitiu o

acompanhamento do mesmo face aos restantes concorrentes. Deste modo, este conseguia satisfazer até os requisitos mais específicos dos seus clientes, devido às suas múltiplas áreas de intervenção e conhecimento. Atualmente, o Grupo Hutchinson conta com uma presença mundial, com cerca de 40 000 colaboradores, distribuídos em 25 países. Com lucros avaliados em cerca de €3.800 milhares de milhões em 2020, está envolvido numa grande variedade de mercados de grande exigência, desde o mercado automóvel até ao mercado aeroespacial e de defesa, integrando também mercados como o da energia, caminhos de ferro e indústria. É líder em áreas de controlo de vibração, de gestão de fluidos e de tecnologias de vedação (Hutchinson, 2021).

Em Portugal, a empresa *Vincke Tubos Flexíveis, Lda.*, fundada em 1992, produzia tubos hidráulicos para travões de automóveis. No entanto, em 1996, foi adquirida pelo Grupo Hutchinson, subsidiária do grupo, e passou a integrar a Atividade de Transferência de Fluidos do Grupo. Transitou-se também para a produção de tubos hidráulicos de direção assistida e de alta pressão a partir de 1997, sendo a designação da empresa convertida para HUTCHINSON Porto, Sociedade Unipessoal, Lda em 2002. Em 2004, a capacidade produtiva foi aumentada, à semelhança dos produtos a fabricar, com destaque para a capacidade de produção de tubos flexíveis de ar condicionado. Atualmente, a empresa emprega cerca de 800 colaboradores, tendo como clientes grandes marcas da indústria automóvel, como (HSE, 2018).

- *Peugeot Société Anonyme (PSA)*;
- *Renault-Nissan*;
- *Daimler*;
- *Ford*;
- *General Motors (GM)*.

A visão da Hutchinson é “to contribute to the mobility of the future”, ou seja, consiste em contribuir para a mobilidade do futuro através da inovação e desenvolvimento das áreas de *expertise* da empresa, mantendo simultaneamente o foco em atingir a excelência operacional (Hutchinson, 2021).

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em 5 capítulos e iniciou-se pela introdução do tema, com a apresentação da proposta de estágio, enquadrada pela questão e objetivos de investigação definidos. Faz-se também uma abordagem geral às opções metodológicas, com as principais áreas para o estudo a incidirem sobretudo na medição de tempos, no balanceamento de linhas e aplicação de métodos e ferramentas da melhoria contínua, realizado para dimensionar o número de peças produzidas (produtividade) e a eficiência da linha AA23.

De seguida, no capítulo 2, partiu-se para a revisão bibliográfica, onde se procedeu a uma exposição teórica dos temas necessário, nomeadamente a nível da análise do setor automóvel, do conceito de *Lean* e das ferramentas associadas, do balanceamento de linha, entre outros temas relevantes.

Posteriormente, foi realizada a componente prática do trabalho. Assim sendo, numa primeira fase foi necessário conhecer a organização e o seu modelo de negócio, assim como compreender melhor os processos associados à produção de cada artigo e as operações base inerentes aos mesmos. Partiu-se depois para a análise exaustiva da linha AA23. Seguidamente, iniciou-se o procedimento

necessário para o balanceamento da linha para N, N-1 e N+1 operadores por combinação, tendo em consideração o TT e na implementação de melhorias. No final, foi realizada uma análise da capacidade da linha a nível global, de forma a comparar os resultados obtidos após os balanceamentos. Outras alterações efetuadas assentaram sobretudo na atualização e melhoria do *layout* da linha AA23, assim como a implementação de um quadro CONWIP para a gestão das áreas de preparação da linha. Para aumentar a robustez dos processos, foram também feitas várias alterações a vários níveis, na linha e nas áreas de preparação.

No capítulo 4, realizou-se a análise dos resultados obtidos após o balanceamento da linha, a melhoria de *layout*, a aplicação do quadro CONWIP e das restantes ações de melhoria na área aplicadas. Foi, portanto, analisada a capacidade da linha e produtividade associadas, sendo considerados sobretudo dois indicadores, designadamente: a eficiência da linha e, de forma associada, o OEE calculado através dos dados disponibilizados pela organização.

Finalmente, na conclusão, capítulo 5, foi sumarizada a metodologia adotada para o alcance dos objetivos pretendidos, com uma apresentação sintética dos resultados obtidos relativamente ao conjunto de melhorias aplicadas. Foram também consideradas algumas das limitações existentes e propostas para trabalhos futuros.

No final, foram considerados vários anexos que contribuiram para a validação do trabalho descrito ao longo deste documento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo deste capítulo, procedeu-se a uma exposição teórica dos temas necessários para suportar a componente prática do trabalho em causa. Como tal, foi realizada uma breve contextualização histórica da indústria automóvel, seguida de uma breve análise do estado atual do setor automóvel e a setores associados. Partiu-se de seguida para a análise do conceito *Lean* e para o estudo aprofundado desta filosofia e das ferramentas associadas. Foi também realizada uma análise das técnicas para o balanceamento de linhas e acerca da aplicação de sistemas de controlo de produção, como o CONWIP.

2.1. História e Desenvolvimento da Indústria Automóvel

De acordo com Womack et al. (2007), a indústria automóvel partiu de uma encomenda de um carro à empresa *Panhard et Levassor*, localizada em Paris, que se dedicava à produção de ferramentas para máquinas. Uma encomenda foi suficiente para motivar a crescente manufatura destes veículos. Esta tendência levou a que a organização chegasse mesmo a ser a empresa líder em produção de carros em 1984, ainda que hoje esta seja apenas recordada pelas suas coleções de carros clássicos. Este movimento levou à expansão da organização, bem com ao aparecimento de diversos outros concorrentes. No entanto, mesmo com a integração do conceito de “produção em massa”, posterior à I Guerra Mundial, a maioria dos competidores continuava a caracterizar-se por uma produção artesanal, focando-se sobretudo em pequenos nichos de mercado. De modo semelhante, os elevados custos de produção não eram reduzidos com o volume, intensificando a premissa de que apenas os mais ricos poderiam ter acesso a este tipo de produto. Com o trabalho artesanal, também não existia uniformidade ou viabilidade entre os carros fabricados, o que contribuía para a má qualidade dos mesmos.

Também segundo Womack et al. (2007), Henry Ford aproveitou esta oportunidade para implementar uma nova ideia de produção, que consistia em resolver os problemas relativos à produção artesanal através da implementação de novas técnicas que permitissem uma grande redução de custos, em detrimento de uma melhor qualidade, através da aplicação do conceito de *Mass Production*. Assim, ocorre a transição do público-alvo deste produto, de um segmento mais exclusivo para um conceito mais “familiar” e abrangente. O sistema da *Ford* assentava em fatores como a permutabilidade, a simplicidade e a facilidade de conexão dos sistemas produzidos, de forma a ampliar a eficiência dos processos, reduzindo os custos associados. No entanto, a produção em massa, tendência iniciada nos Estados Unidos e que eventualmente se alargou à Europa, acabou também por entrar numa fase de estagnação. Simultaneamente, no Japão, era construída uma “nova e melhor forma de fazer as coisas” (Womack et al., 2007, p. 226), designada por *Lean Production*.

2.2. Setor Automóvel em Portugal e no Mundo

O setor automóvel apresenta relevância singular quando comparado com outras indústrias, refletindo um volume anual de negócios equivalente à sexta maior economia do mundo em 2020. Em 2017, o emprego diretamente relacionado com este tipo de indústria estava estimado em aproximadamente 14 milhões de colaboradores (OIT, 2020).

No entanto, segundo dados da OIT (2020), ou seja, da Organização Internacional do Trabalho, o início da pandemia mundial da COVID-19 surtiu um forte impacto na indústria automóvel a nível global. Apenas em 2020, é previsto que o encerramento de fábricas na Europa e na América do Norte tenha levado à eliminação de cerca de 2,5 milhões de veículos de passageiros do planeamento da produção, com uma consequente perda de receitas de 77,7 mil milhões de dólares para as empresas de produção de automóveis e de peças. Para a Associação Europeia dos Fabricantes de Automóveis (ACEA), a venda total de veículos novos na União Europeia (UE) em janeiro e fevereiro de 2020 foi de menos 7,4%, em comparação ao mesmo período do ano anterior, tal como se pode observar através da Figura 1. No mesmo sentido, a venda de veículos na China reduziu para cerca de 92 % na primeira quinzena de fevereiro de 2020, estando na altura prevista a descida das vendas de veículos em 2,9% no país em 2020.

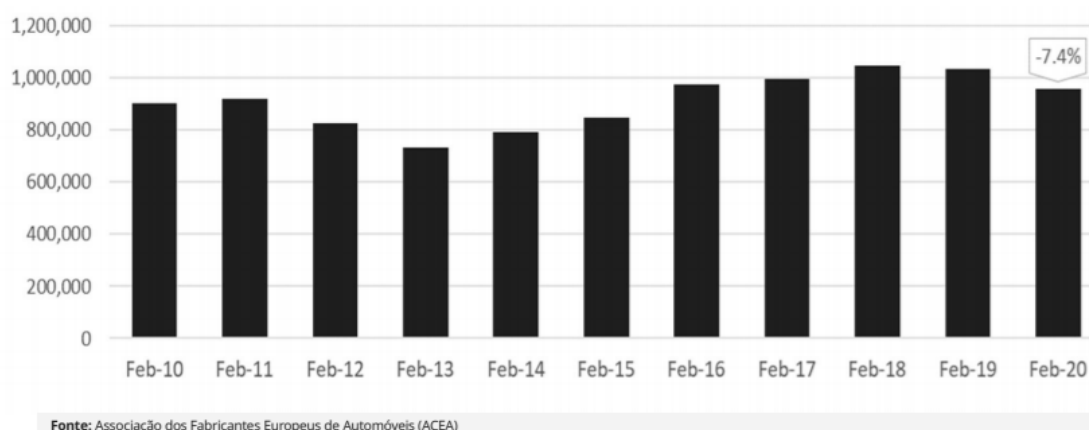


Figura 1 - Venda de automóveis de passageiros na EU de 2010 a 2020 segundo a ACEA (fevereiro de cada ano) (OIT, 2020)

Tendo por base informações fornecidas pela AFIA (2021), designadamente, da Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel, o peso desta indústria é também muito significativo no tecido empresarial português. Para o comprovar, recorreu-se à utilização de dados da associação relativos ao ano de 2020. Estas informações encontram-se sintetizadas na Figura 2.

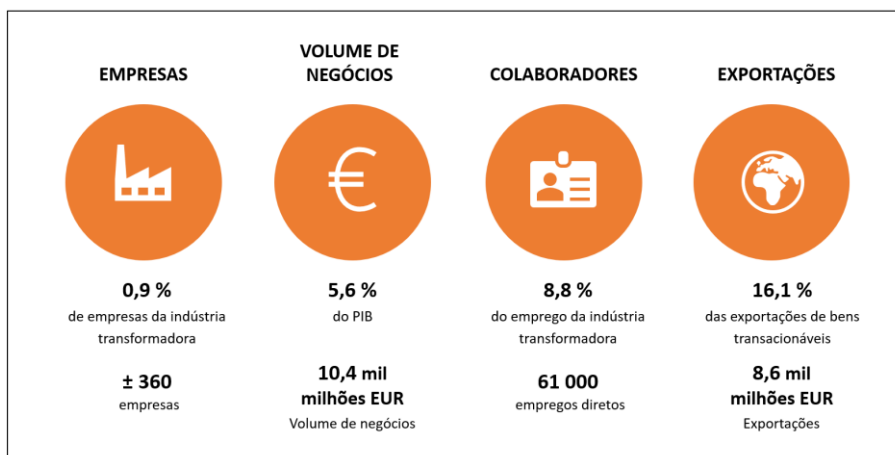


Figura 2 - Peso da Indústria de Componentes de Automóveis na Economia Nacional (AFIA, 2021)

De acordo com a associação, este setor representou cerca de 0,9 % das empresas da indústria transformadora, o que se traduziu em mais ou menos 360 empresas. Já o número de colaboradores corresponde a 8,8% do emprego associado à indústria transformadora, contabilizando um total de 61 000 empregos. Quanto ao volume de negócios, este assumiu um valor de 5,6 % do PIB, ou seja, a 10,4 mil milhões de euros. Finalmente, as exportações relativas a bens transacionáveis foi de cerca de 16,1 %, o que corresponde a 8,6 mil milhões de euros (AFIA, 2021).

No entanto, à semelhança dos restantes países, as consequências da pandemia em Portugal também foram evidentes. De acordo com a ACAP et al. (2021), ou seja, a Associação Automóvel de Portugal, foi possível observar que, de janeiro a março de 2021, foram matriculados em Portugal menos 31,5% veículos ligeiros de passageiros do que no período equivalente de 2020.

Assim, no sentido de mitigar os efeitos da pandemia, várias medidas têm sido formuladas e aplicadas a nível mundial (OIT, 2020). Face aos inúmeros desafios que este setor enfrenta, é essencial continuar a evoluir e melhorar, para que os obstáculos possam ser ultrapassados e para que este setor mantenha a sua representatividade no panorama económico e social.

2.3. *Lean Thinking*

De acordo com Liker (2004), conceito de *Lean Thinking* “nasceu” no Japão, e mais particularmente, na Toyota. Em 1949, a empresa de fabrico de automóveis tinha tido drásticas quebras nas vendas, o que provocou o seu declínio, retratado sob a forma de despedimentos, greves e demissões. Para mudar o rumo da empresa, Eiji Toyoda e Taichi Ohno juntaram-se e contribuíram para a criação do que eventualmente se viria a chamar de *Toyota Production System* (TPS), e ultimamente, *Lean Production*. Na opinião dos autores, a *Lean Production* representava uma melhor forma de gerir relações comerciais, assim como a cadeia de abastecimento, o desenvolvimento do produto e as operações produtivas, em comparação com as estratégias de produção em massa habitualmente seguidas por outras empresas, no mesmo período. Para o autor, a *Toyota Way*, referente ao funcionamento da Toyota, pode ser sintetizada por dois pilares principais: *Continuous Improvement* e *Respect for People*. *Continuous improvement* ou Melhoria Contínua, também conhecida por *kaizen*, define a abordagem da empresa. Assim, o verdadeiro valor da melhoria contínua é a criação de uma cultura de aprendizagem contínua e de um ambiente que promove a mudança.

Assim, surge uma metodologia, denominada *Lean Thinking*, cujo foco é eliminar o *Muda*, ou seja, o desperdício, associado a atividades que consumiam recursos, mas que não criavam valor para a organização (Womack & Jones, 2003). Para Womack & Jones (2003, p. 15), o *Lean Thinking* “providencia uma forma de especificar valor, alinha ações de criação de valor na melhor sequência, conduzir estas atividades sem interrupção sempre que alguém as solicita, e efetua-las cada vez mais eficiente”.

Assim, *lean* representa uma forma de fazer mais com menos, fornecendo exatamente o que cliente pretende, concluindo-se assim que a metodologia *Lean Thinking* poderia ser sintetizada através de 5 princípios (Cristóvão, 2014; Womack & Jones, 2003):

1. **Especificar valor para um dado produto**, incluindo apenas as características que o cliente pretende para evitar desperdícios;

2. **Identificar o fluxo de valor (*value stream*) para cada produto**, constituído por todas as operações necessárias para a realização de determinado produto ou serviço, desde o seu desenvolvimento até a entrega no cliente;
3. **Criar um fluxo de valor sem interrupções**, promovendo a existência de uma sequência contínua, com tempos de espera e níveis de stock reduzidos;
4. **Deixar o cliente “puxar” valor desde o produtor**;

A necessidade de “puxar” valor desde o cliente está associada à diferença entre a existência de um sistema *pull* ou de um sistema *push*.

Sistema *Pull* e Sistema *Push*

Quando se está perante um sistema *pull*, a produção inicia-se apenas quando existe um pedido por parte do cliente, enquanto no caso de um sistema *push*, a produção é “empurrada” desde a origem até ao cliente (Cristóvão, 2014). Os sistemas referidos têm múltiplas diferenças, que estão demonstradas na Figura 3:



Figura 3 - Sistema *Pull* e Sistema *Push* (Cristóvão, 2014)

5. **Procurar a perfeição**, com a aposta na melhoria contínua dos processos e na redução do desperdício.

A compreensão destes princípios amplificava ao máximo o uso de técnicas *Lean*, permitindo a sua aplicação de uma forma integrada. Como já havia sido referido, a eliminação do desperdício é um dos principais focos desta temática. Desta feita, ainda que existam vários tipos de *Muda*, Taiichi Ohno foi capaz de destacar sete tipos de desperdício primários (Womack & Jones, 2003).

Na Tabela 1, procede-se à caracterização de cada um desses desperdícios:

Tabela 1 - Os sete desperdícios *Lean* (Sivaraman et al., 2020)

Desperdício	Descrição
Produção em excesso	Fornecer mais do que o cliente pede e/ou produzir antes de o produto ser requisitado. Pode dar origem a outros desperdícios, como à existência de inventário, de tempos de espera, entre outros. Pode também existir a danificação do produto em causa, caso se trate de produtos perecíveis, por exemplo.
Defeitos	Deformidades físicas que implicam o retrabalho ou, ultimamente, a rejeição dos produtos. Normalmente causam o desperdício de material e de trabalho, podendo também provocar a alteração do planeamento efetuado, a paragem da atividade produtiva, a existência de tempos inativos nos postos de trabalho, entre outros.
Inventário	Quantidades significativas de matéria-prima, <i>Work-In-Process</i> (WIP) e produto acabado. Níveis de stock elevados normalmente resultam num maior consumo de espaço, assim como em custos adicionais de financiamento e de capacidade e em taxas de deformidade superiores. Simultaneamente, impede a deteção de problemas ao longo do processo.
Transportes	Qualquer tipo de desenvolvimento do material que não contribua para o aumento efetivo do valor do produto, tal como o transporte do mesmo entre postos de trabalho. Resulta no aumento da duração dos processos, assentando frequentemente na incorreta utilização do trabalho e do espaço.
Tempos de espera	Tempo inerte ou desperdício de tempo de trabalho dos operadores ou das máquinas, devido à existência de “estrangulamentos” no processo (<i>bottlenecks</i>). Refere-se à utilização inadequada do tempo.
Movimentos desnecessários	Movimentos físicos desnecessários, extra às operações do processo. Pode estar associado, por exemplo, à movimentação pela fábrica com o objetivo de procurar determinado equipamento ou ferramenta. Pode também estar relacionado com movimentos e posições ergonomicamente incorretas.
Sobreprocessamento	Maior preparação e processamento dos produtos face às exigências do cliente. Um exemplo evidente deste desperdício ocorre quando se procede à limpeza ou pintura de certas zonas do produto que não são vistas pelo cliente.

Os vários desperdícios apresentados relacionam-se e influenciam-se mutuamente, tal como foi salientado ao longo da tabela anterior. Com o tempo, foi contabilizado um oitavo desperdício *lean*, designadamente, a desconsideração das capacidades e conhecimentos dos colaboradores (Gładysz et al., 2020). Conforme os tipos de desperdício verificados, diferentes ferramentas e técnicas *Lean* podem ser utilizadas para os mitigar.

2.3.1. Casa do TPS

Mesmo atualmente, o TPS continua a ser o melhor exemplo da aplicabilidade dos processos *lean*. Como tal, recorreu-se à esquematização dos vários conceitos que sustentam o TPS.

Surgiu assim a Casa do TPS ou *TPS House*, presente na Figura 4:



Figura 4 - Casa do TPS (Liker & Morgan, 2006)

Para Liker & Morgan (2006), o TPS foi representado sob a forma de uma casa, como um sistema cujo sucesso depende do funcionamento de cada uma das suas componentes. Assim, caso os pilares ou as fundações da casa estejam fragilizados, isso vai contribuir para a instabilidade da casa e do sistema em questão. Na sua versão mais simples, a casa é constituída pelas seguintes variáveis, incluídas no vasto número de ferramentas e metodologias *lean*:

- ***Just-in-Time;***
- ***Jidoka (In-station quality);***
- ***Heijunka (Leveled Production);***
- ***Stable and Standardized Processes;***
- ***Envolvimento das pessoas através do Kaizen.***

Just-In-Time

Para Liker & Morgan (2006), o conceito *Just-In-Time* consiste essencialmente na manutenção de um fluxo de material rápido e contínuo ao longo dos processos, fazendo com que determinada peça esteja no local certo, no momento certo. A nível prático, pode-se aplicar este conceito, por exemplo, a uma produção em célula, em que a peça vai sendo submetida a várias operações sem que exista interrupção (*One Piece Flow*). Este tipo de situação, ainda que ideal, pode não ser aplicável em alguns casos, podendo inclusivamente ser necessária a paragem do fluxo produtivo

para conectar dois processos distintos. Um exemplo disso ocorre no caso de uma máquina que fabrique em lotes entre a realização de *setups*, e que, portanto, não pode ser integrada numa célula produtiva.

Considerando o último caso referido, nestas circunstâncias pode-se recorrer ao uso de um “supermercado”, que vai conter um determinado nível de inventário, de forma a assegurar que o processo decorra continuamente. O abastecimento do “supermercado” pode ser feito através do método *kanban* (Liker & Morgan, 2006). Com o significado de cartão ou sinal, o método *kanban* contribui para a gestão dos stocks ao longo da cadeia de abastecimento, acompanhando e informando acerca do estado dos produtos a cada momento (Sivaraman et al., 2020). Este método vai então fornecer as instruções do cliente, ativando o reabastecimento do “supermercado” sob a forma de um sistema *pull*, repondo exatamente o material que foi consumido. Pode também ser aplicado para o controlo dos níveis de matéria-prima, relativos ao início do processo (Sivaraman et al., 2020).

Jidoka

Segundo Liker & Morgan (2006), o conceito de *Jidoka* representa a “máquina com inteligência humana”, empregue para detetar a variação de um determinado padrão ou *standard*, procedendo-se à interrupção intencional do processo de forma a conter a anomalia no momento, evitando a chegada de produtos com defeito ao cliente. Ocorre quando um operador opta por parar o processo e sinaliza essa ação através do acionamento de sinais visuais ou sonoros (como luzes *andon*), com o objetivo de avisar da paragem e de solicitar ajudar para a resolução do problema. Com a deteção das falhas no momento em que estas ocorrem, o conceito de *Jidoka* vai também contribuir para a melhoria contínua dos processos e sistemas analisados.

Heijunka e Standardized Processes

Neste caso, Liker & Morgan (2006) concluíram que conceitos como *Heijunka* e *Standardized Processes* constituem as fundações da casa do TPS, sendo essenciais para o sucesso da aplicação das restantes técnicas. *Heijunka* significa nivelamento, sendo o objetivo o de criar uma corrente de pedidos nivelada, assim como uma carga de trabalho nivelada. Se estas condições estiverem reunidas, criam-se oportunidades para a criação de *Standardized Processes*, ou de processos *standard*. Para os autores, o balanceamento da carga de trabalho é também essencial para determinar o nível de inventário dos “supermercados”, prevenindo a existência de paragens do processo por falta de material. Por outro lado, se os processos não decorrerem de uma forma *standard*, torna-se difícil obter resultados positivos ao aplicar o conceito de *just-in-time*.

Ainda assim, segundo Gomes et al. (2013), as empresas normalmente optam pela aplicação inicial de outra ferramenta *lean*, designadamente, os 5S, uma vez que esta ferramenta define as fundações para o sistema de produção *lean*. Para os autores, esta metodologia tem um impacto positivo na produtividade e bem-estar das organizações e está assente na sequência de cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*.

De forma associada, surge a metodologia *lean 6S*, que compreende a junção da metodologia 5S com segurança (5S + *Safety*) (Sukdeo, 2017). O conceito de 5S foi então expandido para 6S de forma a incluir a sensibilização para a segurança.

Esta metodologia pode ser implementada em qualquer tipo de indústria ou negócio e vai promover a melhoria dos processos produtivos, da qualidade e da segurança, contribuindo para a prática de uma cultura de melhoria contínua (Dhouchak, 2017). Para Dhouchak (2017) e Gomes et al. (2013), a descrição de cada um dos 6S pode ser descrita da seguinte forma:

1. *Seiri ou Sorting*: significa organização e consiste na remoção de todos os materiais e objetos desnecessários do posto de trabalho;
2. *Seiton ou Set in Order*: traduz-se na arrumação ou ordenação, existindo um local definido para cada objeto. Assenta na otimização do fluxo produtivo, obtida através da simplificação do acondicionamento de ferramentas e equipamentos no posto e da minimização dos movimentos do colaborador.
3. *Seiso ou Shine*: significa limpeza e contribui para a manutenção do bom estado do posto de trabalho, devendo ser praticado de forma regular e sistemática;
4. *Seiketsu ou Standardize*: corresponde a *standardização* ou padronização e pressupõe a normalização dos processos definidos nos pontos anteriores;
5. *Shitsuke ou Sustain*: significa disciplina, baseando-se em manter e cumprir as fases anteriores do processo.
6. *Safety*: constituindo o principal passo dos 6S, corresponde à condição de estar protegido do perigo e traduz-se na aplicação de políticas e proteções e equipamentos de segurança, que asseguram a segurança dos colaboradores face a qualquer risco de acidente no posto de trabalho. Assim, é necessário garantir a presença e a manutenção regular deste tipo de equipamentos no local de trabalho.

Para Bititci et al. (2016), metodologias como os 5S ou os 6S dão o primeiro passo para a criação de um posto de trabalho visual, para que tudo seja identificado e perceptível de forma rápida. Esta abordagem está diretamente associada à ferramenta de **gestão visual** como um método de comunicação eficiente no chão de fábrica. A nível prático, o uso de técnicas visuais vai permitir a partilha de informação, de controlo e de responsabilidade entre os colaboradores, facilitando a execução de tarefas regulares, promovendo uma prática de melhoria contínua e evitando deficiências na comunicação, tal como descrito na Figura 5:

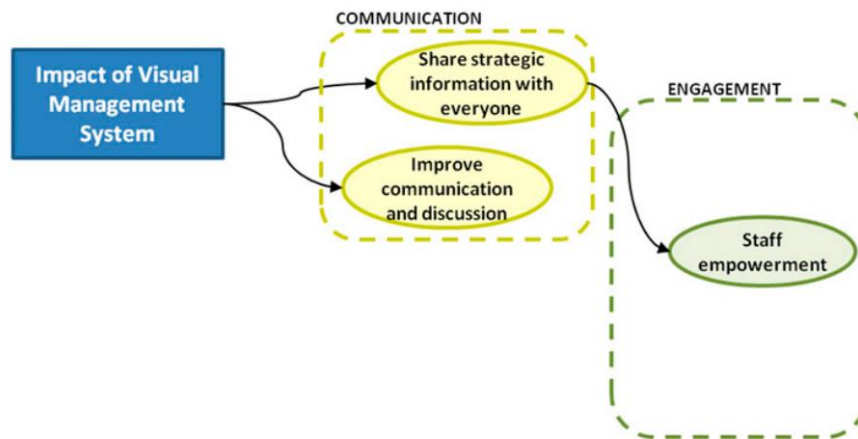


Figura 5 - Mapa de influência da aplicação de gestão visual

Envolvimento das pessoas através do Kaizen

Ainda que seja fundamental num sistema *Lean*, para Liker & Morgan (2006), o conceito de *Kaizen* é raramente aplicado num contexto de verdadeira melhoria contínua nas organizações. Assim como a diminuição do inventário faz sobressair gradualmente as falhas existentes nos processos e a aplicação de *Jidoka* acarreta a paragem voluntária dos processos quando os problemas são identificados, o envolvimento das pessoas é essencial para o sucesso das restantes técnicas aplicada. Uma vez que a deteção dos problemas vai ser efetuada pelas pessoas, é essencial que as estas estejam capacitadas e motivadas para os resolver da forma mais rápida possível, de forma a não prejudicar a eficiência do processo.

2.3.2. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Uma das métricas principais consideradas nos ambientes de produção em massa é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), introduzido por Nakajima em 1988, no âmbito do *Total Production Maintenance* (TPM) (Ron & Rooda, 2006). O OEE é constituído por três índices: Disponibilidade (D), Eficiência (E) e Qualidade (Q). Este pode ser calculado através da Equação (1):

$$OEE(\%) = D(\%) \times E(\%) \times Q(\%) \quad (1)$$

Para contextualizar os três elementos do OEE, segundo Ron & Rooda (2006), é possível recorrer à Tabela 2. Nesta, estão também descritas as principais causas da de perda de eficiência dos equipamentos, associadas a cada uma das três componentes do OEE.

Tabela 2 - Índices considerados no cálculo do OEE (Ron & Rooda, 2006)

Índices (%)	Descrição	Perdas Associadas
Disponibilidade (D)	Rácio entre o tempo em que se esteve efetivamente a produzir e o tempo disponível para produção.	Perdas relacionadas com avarias e atividades de setup.
Eficiência (E)	Rácio entre o tempo de produção ideal obtido e o tempo de operação.	Pausas relacionadas com avarias temporárias ou de curta duração e perdas de velocidade.
Qualidade (Q)	Rácio entre o número de unidades produzidas após retirar unidades defeituosas e o número de unidades produzidas.	Pausas relacionadas com sucata ou retrabalhos e falhas no arranque.

Para o cálculo da disponibilidade, é possível recorrer à Equação (2):

$$D(\%) = \frac{\text{Tempo Disponível} - \text{Tempo de Paragem}}{\text{Tempo Disponível}} \quad (2)$$

Para o cálculo da eficiência, é aplicada a Equação (3):

$$E(\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Unidades Produzidas}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (3)$$

Para o cálculo da qualidade, utiliza-se a Equação (4):

$$Q(\%) = \frac{\text{Unidades Produzidas} - \text{Unidades Defeituosas}}{\text{Unidades Produzidas}} \quad (4)$$

2.3.3. Balanceamento de linhas de montagem

Muitas vezes aliada à aplicação da filosofia *Lean*, realiza-se o balanceamento das linhas de produção ou de montagem. O termo *Assembly Line Balancing* (ALB) ou Balanceamento de Linha de Montagem consiste normalmente no processo de decisão de atribuir tarefas a postos de trabalho de forma equilibrada num sistema de produção em série, desde o fornecimento de matéria-prima até ao fabrico do produto final. Sendo uma técnica de otimização de operações de pesquisa, acaba por revelar grande importância para o sistema *Lean* em contexto industrial (Kumar & Mahto, 2013).

Segundo Kumar & Mahto (2013), *Line Balancing* consiste no nivelamento da carga de trabalho ao longo dos processos numa célula ou fluxo de valor, no sentido de remover *bottlenecks* ou excesso de capacidade. A nível prático, a restrição do processo pode atrasar o processo, enquanto a capacidade em excesso pode resultar em esperas e na absorção de custos fixos. Pretende-se assim obter o balanço mais eficiente das capacidades e fluxos dos processos produtivos.

Associados a esta temática, existem vários modelos, que variam de acordo com o tipo e variabilidade dos produtos desenvolvidos na linha de montagem. Estes são descritos na Tabela 3:

Tabela 3 - Modelos de Linha de Montagem (Kumar & Mahto, 2013)

Conceito	Descrição
Single-Model Assembly Line	Inicialmente, ocorria quando existia um elevado nível de produção de um único produto. Com a integração de <i>setups</i> automatizados surgiu o <i>Single Model Line</i> , que ocorre quando o produto é montado na mesma linha e o tempo de <i>setup</i> é invariável ou pouco significativo.



(a) Single Model Assembly Line

Figura 6 - *Single-Model Assembly Line*

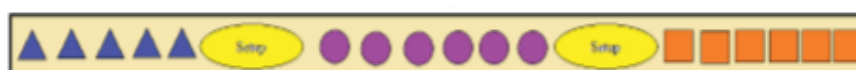
Mixed-Model Assembly Line	Consiste numa linha de montagem na qual os colaboradores trabalham em diferentes modelos de produtos. Neste caso, o tempo de <i>setup</i> entre modelos é também pouco significativo.
----------------------------------	---



(b) Mixed Model Assembly Line

Figura 7 - *Mixed-Model Assembly Line*

Multi-Model Assembly Line	Aplica-se quando a uniformidade dos produtos ou do sistema produtivo é insuficiente para a atingir os níveis de produção pretendidos. Para reduzir os custos e o tempo consumido, a produção decorre em <i>batches</i> , sendo formados grupos através de problemas de dimensionamento de lote.
----------------------------------	---



(c) Multi Model Assembly Line

Figura 8 - *Multi-Model Assembly Line*

Podem ser considerados vários aspetos ao analisar uma linha de montagem, designadamente, os modelos aplicáveis, o tipo de controlo da linha, o nível de automação, o tipo de negócio entre outros (Kumar & Mahto, 2013). Associados, existem também múltiplos conceitos associados a esta temática, tais como os presentes na Tabela 4:

Tabela 4 – Conceitos importantes no balanceamento de linha (Cristóvão, 2014; Kumar & Mahto, 2013)

Conceito	Descrição
Cycle Time ou Tempo de Ciclo (TC)	Tempo máximo consumido por posto de trabalho. Associa-se ao <i>bottleneck</i> (“estrangulamento”) no processo, que corresponde ao tempo de maior operação, tal como se pode observar na Equação (5).
	$TC(s) = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Unidades requeridas}} \quad (5)$
Takt Time (TT)	Definição do ritmo de produção, tal como se pode observar na Equação (6).
	$TT(s) = \frac{(\text{Tempo Efetivo de Trabalho} - \text{Tempo Paragens}) \times 60}{\text{Volume médio diário}} \quad (6)$
Lead Time (LT)	Soma dos tempos de produção ao longo da linha, como se pode observar na Equação (7).
	$LT(\text{dias}) = (\text{Dia de expedição do produto} - \text{Dia de chegada da matéria} - \text{prima}) \quad (7)$
Idle Time (IT)	Período de tempo em que o sistema não está a ser totalmente usado, ainda que seja totalmente funcional.
Número Mínimo de Postos (N)	Definição da quantidade mínima necessária de postos de trabalho para satisfazer a procura num dado período de tempo, como se pode observar na Equação (8).
	$N(\text{uni}) = \frac{\sum Ti}{TC} \quad (8)$
Capacidade Produtiva do Processo (Cp)	Definição do volume de produção disponibilizado em linha para satisfazer a procura, como se pode observar na Equação (9).
	$Cp(\text{dias}) = \frac{\left(\frac{\text{Volume de pedidos mensal}}{\text{Tempo de Ciclo}}\right) \times 3600}{\text{Dias de trabalho por mês}} \quad (9)$
Eficiência (E)	Indica o rendimento da linha, face aos postos de trabalho existentes, como se pode observar na Equação (10).
	$E(\%) = \left(\frac{\sum Ti}{TC \times N}\right), \text{ em que } Ti = \text{Tempo do posto, com} \quad (10)$ $i = 1, 2, 3 \dots N \text{ postos}$

Conceito	Descrição
Produtividade (P)	Rácio do <i>output</i> e o <i>input</i> (que pode variar sob a forma de mão de obra, trabalho ou máquinas usadas, o que se pode observar na Equação (11)).
$P(\%) = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (11)$	

Para efetuar um balanceamento adequado, é essencial atribuir principal atenção à relação entre duas variáveis distintas: o Tempo de Ciclo e o *Takt Time*.

O **Tempo de ciclo**, tal como referido acima, constitui o *bottleneck* da linha, ou seja, o tempo mais lento de entre as operações ou atividades existentes, não sendo incluídas perdas de tempo, visto que é um tempo medido durante o funcionamento do processo. Já o **Takt time** assume-se também como um tempo de ciclo, definido e variável de acordo com a procura. Simultaneamente, este também varia de acordo com o tempo disponível, sendo afetado por perdas e paragens no processo, contrariamente ao que acontece com o TC (Pinto, n.d.).

No balanceamento de uma linha, o objetivo passa por assegurar o seguinte:

- O TC nunca deve ultrapassar o TT, uma vez que nesse caso, significa que na presente configuração de trabalho, não é possível satisfazer a procura (o tempo de ciclo é superior ao ritmo da produção) (Pinto, n.d.). É possível observar o seguinte no Diagrama de *Yamazumi* apresentado na Figura 9:

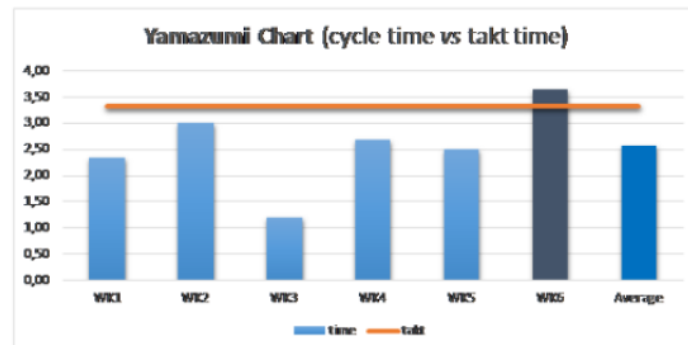


Figura 9 - Diagrama de *Yamazumi* para TC > TC (Pinto, n.d.)

- O TC não deve ser muito menor que o TT, pois isso vai levar a existência de diferenças de tempo ou folgas e à baixa ocupação de recursos, dado origem a desperdícios para a organização (Pinto, n.d.). É possível observar esta situação no Diagrama de *Yamazumi* presente na Figura 10:

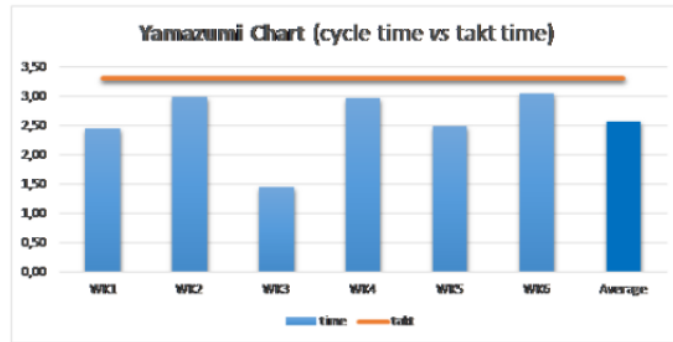


Figura 10 - Diagrama de *Yamazumi* para $TC < TT$ (Pinto, n.d.)

A meta a atingir consiste assim em balancear a linha de forma a que as folgas existentes entre o TC e o TT sejam minimizadas (assegurando sempre que o TC não ultrapassa o TT), maximizando simultaneamente a ocupação dos recursos existentes (Pinto, n.d.).

2.3.4. CONWIP

A competitividade dos mercados assenta fortemente na satisfação do cliente final. Assim, a escolha de um *Production Control System* (PCS) ou Sistema de Controlo de Produção efetivo é essencial para o sucesso da organização, pois possibilita a entrega de determinado produto na data pretendida e a um custo controlado (Jaegler et al., 2018).

O primeiro sistema de controlo de produção pull era denominado por *Base Stock Control System* (BSCS) e surgiu em 1960. Já o sistema Kanban, mencionado no início deste projeto, é atualmente a mais conhecida alternativa pull entre os PCS disponíveis. Entre estes, existe também o *Constant Work-In-Progress* (CONWIP), que tem algumas diferenças face ao sistema *Kanban* (Yanhong et al., 2018). Na prática, ainda que os sistemas *pull* Kanban alcancem resultados positivos, acompanhados de uma diminuição do WIP e dos *lead times*, estavam essencialmente preparados para processos repetitivos e estáveis. Por outro lado, o CONWIP era um sistema caracterizado pela sua flexibilidade e eficiência superior, adequando-se facilmente a cenários com maior variabilidade e diferenças entre produtos (Jaegler et al., 2018).

O objetivo da metodologia CONWIP é assim controlar ou gerir a quantidade total de trabalhos (WIP) em ambiente produtivo, mantendo-a constante (Jaegler et al., 2018). A base deste conceito assenta na *Little's Law*, presente na Equação (12):

$$\text{Work – in – Progress (WIP)} = \text{Throughput} \times \text{Average Leadtime} \quad (12)$$

A nível prático, o CONWIP vai contribuir para a gestão do WIP. Para uma melhor compreensão do funcionamento deste sistema, recorre-se à Figura 11:

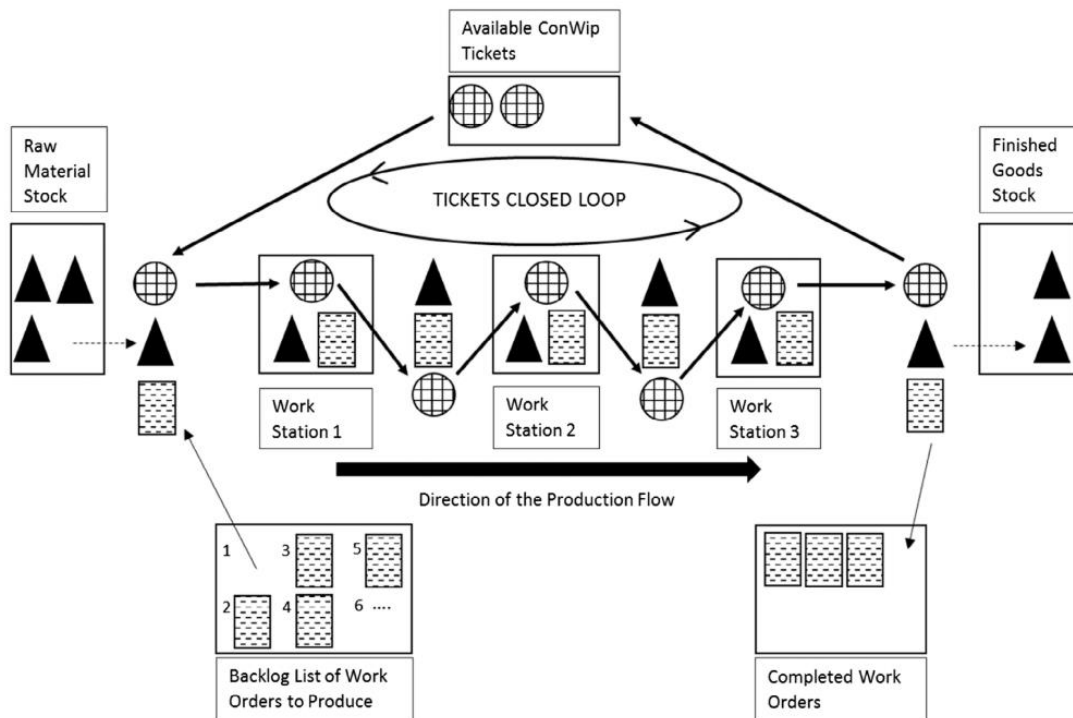


Figura 11 - Funcionamento Geral do CONWIP (Jaegler et al., 2018)

Assim sendo, para Jaegler et al. (2018), antes do envio de uma dada ordem de produção, esta fica associada a um cartão que implica a “autorização para produzir”. Assim, caso os restantes cartões estejam todos ocupados com outros pedidos de produção, o novo pedido ou o pedido mais recente deve aguardar no início da linha de montagem até a sua produção ser “autorizada”. A partir do momento em que uma das ordens de produção no fim da linha liberta o respetivo cartão, então passa a estar disponível para a realização de um novo pedido.

3. ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO AA23

Numa fase inicial, foi necessário conhecer a organização e o seu modelo de negócio, assim como compreender melhor os processos associados à produção de cada artigo e as operações base inerentes aos mesmos.

De seguida, iniciou-se a integração no tema de estágio propriamente dito. Inicialmente, foi realizada a análise das referências produzidas na linha AA23, mais especificamente, uma análise multinível, com o estudo do fluxo operativo inerente à realização de cada produto. De seguida, partiu-se para a formação de famílias e para a definição da proporção de pedidos por família. Posteriormente, foram também formadas combinações de famílias. Procedeu-se depois à medição de tempos, seguida do cálculo de variáveis como o *Work Content* (WC) Ponderado e o *Takt Time* (TT). Finalmente, foi feito um estudo mais aprofundado para verificar o número mínimo de operadores (N) requerido para trabalhar em linha e efetuados os balanceamentos da linha para N, N-1 e N+1 operadores por combinação, com base no TT e na implementação de melhorias. No final, foi realizada uma análise da capacidade da linha a nível global, de forma a comparar os resultados obtidos após os balanceamentos.

Partiu-se depois para a atualização e análise do *layout* da linha AA23, ao qual foram aplicadas algumas melhorias. Simultaneamente, foi também implementado um quadro CONWIP para a gestão das áreas de preparação da linha.

No final, foram também feitas várias alterações a vários níveis na linha e nas áreas de preparação, tanto a nível mecânico, com intervenções nas máquinas existentes, como a nível de atualização e fornecimento de documentação relevante.

3.1. Contextualização do Ambiente Produtivo

O processo de aprendizagem iniciou-se com a realização de uma série de atividades formativas nas diversas áreas da empresa, que possibilitou uma melhor compreensão da estrutura de funcionamento da organização.

Partiu-se também para a exploração do *Gemba*. Para tal, teve-se como base o *layout* da empresa, que é representada por duas fábricas distintas, representadas através da Figura 12 e da Figura 13:

Através das figuras, é possível distinguir várias áreas distintas. Na Figura 12, está o Armazém de Matéria-Prima (MP), assim como a zona de corte de alumínio e mangueira e o Muro da Qualidade, onde decorre o controlo de determinados produtos previamente ao seu armazenamento e expedição.

A primeira forma de classificação assenta na divisão entre as áreas de PREP, AA e DA. Na Figura 12, as PREP correspondem a áreas destinadas à preparação dos tubos para as linhas de produção, sendo as AA as linhas associadas à produção de sistemas de ar condicionado. Já na Figura 13, estão concentradas as DA, que indicam as linhas associadas ao setor de direção assistida.

A divisão por cores está associada às equipas que gerem cada área ou unidade de produção. A nível global, a organização está dividida em cinco unidades produtivas, designadas por UAPs (Unidades Autónomas de Produção). Cada UAP está destinada a produzir para determinados tipos de clientes. Cada UAP possui um responsável de produção, e uma equipa de *Quick Response to Quality Control*, ou QRQC, formada por elementos dos departamentos de segurança, qualidade, produção, melhoria contínua, logística e manutenção. As equipas de QRQC reúnem-se diariamente para discutir os problemas do dia anterior.

A resolução dos problemas encontrados pode ocorrer principalmente através de 3 métodos distintos:

- **Just do it** - problemas de resolução simples e imediata;
- **Problema do dia** - problema que requer uma análise detalhada, utilizando-se ferramentas como os 5 *Why* (5W) ou 5 Porquês, de forma a encontrar a(s) causa(s)-raiz do problema e para a sua conseqüente eliminação;
- **QC Story** - problema já abordado como problema do dia torna-se recorrente. Neste caso, deve-se realizar a análise do mesmo segundo uma Metodologia A3.

Com a integração na equipa de Melhoria Contínua, o foco foi essencialmente dado à UAP2, apresentada com mais detalhe na Figura 14. Esta engloba a área VS20, à qual estão afetas as linhas de produção AA10, AA10-2, AA12 e AA14, assim como a área VS30, à qual estão afetas as linhas AA19, AA20, AA20-2 e AA23. Esta unidade produtiva dedica-se à produção praticamente exclusiva para um cliente, a *Daimler*.

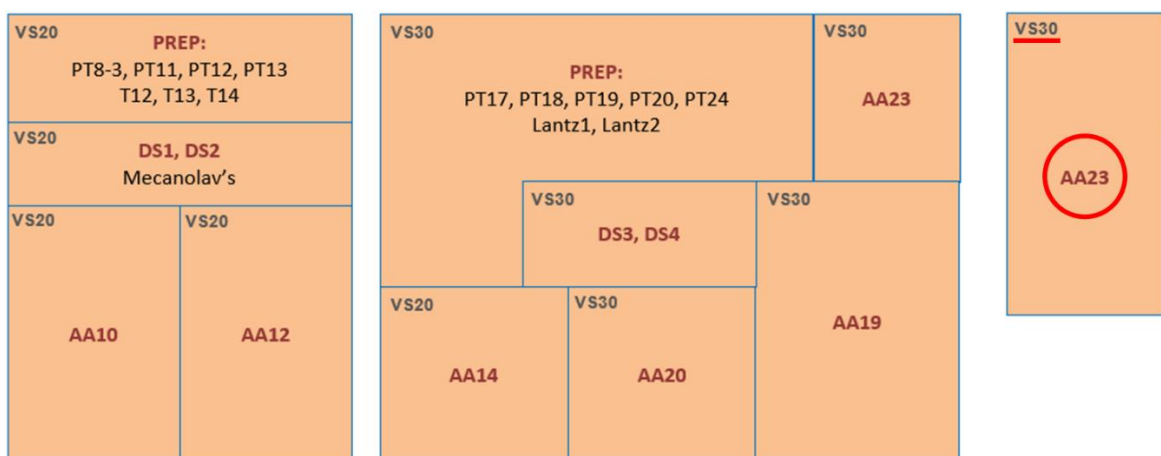


Figura 14 - Área da UAP2

Inicialmente, procedeu-se também à observação dos vários postos de trabalho presentes nesta unidade, avaliando-se junto com os colaboradores da empresa fatores como o método e duração das operações efetuadas, os procedimentos a cumprir, a existência de *poka-yokes* (sistemas anti erro) e a verificação de problemas nos postos de trabalho (essencialmente manifestados sob a forma de problemas de qualidade nas peças ou problemas de segurança para o colaborador).

A nível do funcionamento da fábrica, esta está operacional 24 horas por dia, 7 dias por semana. As linhas podem funcionar com 2 turnos de 8 horas ou 3 turnos (2 turnos de 8 horas e 1 turno de 6 horas), de acordo com as necessidades do cliente, ou seja, de acordo com a procura no período em questão. Existe também a possibilidade de trabalhar horas extra ou durante o fim de semana em épocas excecionais, de maior pressão sobre a UAP.

A produção está dividida em três tipologias diferentes, dependendo da procura de cada referência:

- **Make To Stock (MTS) ou Produção em Série** - referências com uma elevada cadência de pedidos, sendo necessária a produção para *stock* para assegurar um elevado nível de serviço.
- **Make To Order (MTO)** - referências com uma baixa cadência de pedidos, apenas com produção quando existe pedido.
- **Recâmbios** - referências que já não são produzidas, mas nas quais existe a possibilidade de pedido do cliente para reposição de peças em veículos antigos.

Partiu-se depois para a contextualização do problema existente, que estava diretamente associado à linha AA23, destacada a vermelho na Figura 14. Fundamentalmente, o problema em estudo assenta em apresentar uma solução que possibilite a redução da elevada variabilidade da linha AA23, assim como a introdução de melhorias e a diminuição de possíveis desperdícios nos processos associados, indo ao encontro das necessidades do cliente. O problema é explorado de modo mais aprofundado no capítulo seguinte.

3.2. Estudo de Variabilidade da Linha AA23

Neste capítulo, deu-se início à realização do estudo de variabilidade da AA23. A compreensão da situação atual da linha e a identificação e explicação dos problemas existentes serviu como base para a iniciação do estudo de variabilidade da mesma.

Foi depois seguido o procedimento interno da empresa para executar o balanceamento da linha, descrito através do fluxograma da Figura 15:

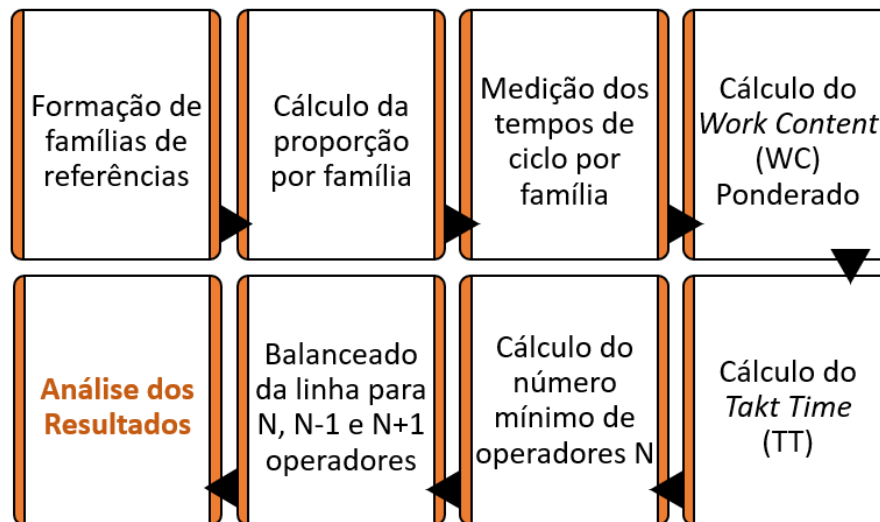


Figura 15 - Orientações internas para a execução do balanceamento de linha

O processo inicia-se pela formação de famílias de referências, tendo em conta a semelhança dos processos e as características de cada referência. De seguida, determina-se a proporção da produção por família, conforme as quantidades de referências que é necessário produzir de cada família. Posteriormente, é realizada a medição dos tempos de ciclo segundo o procedimento, realizando-se o cálculo do *Work Content (WC) Ponderado*, do *Takt Time (TT)* e do Número mínimo de operadores (N). Segundo N, é feito o balanceamento da linha para N, N-1 e N+1. Finalmente, procede-se à análise dos resultados obtidos.

3.2.1. Análise da Linha AA23

Numa primeira fase, era necessário compreender melhor o funcionamento da linha AA23. Como tal, partiu-se para a contextualização e análise do processo produtivo associado.

Áreas de Preparação AA23

Para compreender o processo de manufatura dos tubos flexíveis para ar condicionado de uma forma global, é essencial conhecer o seu percurso, desde o Armazém de MP até à sua expedição para o cliente. Como tal, recorreu-se ao diagrama de processo representado na Figura 16 para a descrição do processo produtivo para as áreas envolvidas na preparação da AA23.

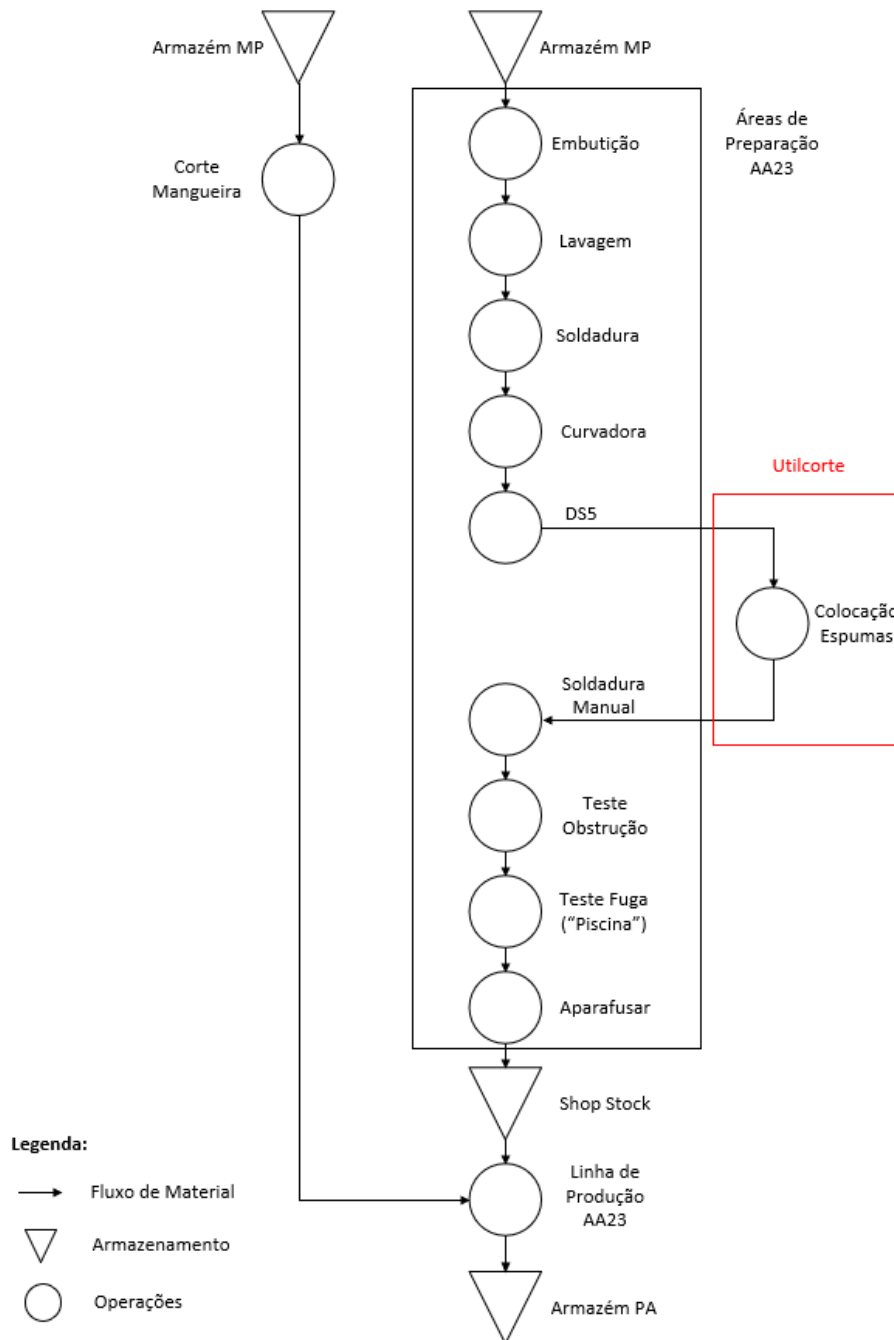


Figura 16 - Diagrama de fluxo das áreas de preparação da AA23

De acordo com a Figura 16, o processo referido inicia-se com duas operações distintas. Por um lado, o armazém de MP procede à receção da mangueira/ tubagem, que é posteriormente cortada no posto de Corte de tubagem, sendo depois transportada através do comboio logístico para as linhas. Por outro lado, os tubos de alumínio vêm diretamente do fornecedor com as dimensões pretendidas, sendo as linhas abastecidas através de um sistema *kanban*.

Os tubos de alumínio de vários diâmetros vão depois ser submetidos a várias operações de preparação (Áreas de Preparação). A embutição vai permitir embutir o tubo (rolinados), assim como flanges, procedendo-se depois à lavagem do tubo para a remoção do óleo em excesso. Já as

operações de soldadura vão-se dividir em soldadura por chama e soldadura por indução e vão ser sobretudo necessárias para soldar flanges e válvulas ao tubo principal. De seguida os tubos podem ser curvados. Podem também ser processados na área DS5, sendo esta uma área individual dedicada exclusivamente para a linha AA23, e onde vão também decorrer operações como soldar e curvar tubos. Determinadas referências vão requerer a colocação de espumas, sendo neste caso os tubos transportados para a empresa externa Utilcorte, onde se vai realizar esta operação. Algumas peças vão também necessitar de solda manual. Posteriormente, vai-se também realizar um teste de obstrução (ou *Flow Test*), para verificar se existe algum tipo de obstrução no interior do tubo. Já para detetar fugas de maior dimensão numa fase mais precoce do processo, algumas peças vão também ser testadas em cabines de água, para evitar a deteção de todas as fugas apenas no teste de estanquicidade final realizado em linha. Finalmente, parte-se para a operação de aparafusar, assim designadamente, para a colocação de cavilha e *stud* (cujo objetivo vai ser o de facilitar a montagem das peças produzidas nos veículos).

Na fase final deste processo, os produtos são então transportados para o Armazém de PA e expedidos para as linhas correspondentes.

Linha AA23

De seguida, era necessário compreender melhor o funcionamento da linha AA23 e os produtos ou referências manufaturadas nesta linha. A linha em estudo foi implementada relativamente há pouco tempo, sendo a sua monitorização proporcional a esse período. No sentido lato, esta linha acarreta dois projetos distintos, separando-se sobretudo entre as referências habitualmente produzidas na AA23 e o projeto ECELL.

Uma vez que os processos variam consideravelmente de referência para referência, optou-se pela definição das operações gerais a que cada referência é submetida, através da Figura 17.

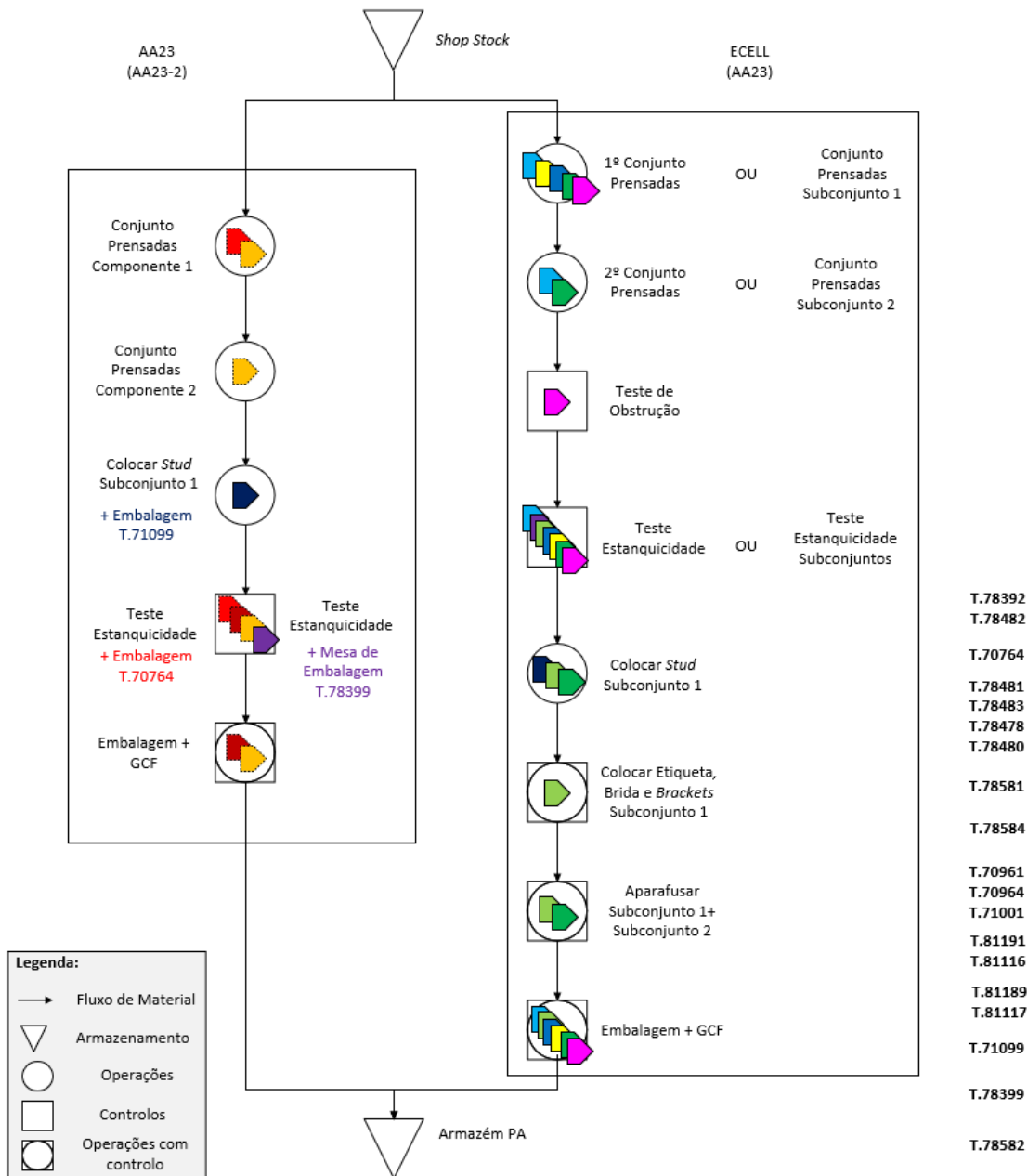


Figura 17 - Diagrama de fluxo dos postos da linha AA23 (por referência)

Normalmente, na linha existe a produção de 2 referências em simultâneo. Assim, na linha podem ser produzidas referências AA23 ou ECELL. Porém varia de acordo com a ocupação dos postos em questão.

Segundo a Figura 17, o processo seguido pelas referências AA23 é mais simples. As referências da T.78392 e T.78482 são diretamente submetidas a um teste de estanquicidade para verificar a existência de fugas no tubo, seguido da embalagem dos tubos. Já a referência T.70764 é submetido a um conjunto de prensadas, passando depois diretamente ao teste de estanquicidade, posto onde

também é embalada. O processo é mais longo para as referências T.78481, T.78483, T.78478 e T.78480, sendo efetuados o primeiro e o segundo conjunto de prensadas, seguindo-se depois a realização de um teste de estanquicidade. Caso não tenha fuga, o tubo prossegue para a fase seguinte, procedendo-se à sua embalagem e à verificação no *gabarit* de controlo. De todas as peças produzidas na linha, a que tem o processo mais simples é a referência T.71099, e constitui essencialmente a colocação de *stud* e a embalagem da peça, que decorre no mesmo posto. No caso da referência da família T.78399, em linha esta passa diretamente para o teste de estanquicidade e é embalada numa mesa de embalagem própria anexa ao posto.



As referências ECELL possuem uma dinâmica mais complexa, uma vez que existe uma grande variação do fluxo produtivo para cada uma destas referências. Nesse sentido, para as referências T.70961, T.70964 e T.71001, existe uma divisão dos tubos por subconjuntos. Assim, cada peça completa é constituída por 2 subconjuntos. Na linha, o subconjunto 1 é prensado, assim como o subconjunto 2. Ambos são submetidos ao teste de estanquicidade, sendo posteriormente aparafusados – forma-se a referência da peça. Por fim, parte-se para a fase da embalagem.

No caso das referências T.78581 e T.78582, as peças têm apenas um conjunto de prensadas, passando depois diretamente para o teste de estanquicidade e embalagem. O T.78582 é submetido ao teste de obstrução em linha, após prensar. Já na referência T.78584, um dos subconjuntos é prensado após sair da PREP, enquanto o outro não. De seguida, ambos os subconjuntos são testados. Procede-se depois à colocação do *stud*, à fase de colocação de etiqueta, "clipe" e *bracket* e finalmente, à montagem dos subconjuntos na aparafusadora. O processo termina com a embalagem da peça.









Nas referências T.81191 e T.81116, o processo consiste na realização do primeiro e segundo conjunto de prensadas, seguida de teste de estanquicidade e embalagem. Uma vez que durante as prensadas, são também utilizadas curvadoras manuais, o processo destas peças é mais complexo do que é esperado. Já no caso das referências T.81189 e T.81117, o fluxo produtivo é mais linear, incluindo apenas um único conjunto de prensadas, o teste de estanquicidade e a embalagem final da peça.







Recorreu-se à utilização da Tabela 5 para a descrição das operações que estão presentes no processo das referências produzidas na AA23.

Tabela 5 - Descrição das operações das áreas de preparação e da linha AA23

Operação	Descrição	
Embutição	 Figura 18 - Embutição de rolinado	 Figura 19 - Embutição de flange/brida

Operação	Descrição	
Soldadura	 <p data-bbox="619 499 971 524">Figura 20 - Soldadura por chama</p>	 <p data-bbox="1042 499 1401 524">Figura 21 - Soldadura por indução</p>
Furação	 <p data-bbox="898 801 1107 826">Figura 22 - Furação</p>	
Curvar	 <p data-bbox="659 1411 932 1435">Figura 23 - Tubo em Reto</p>	 <p data-bbox="1082 1411 1355 1435">Figura 24 - Tubo curvado</p>
Colocação de Espumas ou "Prata"	 <p data-bbox="611 1675 979 1700">Figura 25 - Colocação de Espuma</p>	 <p data-bbox="1042 1675 1410 1700">Figura 26 - Colocação de "Prata"</p>

Operação	Descrição	
Aparafusar (Colocação de Stud, Cavilha ou Ôbus)	 Figura 27 – Aparafusar stud	 Figura 28 – Colocação de Cavilha
	 Figura 29 - Ôbus	 Figura 30 - Aparafusar ôbus
Prensar	 Figura 31 - Conjunto de Prensadas	
Colocar O-ring ou Soft Nose	 Figura 32 - Colocação de O-ring	 Figura 33 - Colocação de Soft Nose
Aparafusar (Mesa de Embalagem)	 Figura 34 - Aparafusar conjuntos	

Operação	Descrição	
<p>Verificação em Gabarit de Controlo Final (GCF)</p>	 <p>Figura 35 - Verificação em GCF</p>	
<p>Colocação de “Clipe”, Etiqueta e Brackets</p>	 <p>Figura 36 - Colocação de “clipe”</p>	 <p>Figura 37 - Colagem de etiqueta</p>
	 <p>Figura 38 - Colocação de <i>bracket</i></p>	
<p>Colocação de Tampões</p>	 <p>Figura 39 - Colocação de tampão (Tipo 1)</p>	 <p>Figura 40 - Colocação de tampão (Tipo 2)</p>

A cada projeto, está associada a produção de um determinado número de referências. Globalmente, a linha tem alocada a produção de mais de 20 referências. Para quantificar a situação atual da linha, foi possível determinar, através de dados fornecidos pela empresa, que a eficiência

real da linha AA23 (considerando o período de janeiro de 2021 a março de 2021) era de cerca de 28,5%, o que constitui uma eficiência extremamente baixa.

Considerou-se inicialmente o Plano Industrial Comercial (PIC) de fevereiro da linha AA23 (aquando do início do estágio) considerando o período de fevereiro até dezembro de 2021, tal como se pode ver através da Figura 41:

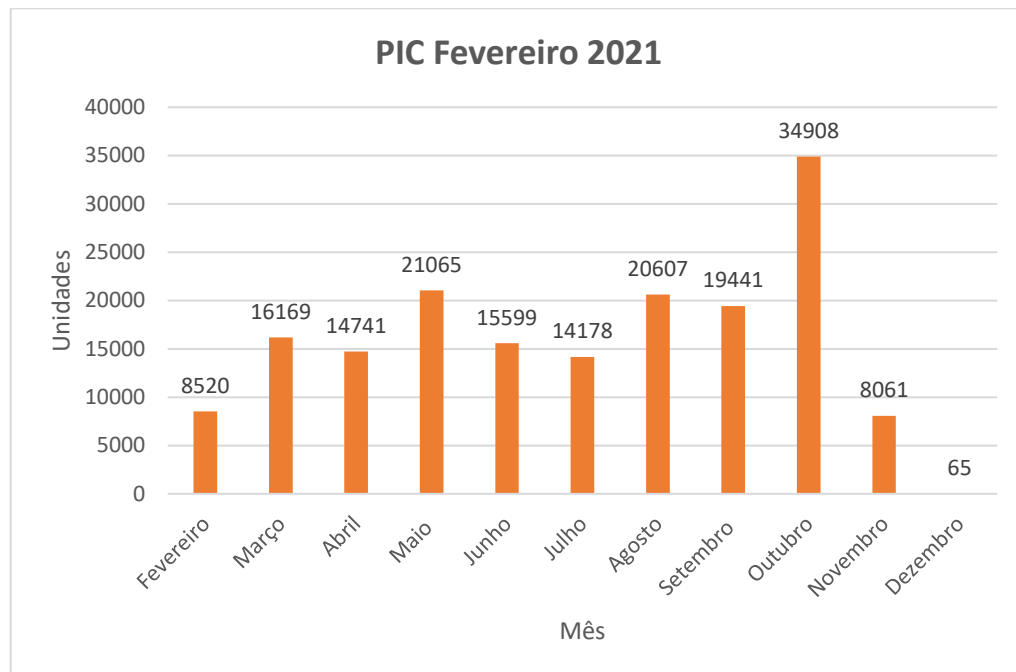


Figura 41 - PIC de fevereiro de 2021

Através do PIC, a previsão era de que a linha, normalmente forçada a produzir menos de 9000 peças mensalmente, teria de ser capaz de responder a um aumento significativo da procura nos meses seguintes.

Com a inclusão do projeto ECELL na linha, dados característicos como os fornecidos pelos tempos de referência ou pelos objetivos de produção associados a cada referência também eram inconclusivos para as referências produzidas na AA23. Concluiu-se assim a existência de apenas um objetivo de produção, estabelecido com base no *bottleneck* aparente da maioria das referências produzidas na AA23, a operação de teste de estanquidade. O “gargalo” do processo limitava a produção da linha a 28 peças/hora.

Após uma análise global, concluiu-se que a grande variabilidade de referências produzidas na linha e os desperdícios verificados ao longo da mesma assumiam o principal problema, conduzindo à baixa eficiência da linha. No sentido de perceber melhor a origem dos problemas referidos, procedeu-se a uma pesquisa mais detalhada. Constatou-se que a grande variabilidade da linha se manifestava sobretudo pela existência de um fluxo produtivo distinto para cada referência, associado a um diferente número de operadores, torna-se perceptível a heterogeneidade da linha.

Através da Figura 42 e Figura 43, torna-se possível observar a grande diferença entre 2 das referências produzidas na linha, nomeadamente a nível dos componentes, da dimensão e ultimamente, dos postos incluídos no processo de cada peça:



Figura 42 - Referência T.70764



Figura 43 - Referência T.78392

Também o facto de existirem muitos desperdícios a nível dos movimentos efetuados pelos operadores para a realização de cada peça, assim como da existência de tempos de espera consideráveis ao longo da linha foram fatores ponderados.

3.2.2. Formação de Famílias de Produtos

Esta fase consistiu em analisar com maior detalhe todas as referências produzidas na linha. Uma vez que esta linha está associada à produção de tantas referências distintas, foi necessário priorizar quais as referências a considerar para que o processo decorresse com a máxima eficácia. Como tal, selecionou-se o conjunto de referências para as quais existiam ordens de produção agendadas para os próximos meses. Selecionaram-se assim 19 referências base.

O primeiro passo consistiu na análise de algumas informações fornecidas, designadamente pela compreensão dos processos produtivos das referências em estudo, recorrendo a análise das fichas técnicas e planos respetivos.

De seguida, partiu-se para a integração das referências analisadas em famílias. Assim, referências com processos e fluxos produtivos semelhantes entre si eram agrupados na mesma família. Para cada família, era também atribuída uma descrição que distinguisse a família de produtos em causa das restantes famílias formadas. De acordo com os passos enunciados, obteve-se a distribuição de famílias apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Formação de famílias de referências

Linha	Referência	Família	Descrição
AA23-2	T.78392-D00	1	D19/D13 Rígido
AA23-2	T.78482-D00		
AA23-2	T.70764-B00	2	Pote
AA23-2	T.78481-B00	3	D19/D13 4 Prensadas
AA23-2	T.78483-E00		
AA23-2	T.78478-B00		
AA23-2	T.78480-C00		
AA23	T.78581-A00	4	D10(2)/ IHX - Ecell
AA23	T.78584-00	5	D10/ IHX - Ecell
AA23	T.70961-C00	6	D18 - Ecell (Y)
AA23	T.70964-B01		
AA23	T.81191-00	7	D10 - Ecell (2 prensas)
AA23	T.81189-A01	8	D12 - Ecell
AA23	T.81117-A01		
AA23-2	T.71099-A00	9	Bloco Perno Roscado
AA23-2	T.78399-E00	10	IHX - Vermotech
AA23	T.78582-B00	11	D10(2)/ IHX - Ecell (PM)
AA23	T.71001-B00	12	D18 - Ecell (Y)(Extremos)
AA23	T.81116-D00	13	D10 - Ecell

Pela elevada diferença entre os processos a que cada referência é submetida, o número de famílias obtido foi também muito elevado, o que é indicativo da complexidade da linha AA23.

3.2.3. Proporção de Referências Produzidas por Família

Tendo por base dados relativos aos pedidos da linha AA23, considerou-se o período desde a semana 19 até à semana 27, por referência, tal como se pode observar através da Tabela 7. Desde logo, teve-se o cuidado de utilizar os dados mais recentes, uma vez que os pedidos para a linha têm aumentado significativamente de semana para semana. Assim, a utilização de dados de fevereiro, por exemplo, poderia inviabilizar a análise efetuada, uma vez que essa realidade já não caracteriza a linha atualmente e muito menos acompanha a tendência de produção crescente a que a mesma está sujeita.

Tabela 7 - Produção Semana AA23

Referências	Família	Produção Semanal									Média
		Sem 19	Sem 20	Sem 21	Sem 22	Sem 23	Sem 24	Sem 25	Sem 26	Sem 27	
T.78392	1	0	0	0	359	200	0	400	200	0	129
T.78482	1	0	0	186	200	0	200	0	0	0	65
T.70764	2	0	833	1170	810	1890	1410	1710	1860	1740	1269
T.78481	3	116	150	270	180	30	180	60	180	180	150
T.78483	3	0	50	200	250	50	50	50	50	300	111
T.78478	3	75	50	75	25	0	25	25	25	25	36
T.78480	3	0	0	0	58	0	60	0	30	60	23
T.78581	4	13	160	120	40	80	0	40	40	80	64
T.78584	5	44	243	148	148	185	185	185	185	185	168
T.70961	6	0	0	0	0	139	140	140	140	140	78
T.70964	6	0	0	0	0	0	0	0	20	0	2
T.81191	7	0	0	7	150	200	150	100	100	100	90
T.81189	8	0	0	0	83	180	180	90	90	90	79
T.81117	8	0	0	0	49	100	200	100	200	200	94
T.71099	9	0	456	627	513	798	1140	684	684	798	633
T.78399	10	0	0	143	91	350	0	50	50	300	109
T.78582	11	0	0	0	0	0	0	0	40	0	4
T.71001	12	0	0	0	98	180	180	90	90	90	81
T.81116	13	0	0	0	0	89	120	240	120	120	77
TOTAL		248	1942	2946	3054	4471	4220	3964	4104	4408	3262
Produção Diária		49,6	388	589	611	1118	1055	793	1026	882	723
Dias Úteis		5	5	5	5	4	4	5	4	5	

Através da tabela, pode-se verificar que, habitualmente, a linha era apenas forçada a produzir um reduzido número de artigos, sendo capaz de satisfazer a procura. No entanto, através da tabela verifica-se um crescimento gradual da produção de semana para semana, variando desde a produção de 248 peças/ semana (Semana 19) até a produção de 4416 peças/ semana (Semana 27). Em média, seriam então produzidas em 3623 peças/ semana. Diariamente, consideram-se 5 dias úteis de atividade numa situação normal, considerando-se 4 dias nas Semanas 23, 24 e 26 devido à existência de feriados. Assim, na Semana 23, a linha teria de atingir uma produção de 1118 peças/ dia, sendo a média da produção diária equivalente a 723 peças para as semanas consideradas.

Tendo em conta os dados fornecidos, fez-se uma estimativa da produção média mensal, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Produção média mensal AA23

Produção Média Mensal							
Linha	Referência	Família	(S19-S22)	(S23-S26)	Média Mensal	Proporção (%)	Proporção (%) Família
			Maio	Junho			
AA23-2	T.78392	1	359	800	580	4,65%	7,00%
AA23-2	T.78482	1	386	200	293	2,35%	
AA23-2	T.70764	2	2813	6870	4842	38,80%	38,80%
AA23-2	T.78481	3	716	450	583	4,67%	9,27%
AA23-2	T.78483	3	500	200	350	2,80%	
AA23-2	T.78478	3	225	75	150	1,20%	
AA23-2	T.78480	3	58	90	74	0,59%	
AA23	T.78581	4	333	160	247	1,98%	1,98%
AA23	T.78584	5	583	740	662	5,30%	5,30%
AA23	T.70961	6	0	559	280	2,24%	2,32%
AA23	T.70764	6	0	20	10	0,08%	
AA23	T.81191	7	157	550	354	2,84%	2,84%
AA23	T.81189	8	83	540	312	2,50%	5,10%
AA23	T.81117	8	49	600	325	2,60%	
AA23-2	T.71099	9	1596	3306	2451	19,64%	19,64%
AA23-2	T.78399	10	234	450	342	2,74%	2,74%
AA23	T.78582	11	0	40	20	0,16%	0,16%
AA23	T.71001	12	98	540	319	2,56%	2,56%
AA23	T.81116	13	0	569	285	2,28%	2,28%
TOTAL			8190	16759	12479	100,00%	

Torna-se então possível destacar as 3 referências mais produzidas na linha AA23. A referência **T.70764-B00 (Família 2)** constitui o *High-Runner* da linha, ao qual corresponde a aproximadamente 40% da produção da linha. Já a referência **T.71099-A00 (Família 10)** corresponde a cerca de 20% da produção da linha, estando as referências afetas à **Família 3** associadas a cerca de 10% da mesma.

Combinação de Famílias

Numa situação regular, a linha produz 2 peças ao mesmo tempo. No entanto, esta produção gere-se essencialmente de acordo com os pedidos do cliente, não existindo uma combinação ótima de famílias.

Para cada família indicada, procedeu-se então à indicação das operações efetuadas. O resultado obtido está demonstrado na Tabela 9:

Tabela 9 - Lista de operações por família

Referência	Família	PSL0040	PSL0041	PES0015	PSL0044	CAB0059 + BRD0072	CAB0059	Mesa Embalagem AA23-2	DIV0191	BRD0096	DIV0169	MPY0026
T.78392	1						X	X				
T.78482	1						X	X				
T.70764	2				X		X					
T.78481	3	X	X				X	X				
T.78483	3	X	X				X	X				
T.78478	3	X	X				X	X				
T.78480	3	X	X				X	X				
T.78581	4			X			X		X		X	X
T.78584	5			X			X		X	X	X	X
T.70961	6			X	X		X				X	X
T.70964	6			X	X		X				X	X
T.81191	7			X	X		X					X
T.81189	8			X			X					X
T.81117	8			X			X					X
T.71099	9											X
T.78399	10					X	X		X			
T.78582	11			X			X		X		X	X
T.71001	12			X	X		X				X	X
T.81116	13			X	X		X					X

De seguida, partiu-se para a elaboração de uma matriz de incompatibilidades entre combinações de famílias. A matriz referida está representada na Tabela 10:

Tabela 10 - Matriz de incompatibilidades entre famílias

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
F1													
F2													
F3													
F4													
F5													
F6													
F7													
F8													
F9													
F10													
F11													
F12													
F13													

Recorreu-se ao uso de um esquema de cores para diferenciar as várias combinações obtidas. A vermelho, estão destacadas as combinações consideradas como impossíveis, pois exigem a

sobreposição de postos de trabalho entre as referências. Para estes casos, não se considerou o cálculo do número de operadores necessário. Já a verde, estão presentes as combinações de famílias tidas como possíveis.

As combinações a amarelo são possíveis, no entanto, não são ideais, sendo por isso destacadas com uma cor distinta. Para as combinações a verde e a amarelo, foi calculado o número de operadores tendo por base o número mínimo de operadores necessário para produzir cada referência, determinado previamente. Foram consideradas algumas exceções de acordo com os processos inerentes à produção de cada referência. Para as combinações entre famílias, foram apenas consideradas as pessoas afetas à linha de produção e não à área de preparação, sendo que a última vai estar continuamente em funcionamento, estando 2 colaboradores permanente nos postos relativos ao DS5.

As restantes áreas de preparação abastecem outras linhas da UAP2 além da AA23, estando os postos de trabalho já definidos, motivo pelo qual não foram incluídos nesta pré-análise.

Para o estudo efetuado, definiu-se, tendo em conta a disponibilidade dos equipamentos requeridos para cada família, as combinações apresentadas na Tabela 11:

Tabela 11 - Combinações de famílias

Combinação	Família
A	F1+F9
B	F2+F8
C	F3
D	F10+F4
E	F5
F	F6
G	F7
H	F11
I	F12
J	F13

3.2.4. Medição de Tempos

Nesta fase, partiu-se para a amostragem de tempos de ciclo para cada família formada. Antes disso, foi analisada a situação inicial da linha.

Tal como já tinha sido referido, não existiam dados anexos a esta linha. Nesse sentido, tinha sido previamente feita uma análise que tinha definido como o *bottleneck* da linha a máquina CAB0059, com a operação do teste de estanquicidade. Os objetivos da linha e dos postos associados foram definidos segundo esse mesmo *bottleneck*.

No entanto, este objetivo não era frequentemente alcançado para algumas referências, sendo facilmente alcançado para outras.

De seguida, iniciou-se na íntegra o processo de medição de tempos, durante o qual foram considerados os seguintes pressupostos:

- Operador a trabalhar em *One Piece Flow*;
- Operador a trabalhar a um ritmo normal;
- Retirar 10 a 20 ciclos iguais e repetitivos;
- Operador tem de estar habilitado para o posto;
- Calcular o número de passos;
- Definir os “*Top’s* – Tempo de início/fim de ciclo”;
- Apontar tempos de espera;
- Retirar tempos de máquina;
- Apontar a razão de ciclos com anomalias (Máximos);
- Considerar possíveis melhorias;
- Definir bem os postos;
- Filmar pelo menos 4 ciclos;
- Analisar todas as dependências das máquinas (*Poka-Yokes*);

Para a recolha dos tempos de cada posto, a folha de medição de tempos na Figura 44 foi usada:

Medição de tempo de ciclo																											
Produto / Referência: Processo :										Posto: Análise efectuada por:										Linha: AA23							
Nr.	Operação elementar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min/Rep	Média	mini	Maxi	V %	
1	Top:																										
2	Top:																										
3	Top:																										
4	Top:																										
5	Top:																										
6	Top:																										
7	Top:																										
8	Top:																										
9	Top:																										
Tempo de ciclo com espera																											
Tempo operativo sem espera																											
Observações										f																	
a											g																
b											h																
c											i																
d											j																
e											k																

Figura 44 - Folha de medição de tempo de ciclo

Foram determinados os seguintes conjuntos postos de trabalhos e operações correspondentes, na Tabela 12:

Tabela 12 - Postos de trabalho e operações correspondentes

Posto	Operações
1	1º Conjunto Prensadas
2	2º Conjunto Prensadas
3	Teste de Obstrução
4	Teste de Estanquicidade
5	Teste de estanquicidade + Colocação de Brida e Bracket (para T.78399)
6	Embalagem AA23
7	Colocação de STUD
8	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket
9	Aparafusar
10	Embalagem ECELL

Para cada família de produtos, efetuou-se a medição dos tempos em cada um dos postos de trabalho, obtendo-se os tempos de produção por posto para todas as famílias da AA23 (uma peça por ciclo), respetivamente apresentados na Tabela 13:

Tabela 13 - Tempos de ciclo AA23

Posto	Tempo de Ciclo AA23 (s)												
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
1		46,9	59,7	41,7	35,6	65,2	54	41,6			41,6	51,6	39,2
2			79,2			67,5	54					62,46	65,8
3											23,4		
4	59,7	32,1	59,5	44,9	42,1	80,8	63	32,75		59,3	21,9	80,8	54,7
5										32,1			
6	95,2		74,5										
7					14,8				18,4				
8					47,3								
9				51,8	51,6	58					52	50,6	
10				32,2	25,1	32,2	28,2	14,1			30,5	33,7	31,8

Considerando as famílias de produtos estabelecidas, partiu-se para a realização de combinações de famílias, tendo em conta as possibilidades e dependências verificadas acima. Assim, é também necessário considerar que existem famílias que representam uma grande ocupação de postos de trabalho e que, por esse motivo, não podem ser combinadas com outras famílias.

Estabeleceram-se as combinações de famílias de acordo com a Tabela 11.

Segundo os pedidos, podiam ser produzidas aproximadamente 680 peças diariamente. Porém, neste caso, os níveis de produção reais da AA23 estavam planeados para cerca de 900 peças/dia, para cobrir faltas, stock e suportar as paragens da fábrica nos períodos de pausa (férias e feriados). Assim, considerou-se um aumento dos pedidos de forma proporcional por referência, atingindo-se

uma produção média de cerca de 862 peças/dia, para representar de forma mais realista o funcionamento da linha e para corresponder à produção real que a UAP tem de alcançar. Os resultados deste aumento estão representados na Tabela 14 e na Tabela 15:

Tabela 14 - Quantidade total produzida mensalmente por referência

Referência	Família	Qtd. Mês (uni.)	Aumento (%)	Qtd. Mês (uni.) Suplementar	Total Qtd. Mês (uni.)
T.78392	1	580	45%	261	841
T.78482	1	293	45%	132	425
T.70764	2	4842	45%	2179	7021
T.78481	3	583	45%	262	846
T.78483	3	350	45%	158	508
T.78478	3	150	45%	68	218
T.78480	3	74	45%	33	108
T.78581	4	247	45%	111	359
T.78584	5	662	45%	298	960
T.70961	6	280	45%	126	406
T.70764	6	10	45%	5	15
T.81191	7	354	45%	159	514
T.81189	8	312	45%	140	453
T.81117	8	325	45%	146	472
T.71099	9	2451	45%	1103	3554
T.78399	10	342	45%	154	496
T.78582	11	20	45%	9	29
T.71001	12	319	45%	144	463
T.81116	13	285	45%	128	414

Tabela 15 - Quantidade total produzida mensalmente por combinação

Combinação	Total Qtd. Mês (uni.)
F1+F9	4820
F2+F8	7946
F3	1680
F10+F4	855
F5	960
F6	421
F7	514
F11	29
F12	463
F13	414
Total	18102

Situação Inicial

Na situação inicial, teve-se como base os tempos de linha existentes, correspondentes ao suposto *bottleneck* da linha, com a produção de **28 peças/hora**. Todas as referências assumiam o mesmo BN da linha.

No entanto, não existiam dados fidedignos que comprovassem este tempo. Simultaneamente, com base no fluxo operatório anexo a cada referência, são notórias as diferenças entre cada um dos produtos produzidos, o que normalmente está associado a *Work Contents* muito diferentes entre referências. Nesse sentido, era imperativo proceder à medição dos tempos e ao balanceamento da linha, para obter dados fiáveis acerca da verdadeira capacidade da linha.

Iteração 1 – Funcionamento da linha a 2 Turnos

Tempos de ciclo medidos

No estudo de variabilidade real, procedeu-se à análise da linha considerando um funcionamento em campanha (transporte de 30 em 30 tubos). Considerando as combinações de famílias apresentada, partiu-se para o cálculo dos tempos de ciclo associados na Tabela 16:

Tabela 16 - Tempos de ciclo da linha AA23 para combinações (Iteração 1)

Posto	Tempos de Ciclo Linha AA23 (s)									
	Combinação									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	F1+F9	F2+F8	F3	F4+F10	F5	F6	F7	F11	F12	F13
1		51,20	119,40	41,70	71,20	130,40	108,00	83,20	103,24	78,40
2		46,90	158,48			135,00	108,00		124,92	131,60
3								46,80		
4	59,70	64,85	119,00	43,45	96,90	161,60	126,00	43,80	161,60	109,40
5				91,40						
6	95,20		149,00							
7	18,40				38,60					
8					100,80					
9				51,80	110,00	116,00		104,00	101,20	
10		14,10		32,20	50,20	64,40	56,40	61,00	67,40	63,60
Work Content (WC) (s)	173,30	177,05	545,88	260,55	467,70	607,40	398,40	338,80	558,36	383,00

Work Content Ponderado

O *Work Content* representa o tempo requerido para a realização de uma referência completa. Neste caso, com a produção alternada de 2 referências por combinação, de forma simultânea. No caso das referências de maior complexidade, com ocupação da maioria dos postos da linha, não é possível produzir 2 referências em simultâneo. Assim, considerou-se o tempo necessário para produzir 2 peças completas.

Os dados requeridos para o cálculo do WC Ponderado estão descritos na Tabela 17:

Tabela 17 - Sumarização dos dados para cálculo do WC Ponderado (Iteração 1)

Combinação	Família	WC (s)	Qty Mês (uni.)	Proporção (%)
A	F1+F9	173,30	4820	26,63%
B	F2+F8	177,05	7946	43,90%
C	F3	545,88	1680	9,28%
D	F10+F4	260,60	855	4,72%
E	F5	467,70	960	5,30%
F	F6	607,40	421	2,33%
G	F7	398,40	514	2,84%
H	F11	338,80	29	0,16%
I	F12	558,36	463	2,56%
J	F13	383,00	414	2,29%
Qty. Mês Total (uni.)			18102	100,00%

O *Work Content* Ponderado pode ser obtido através da Equação (13):

$$WC \text{ Ponderado} = \sum WC_i \times \text{Proporção}_i \quad (13)$$

O WC Ponderado obtido foi equivalente a 260,6 s.

Takt Time (TT)

O TT é o ritmo de produção que é necessário manter para responder aos pedidos do cliente.

Para o cálculo do TT, a procura é dada pelo PDP, que determina as quantidades a produzir, possibilitando o nivelamento dos stocks a resposta aos pedidos do cliente, mantendo uma produção constante.

Já a disponibilidade representa o tempo útil de produção, sendo excluídos os intervalos e paragens planeadas. A disponibilidade semanal está presente na Tabela 18:

Tabela 18 - Disponibilidade de trabalho semanal

Nº Turnos	Horas Trabalho Bruto (horas/semana)	Paragens Planificadas (horas/semana)	Tempo Trabalho (horas/semana)
1	43,75	5	38,75
2	87,5	10	77,5
3	126	14,5	111,5

Considerando-se a produção de 2 referências em simultâneo, considera-se o dobro da disponibilidade, para efeitos de cálculo. O número de turnos adotado foi 2, correspondendo a uma disponibilidade de 77,50 horas de trabalho semanais, com uma procura de 862 peças/dia.

Tendo em conta os dados fornecidos, torna-se possível o cálculo do TT através da Equação (14):

$$TT = \frac{\text{Disponibilidade semanal} \times 3600 \text{ s} \times 2}{\text{Procura diária} \times 5} \quad (14)$$

O TT obtido foi equivalente a 129,5 s.

Número mínimo de postos (N)

O N corresponde ao número mínimo de postos necessários para que o Tempo de ciclo (TC) da linha seja inferior ao TT. O valor de N foi obtido através da Equação (15):

$$N = \frac{WC}{TT} \quad (15)$$

O valor obtido para N foi de 2 operadores. É importante referir que o número mínimo de postos não garante a maior eficiência do balanceamento. Nesse sentido, tendo por base as operações que constituem cada combinação, este número de operadores era baixo para que fosse possível satisfazer a procura média de qualquer referência com apenas 2 operadores.

Optou-se assim por desenhar o fluxo produtivo de cada peça entre os vários postos de trabalho e por determinar o número de operadores aparente, necessário para realizar cada referência.

Para determinar o número de operadores necessários para produzir cada referência, partiu-se para o registo das operações requeridas para cada processo, contabilizando o número de operadores necessários para trabalhar em cada posto. Considera-se a área sublinhada e associada aos 4 postos do fim de linha, a ocupação de um operador que vai efetuar os postos necessários de acordo com a família.

No final, os resultados obtidos foram expostos na Tabela 19:

Tabela 19 - Ocupação dos postos de trabalho e número de operadores por família

Referência	Família	PSL0040	PSL0041	PES0015	PSL0044	BRD0072	CAB0059	Mesa Embalagem AA23-2	DIV0191	BRD0096	DIV0169	MPY0026	Nº Operadores
T.78392	1						0,5	1					1,5
T.78482	1						0,5	1					1,5
T.70764	2				1		0,5						1,5
T.78481	3	1	0,5				0,5	0,5					2,5
T.78483	3	1	0,5				0,5	0,5					2,5
T.78478	3	1	0,5				0,5	0,5					2,5
T.78480	3	1	0,5				0,5	0,5					2,5
T.78581	4			1			0,5					1	2,5
T.78584	5			1			0,5					1	2,5
T.70961	6			1	1		1					1	4
T.70764	6			1	1		1					1	4
T.81191	7			1	1		0,5					1	3,5
T.81189	8			1			0,5					1	2,5
T.81117	8			1			0,5					1	2,5
T.71099	9											1	1
T.78399	10					0,5	0,5						1
T.78582	11			1			0,5					1	2,5
T.71001	12			1	1		1					1	4
T.81116	13	0,5			0,5		0,5					1	2,5

Para cada família, é indicada a ocupação de cada um dos postos de trabalho associados por parte de cada operador. No final, está calculado o número de operadores necessários para fabricar cada um dos produtos, constituindo o número máximo de postos individuais que estes podem efetuar.

De seguida, utilizou-se a matriz de incompatibilidades para combinações de famílias. A matriz referida está representada na Tabela 20. Nesta, incluíram-se como base os resultados obtidos na Tabela 19.

Tabela 20 - Matriz de Incompatibilidades, considerando o número de operadores

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
F1		3	4	4	4		5	4	2,5	2	4		4
F2	3		4	4	4			4	2,5	2,5	4		4
F3	4	4		5	5		6	5	3,5	3,5	5		5
F4	4	4	5						3,5	3,5			
F5	4	4	5	0					3,5				
F6	0	0	0	0	0				5				
F7	0	0	6	0	0	0			4,5				
F8	2,5	4	5	0	0	0	0		3,5				
F9	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	5	4,5	3,5					
F10	2	2,5	3,5	0	0	0	0	0					
F11	2,5	4	5	0	0	0	0	0	0				
F12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
F13	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Como é possível observar através da tabela, consideram-se o número máximo de postos de forma a minimizar os transportes e o *bottleneck*.

Para as combinações de 2 famílias, designadamente a combinação A, B e D, optou-se por seguir o valor de N+1 com base na tabela descrita para cada uma das combinações de famílias na realização do balanceamento, tal como descrito de seguida:

- Combinação A (F1 + F9) – N+1 equivale a aproximadamente 3, logo balanceamento para N-1, N e N+1 igual a um, dois e três operadores;
- Combinação B (F2 + F8) – N+1 equivale a 4, logo balanceamento para N-1, N e N+1 igual a dois, três e quatro operadores;
- Combinação B (F4 + F10) – N+1 equivale a aproximadamente 4, logo balanceamento para N-1, N e N+1 igual a dois, três e quatro operadores;

O número de operadores vai variar entre dois, três, quatro e cinco para a grande maioria dos postos. Nesse sentido, vai-se então inicialmente assumir um balanceamento para N-1, N e N+1, com dois, três e quatro operadores respetivamente, para avaliar se realmente é necessária a presença do quinto operador.

Balanceamento dos postos de trabalho

O balanceamento da linha deve ser realizado para N, N-1 e N+1, para que a linha funcione com um número de operadores variado, conforme as necessidades do cliente.

Os tempos medidos para as combinações N, N-1 e N+1 da Iteração 1 estão presentes no ANEXO A. O Tempo total (T_{Total}) obtido representa a medição do Tempo de Ciclo (TC) e do Tempo Não Cíclico (TNC), reservado para outras perdas de tempo que possam ocorrer durante a operação.

Os objetivos de produção para um rendimento de 100%, 95%, 90% e 85% estão presentes no ANEXO B.

Nos balanceamentos efetuados, têm de se ter em conta algumas considerações, nomeadamente:

- Os TC utilizados correspondem ao funcionamento da linha a 100%;
- Por cada ciclo, são produzidas duas peças. A título de exemplo, sendo produzidas 20 peças/hora para determinada combinação, na verdade este valor corresponde a 20(x2) peças/hora, pois o *output* é de duas peças a cada ciclo. Ao longo dos balanceamentos, vai-se sempre considerar a produção de um dado número de peças hora, considerando o fabrico de 2 peças a cada ciclo, visto que o TT foi definido de acordo com este pressuposto.

- **Combinação A – N, N+1 e N-1 operadores**

Para a combinação A, foi feito o balanceamento para N=2, N=1 e N=3 operadores.

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 45:

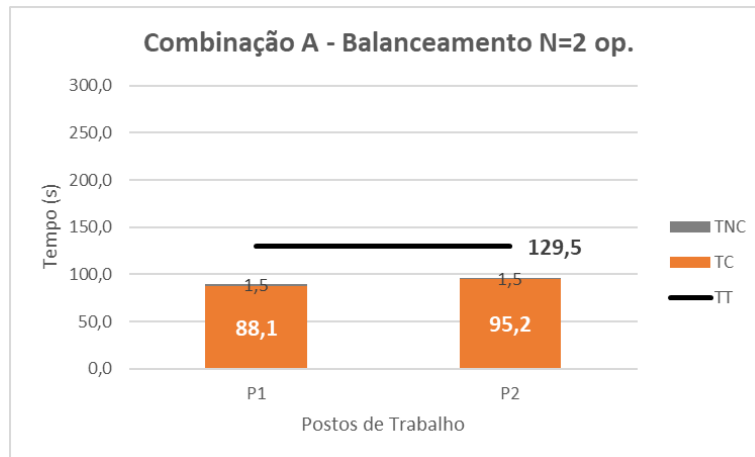


Figura 45 - Combinação A - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=1 está presente na Figura 46:

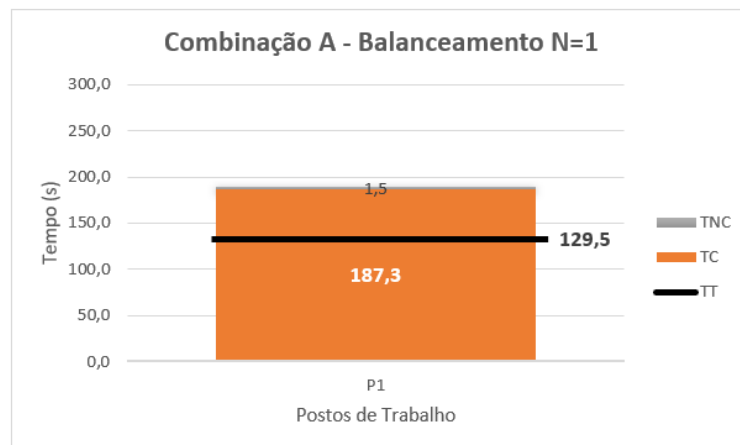


Figura 46 - Combinação A - Balanceamento para N=1 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 47:

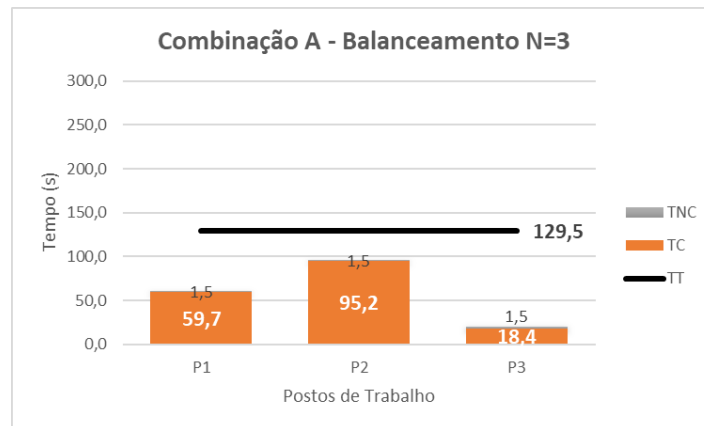


Figura 47 - Combinação A - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

Como é possível observar através dos gráficos apresentados, o Tempo total apenas ultrapassa o TT (*Takt Time*) no balanceamento para N=1 operadores, o que leva a concluir que a produção da linha, no limite, apenas não é capaz de satisfazer as necessidades do cliente para N-1.

Considerando um output de 2 peças por ciclo, para N=1 operador, a produção máxima é de 19 peças/hora, com 19,1 Peças/OP/Hora. O *bottleneck* é equivalente caso se trabalhe com N=2 ou N=3 operadores, logo, para ambos os casos, a produção máxima está limitada a 37 peças/hora. Desta forma, para N=2 é possível a produção de 18,6 Peças/OP/Hora, enquanto que para N=3, é possível produzir 12,4 Peças/OP/Hora, o que indica que o balanceamento para N=2 é mais vantajoso.

- **Combinação B – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação B, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 48:

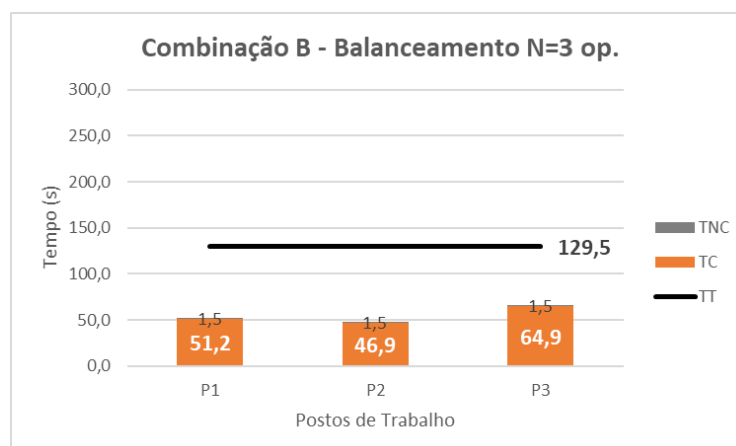


Figura 48 - Combinação B - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 49:

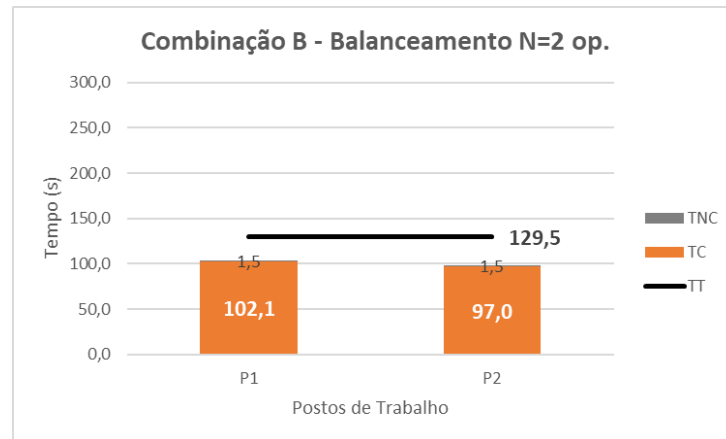


Figura 49 - Combinação B - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 50:

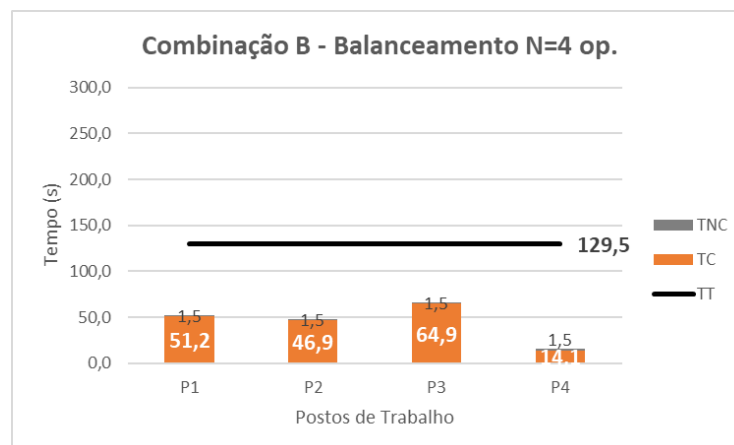


Figura 50 - Combinação B - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Como é possível observar através dos gráficos apresentados, o Tempo total não ultrapassa o TT em nenhum dos balanceamentos, sendo possível concluir que a produção da linha é capaz de cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 45, 35 e 54 peças/hora, com um *output* de 2 peças por ciclo. Desta forma, para com N=3, N=2 ou N=4 é possível produzir, no máximo, 14,9, 17,4 e 13,6 Peças/OP/Hora.

- **Combinação C – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação C, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 51:

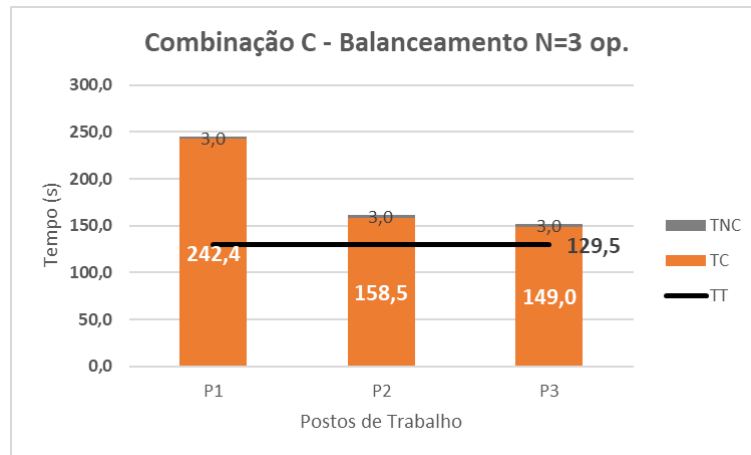


Figura 51 - Combinação C - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 52:

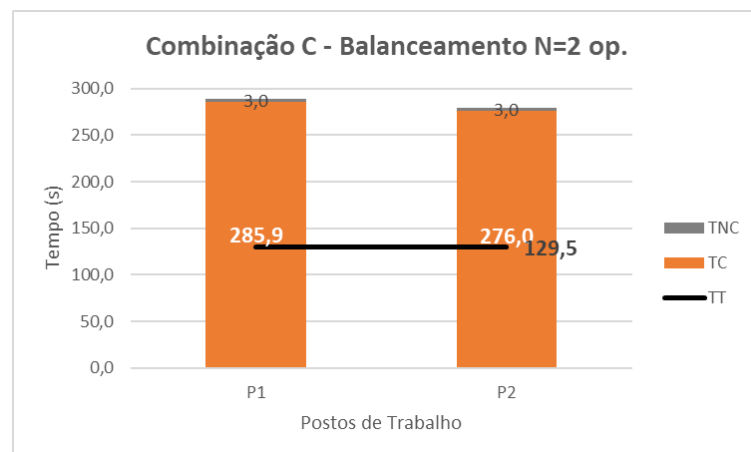


Figura 52 - Combinação C - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 53:

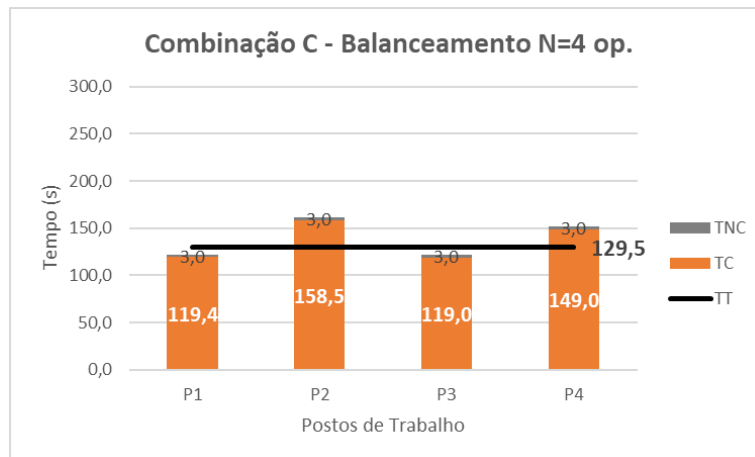


Figura 53 - Combinação C - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total ultrapassa o TT em todos os balanceamentos, podendo-se concluir que a produção da linha é em teoria incapaz de cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 15, 12 e 22 peças/hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4 é-se capaz de produzir, no máximo, 4,9, 6,2 e 5,6 Peças/OP/Hora.

- **Combinação D – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação D, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 54:

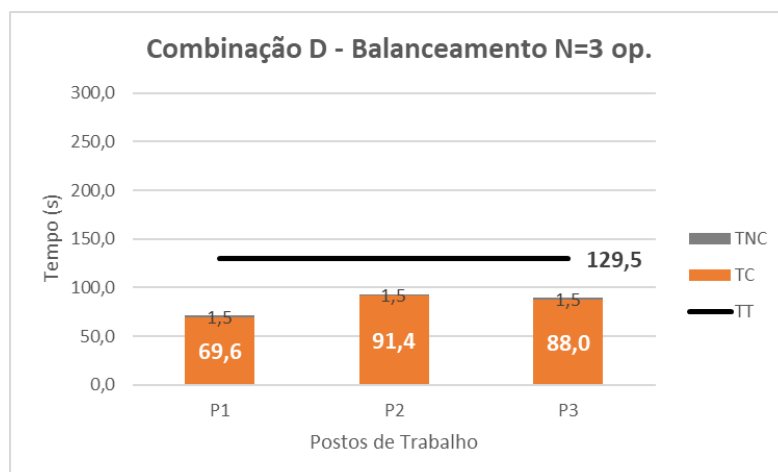


Figura 54 - Combinação D - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 55:

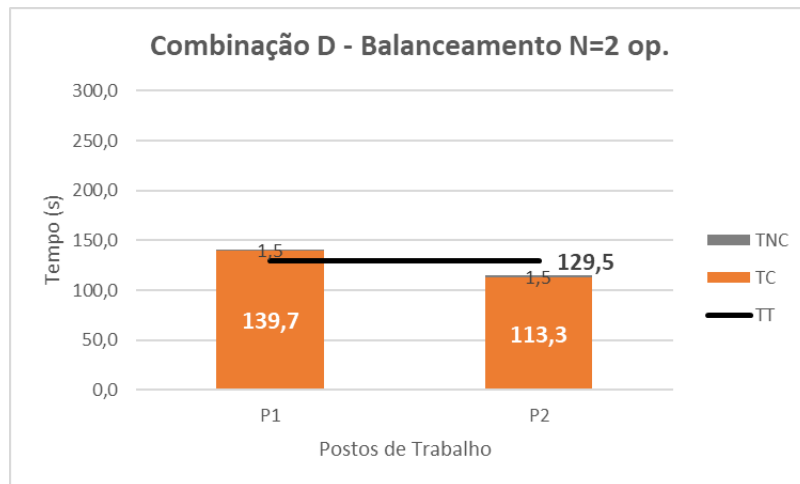


Figura 55 - Combinção D - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 56:

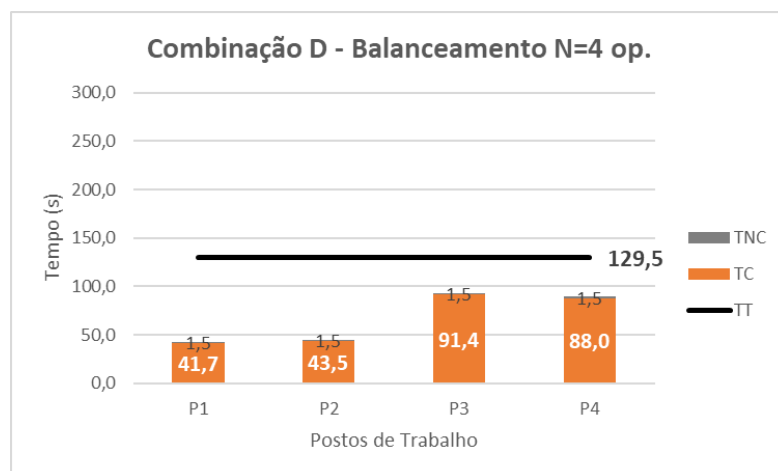


Figura 56 - Combinção D - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total apenas ultrapassa o TT no balanceamento para N=2, podendo-se concluir que a produção da linha para esse balanceamento é inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 39, 25 e 39 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 12,9, 12,7 e 9,7 Peças/OP/Hora.

- **Combinação E – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação E, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 57:

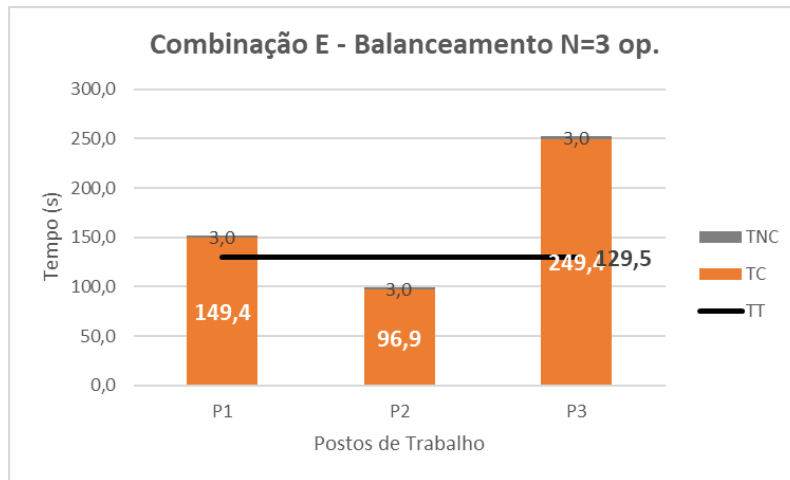


Figura 57 - Combinação E - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 58:

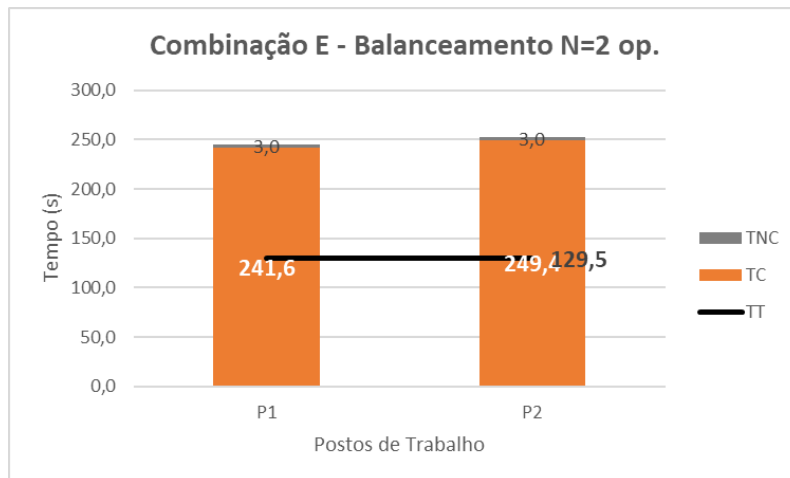


Figura 58 - Combinação D - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 59:

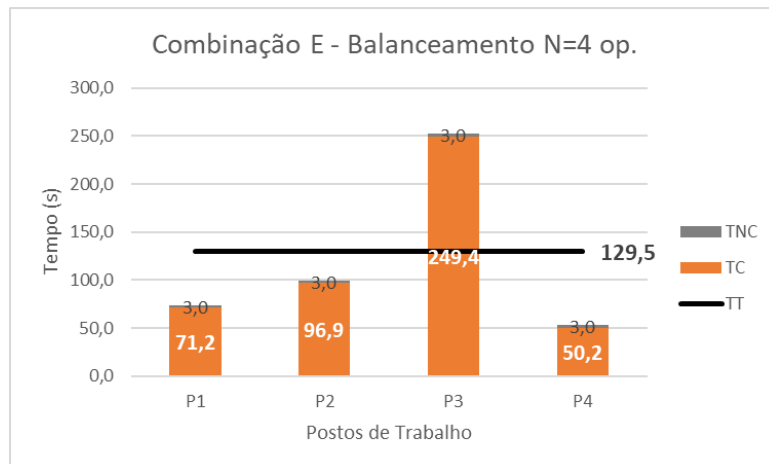


Figura 59 - Combinação E - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total ultrapassa o TT em todos os balanceamentos efetuados, podendo-se concluir que a produção é neste caso é sempre inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Independentemente da linha funcionar com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção é sempre de 14 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo, uma vez que o *bottleneck* de 252,4 é o mesmo para todos os balanceamentos. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 4,8, 7,1 e 3,6 Peças/OP/Hora.

- **Combinação F – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação F, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 60:

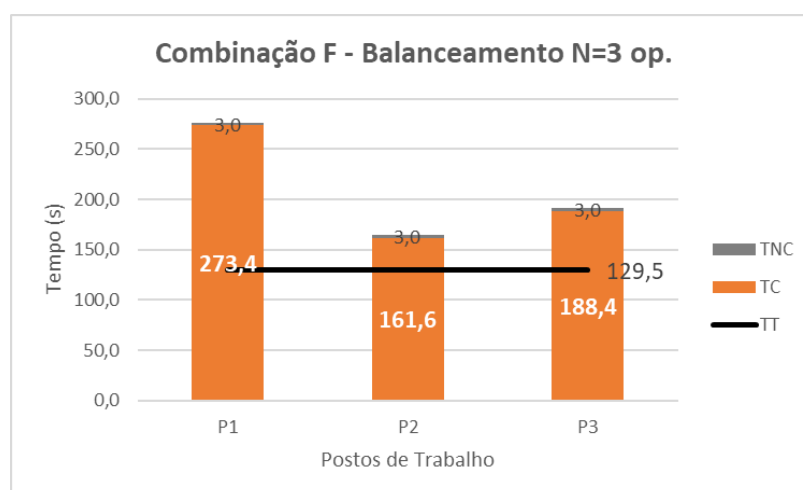


Figura 60 - Combinação F - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 61:

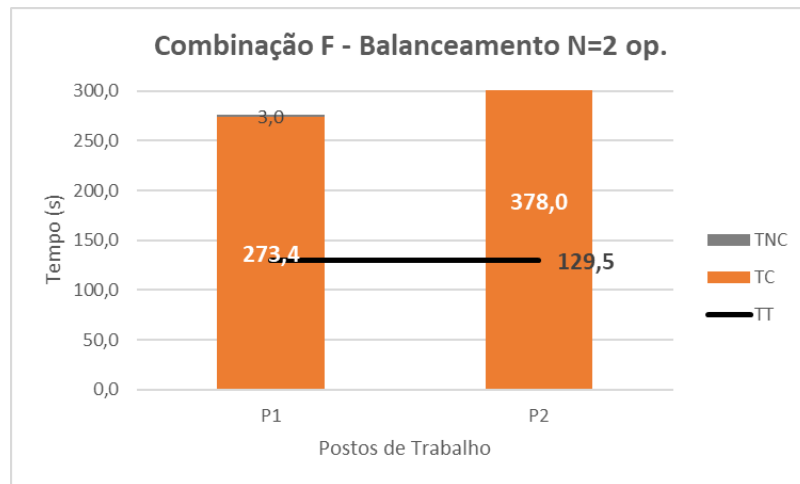


Figura 61 - Combinção F - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 62:

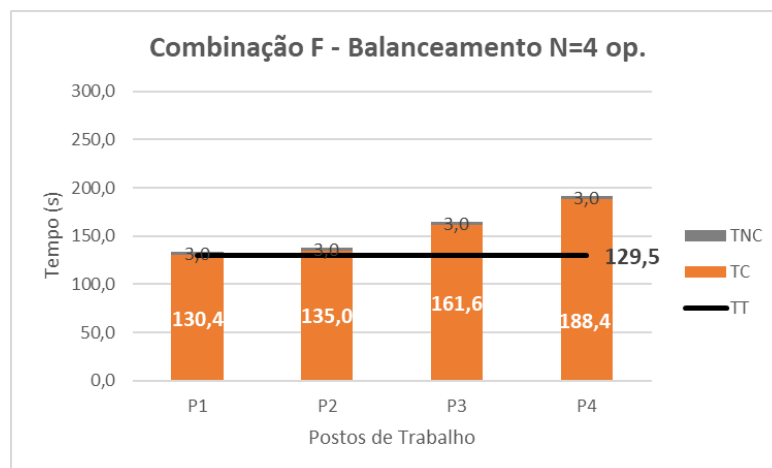


Figura 62 - Combinção F - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total é superior ao TT em todos os balanceamentos efetuados, podendo concluir-se que a produção é inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 13, 9 e 19 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Para N=3 é possível produzir, no máximo, 4,3 Peças/OP/Hora, enquanto que para N=2 e N=4, existe a possibilidade de se fabricar 4,7 Peças/OP/Hora.

- **Combinação G – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação G, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 63:

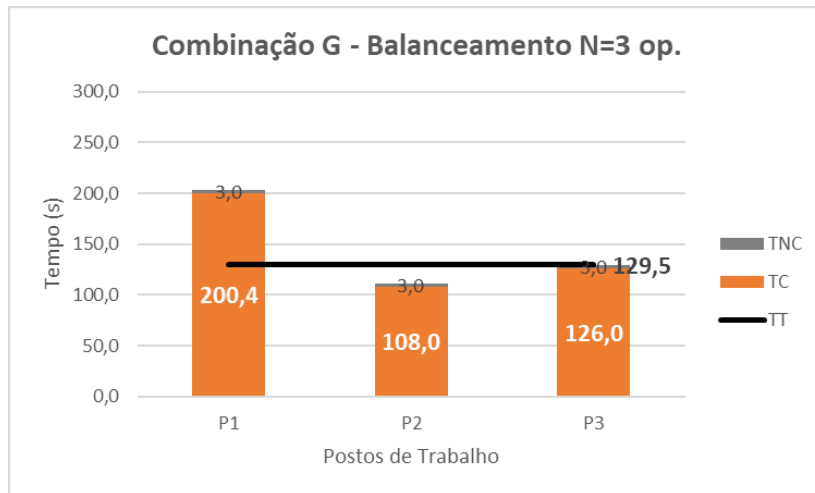


Figura 63 - Combinação G - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 64:

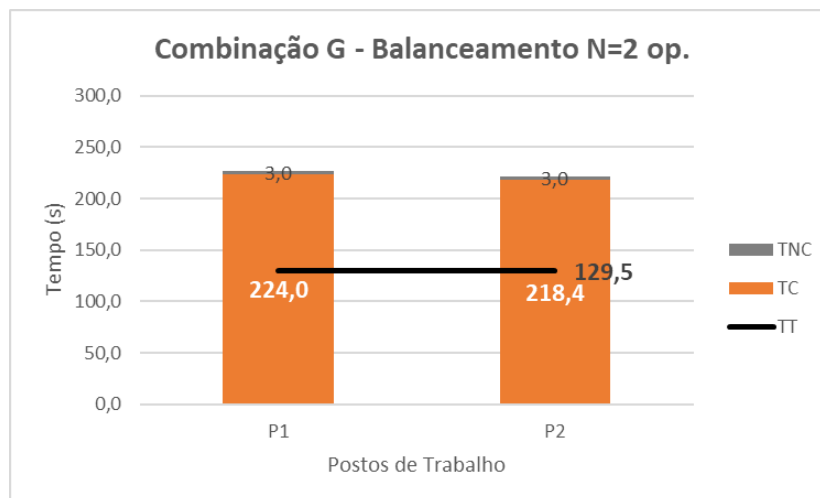


Figura 64 - Combinação G - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 65:

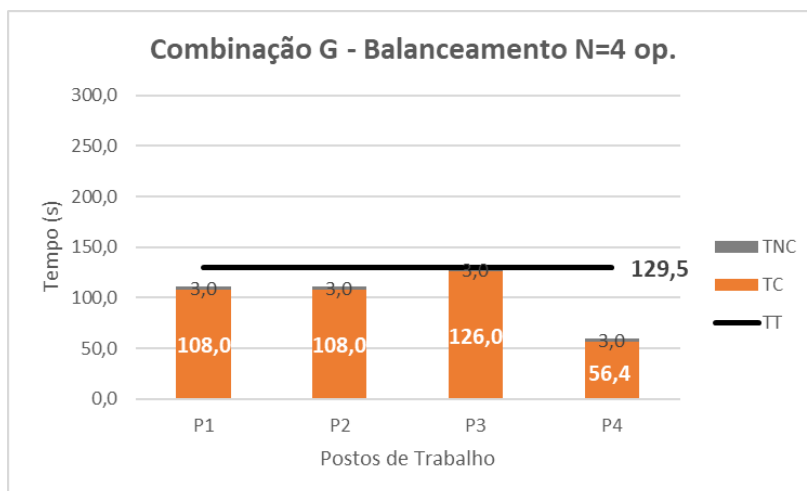


Figura 65 - Combinação G - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total é superior ao TT em todos os balanceamentos efetuados exceto no balanceamento para N=4, podendo concluir-se que a produção é capaz de cumprir os pedidos do cliente apenas para o balanceamento de N+1.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 18, 16 e 28 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 5,9, 7,9 e 7,0 Peças/OP/Hora.

- **Combinação H – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação H, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 66:

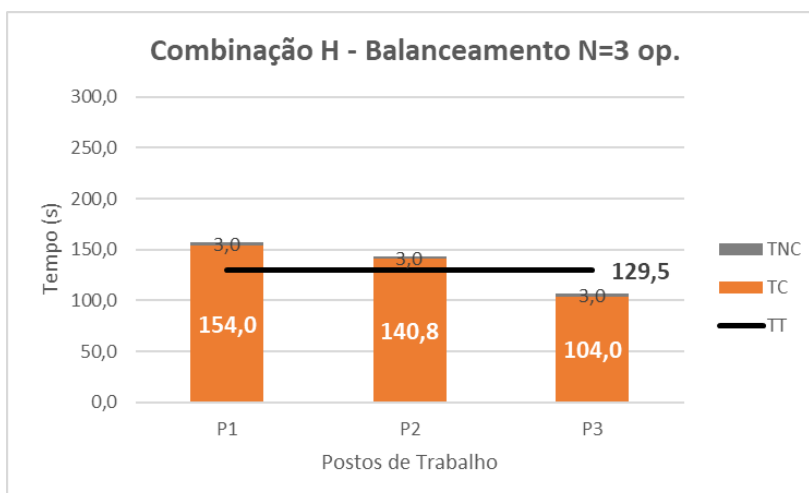


Figura 66 - Combinação H - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 67:

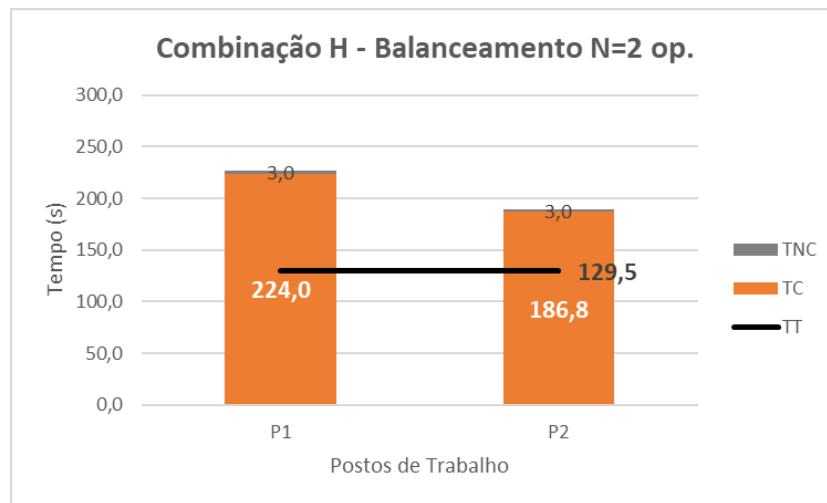


Figura 67 - Combinação H - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 68:

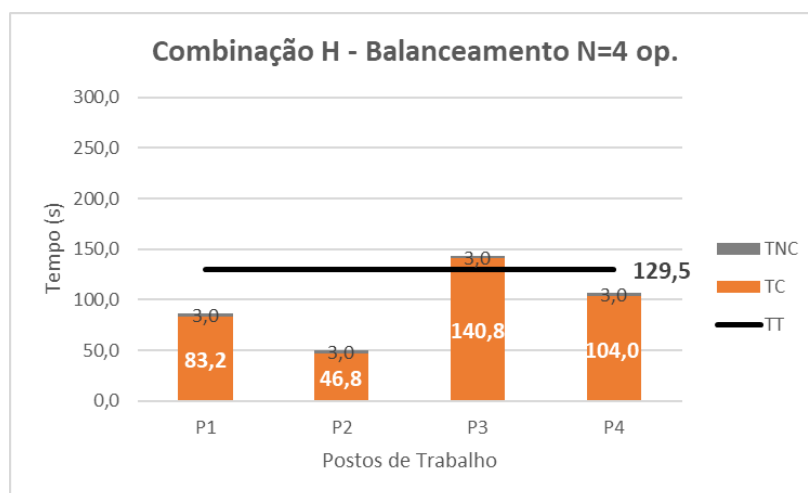


Figura 68 - Combinação H - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total é superior ao TT em todos os balanceamentos efetuados, o que indica que a produção é inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 23, 16 e 25 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 7,6, 7,9 e 6,3 Peças/OP/Hora.

- **Combinação I – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação I, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 69:

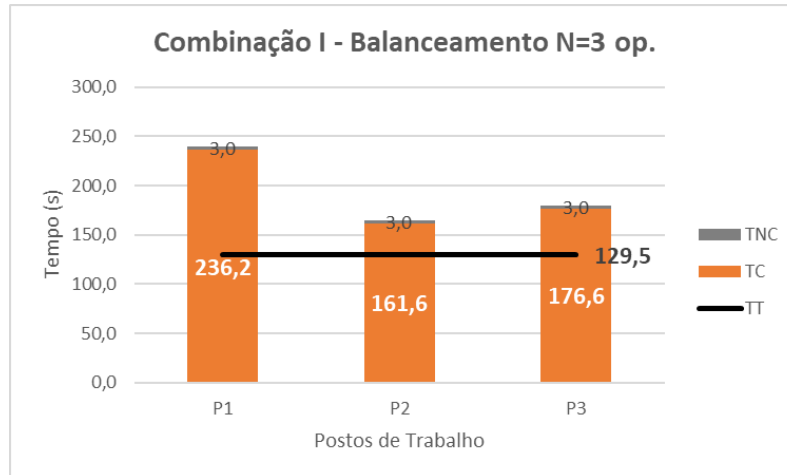


Figura 69 - Combinação I - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 70:

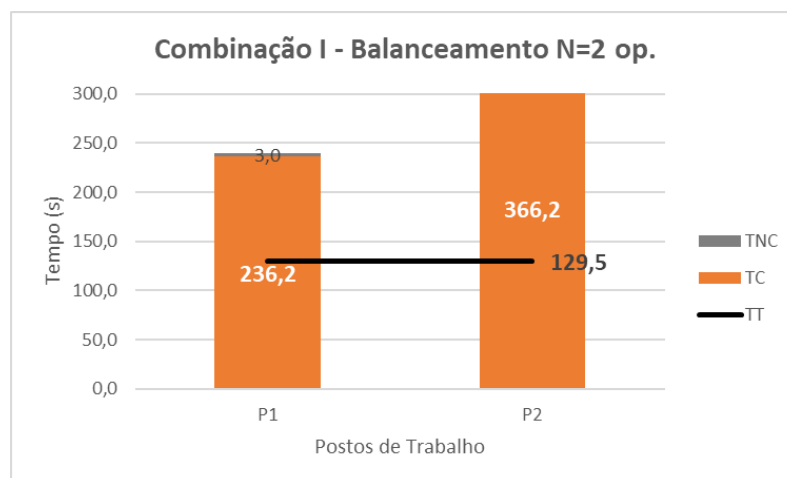


Figura 70 - Combinação I - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 71:

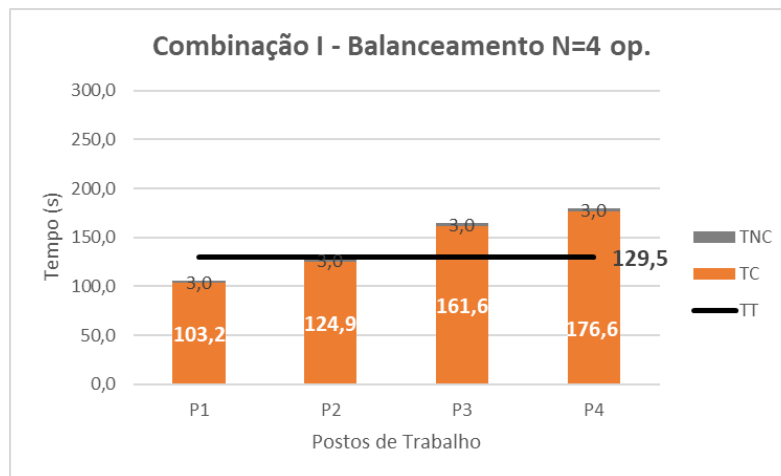


Figura 71 - Combinação I - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total é superior ao TT em todos os balanceamentos efetuados, o que indica mais uma vez que a produção é inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 15, 10 e 20 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir no máximo 5, 4,9 e 5 Peças/OP/Hora.

- **Combinação J – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação J, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 72:

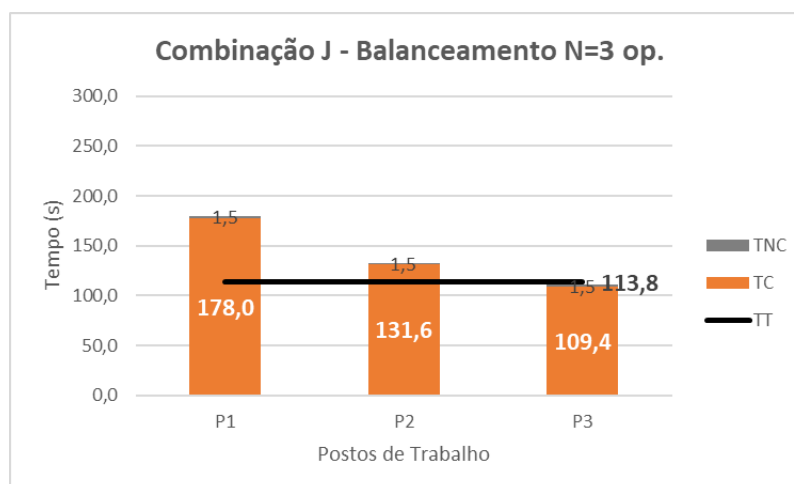


Figura 72 - Combinação J - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 73:

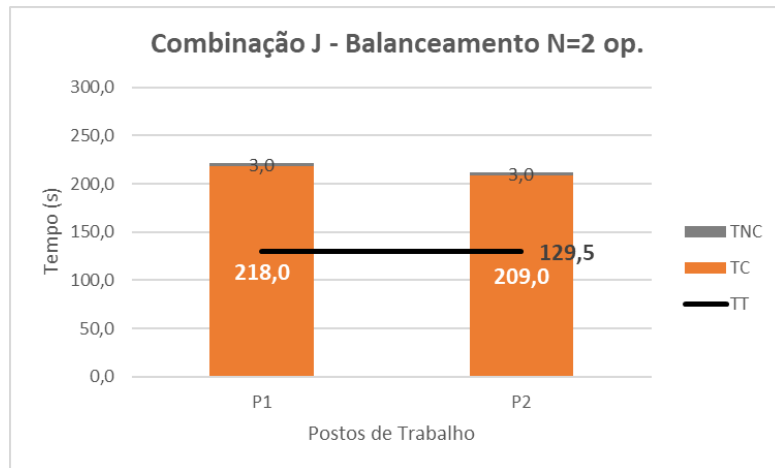


Figura 73 - Combinção J - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 1)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 74:

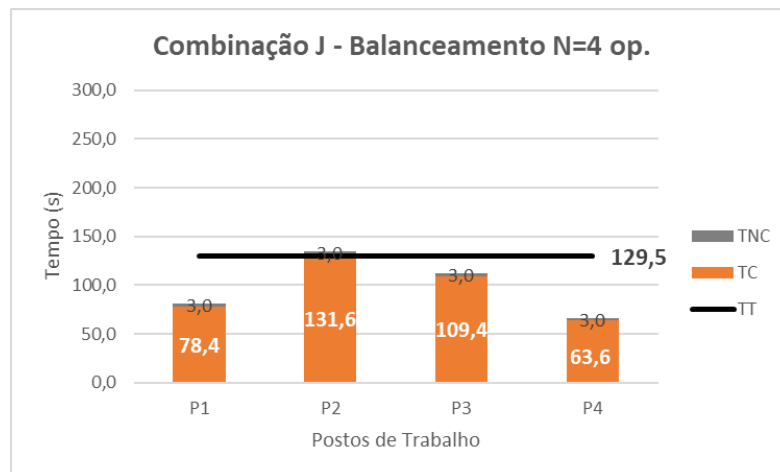


Figura 74 - Combinção J - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 1)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total é superior ao TT em todos os balanceamentos efetuados para a Combinção J, sendo a produção inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 20, 16 e 27 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir no máximo 6,6, 8,1 e 6,7 Peças/OP/Hora.

Ao analisar a globalidade dos gráficos, ainda que se observe uma aproximação do Tempo total ao TT da linha, a situação permanece idêntica à situação inicial, dado que continua a não ser possível produzir o suficiente para satisfazer as necessidades do cliente, mesmo com o balanceamento para N+1.

Nesse sentido, foram analisadas outras fontes de desperdício de tempo e identificadas oportunidades de melhoria relevantes. Considerou-se também a avaliação da necessidade de produzir durante 3 turnos em vez de 2 turnos, de forma a se conseguir produzir as quantidades

pretendidas, uma vez que a adição do quinto operador não era plausível em alguns casos (pois o número de operadores seria superior ao número de postos).

Iteração 2 – Funcionamento da linha em 3 turnos e implementação de melhorias

Tal como se referiu, considerou-se neste caso o funcionamento da AA23 em 3 turnos. Como os operadores presentes em cada posto eram todos experientes e já realizam as operações de forma padronizada, então foi essencial a implementação de melhorias nos postos com tempos de espera mais relevantes ou que tenham oportunidade de ser melhorados.

Tempos de ciclo medidos

Tal como realizado previamente, partiu-se para a exposição dos tempos de ciclo associados, considerando as alterações efetuadas na Tabela 21:

Tabela 21 - Tempos de ciclo da linha AA23 para combinações (Iteração 2)

Posto	Tempos de Ciclo Linha AA23 (s)									
	Combinação									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	F1+F9	F2+F8	F3	F4+F10	F5	F6	F7	F11	F12	F13
1		51,20	119,40	41,70	71,20	130,40	108,00	83,20	103,24	78,40
2		46,90	158,48			135,00	108,00		124,92	131,60
3								46,80		
4	59,70	64,85	119,00	43,45	96,90	161,60	126,00	43,80	161,60	109,40
5				91,40						
6	95,20		149,00							
7	18,40				38,60					
8					87,00					
9				51,80	103,20	116,00		104,00	101,20	
10		14,10		32,20	50,20	64,40	56,40	61,00	67,40	63,60
Work Content (WC) (s)	173,30	177,05	545,88	260,55	447,10	607,40	398,40	338,80	558,36	383,00

Work Content Ponderado

Tal como anteriormente, procedeu-se ao cálculo do *Work Content*, recorrendo-se aos dados da Tabela 22:

Tabela 22 - Sumarização dos dados para cálculo do WC Ponderado (Iteração 2)

Combinação	Família	WC (s)	Qtd Mês (uni.)	Proporção (%)
A	F1+F9	173,30	4820	26,63%
B	F2+F8	177,05	7946	43,90%
C	F3	545,88	1680	9,28%
D	F10+F4	260,60	855	4,72%
E	F5	451,10	960	5,30%
F	F6	607,40	421	2,33%
G	F7	398,40	514	2,84%
H	F11	338,80	29	0,16%
I	F12	558,36	463	2,56%
J	F13	383,00	414	2,29%
Qtd. Mês Total (uni.)			18102	100,00%

O *Work Content* Ponderado pode ser obtido através da Equação (16):

$$WC \text{ Ponderado} = \sum WC_i \times \text{Proporção}_i \quad (16)$$

O WC Ponderado obtido foi de 259,8 s.

Takt Time (TT)

Mais uma vez, temos por base a disponibilidade semanal presente na Tabela 18.

Considerando-se a produção de 2 referências em simultâneo, considera-se o dobro da disponibilidade, para efeitos de cálculo. Nesta iteração, o número de turnos adotado passa de 2 para 3, correspondendo a disponibilidade a 111,50 horas de trabalho semanais, com uma procura de 862 peças/dia.

Tendo em conta os dados fornecidos, torna-se possível o cálculo do TT, através da Equação (17):

$$TT = \frac{\text{Disponibilidade semanal} \times 3600 \text{ s} \times 2}{\text{Procura diária} \times 5} \quad (17)$$

O TT obtido foi equivalente a 186,3 s.

Número mínimo de postos (N)

Tal como anteriormente, procedeu-se ao cálculo do valor de N através da Equação (18):

$$N = \frac{WC}{TT} \quad (18)$$

O valor obtido para N foi agora de 2 operadores. No entanto, tal como foi referido aquando da Iteração 1, o número mínimo de postos não garante a maior eficiência do balanceamento. Assim sendo, vai-se efetuar o balanceamento mantendo em linha o que foi anteriormente referido:

- Combinação A (F1 + F9) – balanceamento para N-1, N e N+1 igual a um, dois e três operadores;
- Combinação B (F2 + F8) – balanceamento para N-1, N e N+1 igual a dois, três e quatro operadores;
- Combinação B (F4 + F10) – balanceamento para N-1, N e N+1 igual a dois, três e quatro operadores;

Para as restantes combinações, vai-se então inicialmente assumir um balanceamento para N-1, N e N+1, com dois, três e quatro operadores respetivamente, avaliando mais uma vez se realmente é necessária a presença do quinto operador.

Balanceamento dos postos de trabalho

Após calcular o N, foi novamente realizado o balanceamento da linha para N, N-1 e N+1, sendo considerados os mesmos pressupostos da Iteração 1.

Os tempos medidos para as combinações N, N-1 e N+1 da Iteração 2 estão presentes no ANEXO A, exceto para as combinações E e F, cujos tempos estão disponíveis no ANEXO C.

Os objetivos de produção para um rendimento de 100%, 95%, 90% e 85% estão presentes no ANEXO B, exceto para Combinações E e F, cujos objetivos de produção estão disponíveis no ANEXO D.

- **Combinação A – N, N-1 e N+1 operador**

Para a combinação A, foi feito o balanceamento para N=2, N=1 e N=3 operadores.

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 75:

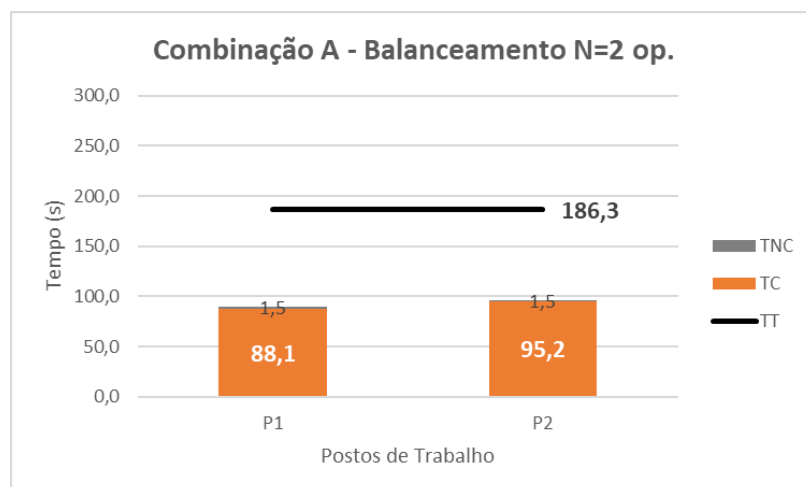


Figura 75 - Combinação A - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=1 está presente na Figura 76:

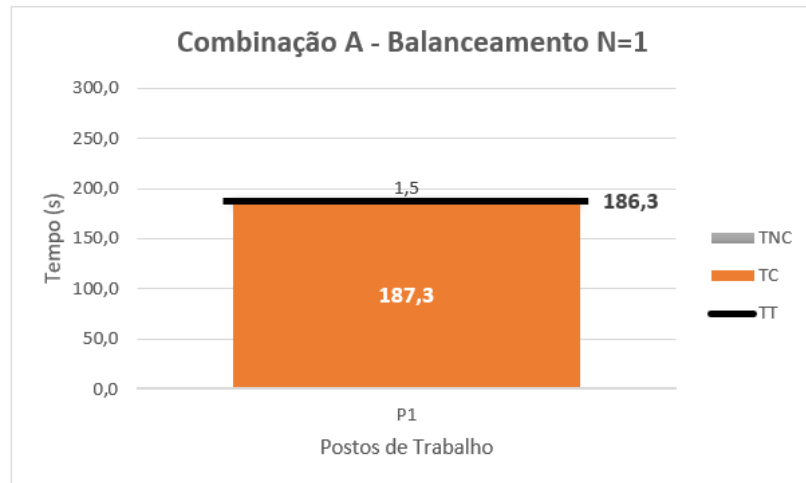


Figura 76 - Cominação A - Balanceamento para N=1 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 77:

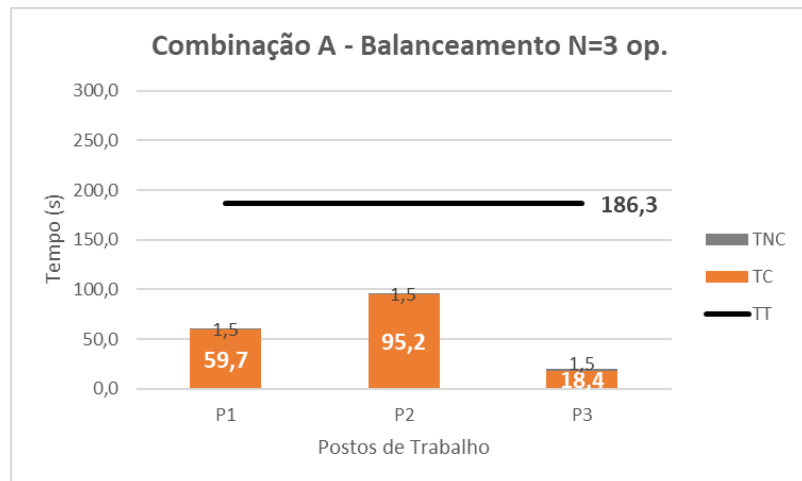


Figura 77 - Cominação A - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

Como é possível observar através dos gráficos apresentados, o Tempo total é em todos os casos inferior ao TT para os balanceamentos efetuados, o que leva a concluir que a produção da linha é capaz de satisfazer as necessidades do cliente.

Considerando um output de 2 peças por ciclo, para N=1 operador, a produção máxima é de 19 peças/hora, com 19,1 Peças/OP/Hora. Para N=2 ou N=3 operadores, a produção máxima está limitada a 37 peças/hora. Desta forma, para N=2 é possível a produção de 18,6 Peças/OP/Hora, enquanto que para N=3, é possível produzir 12,4 Peças/OP/Hora, o que indica que o balanceamento para N=2 é mais vantajoso.

- **Combinação B – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação B, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 78:

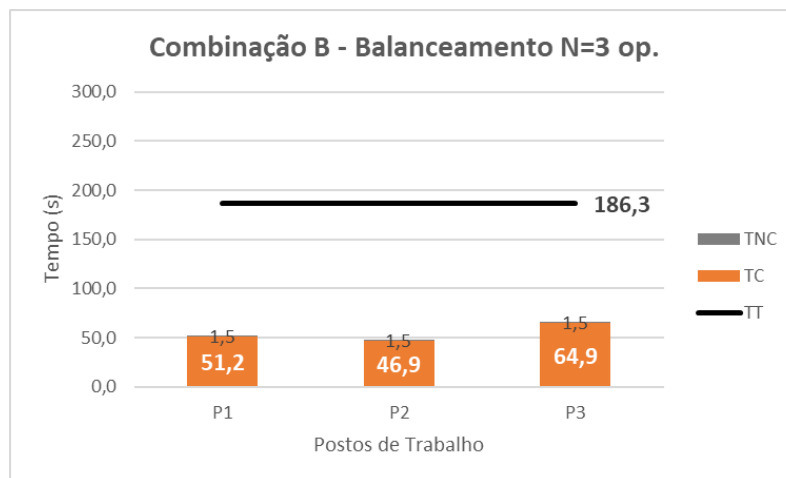


Figura 78 - Combinação B - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 79:

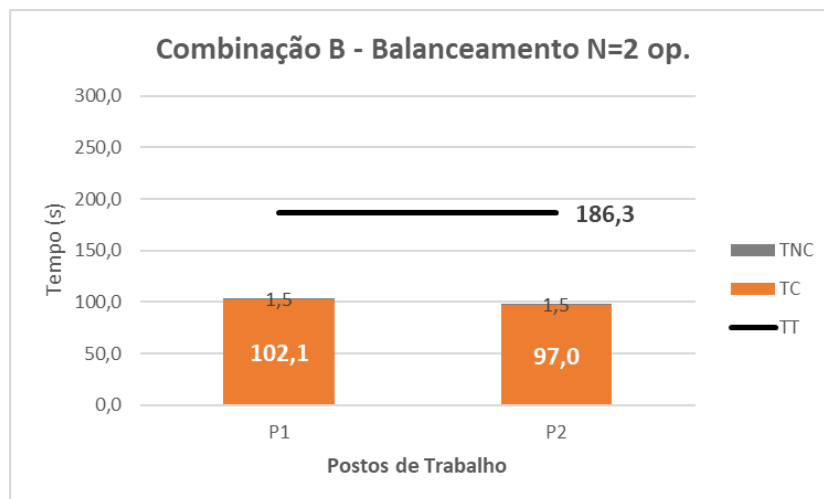


Figura 79 - Combinação B - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 80:

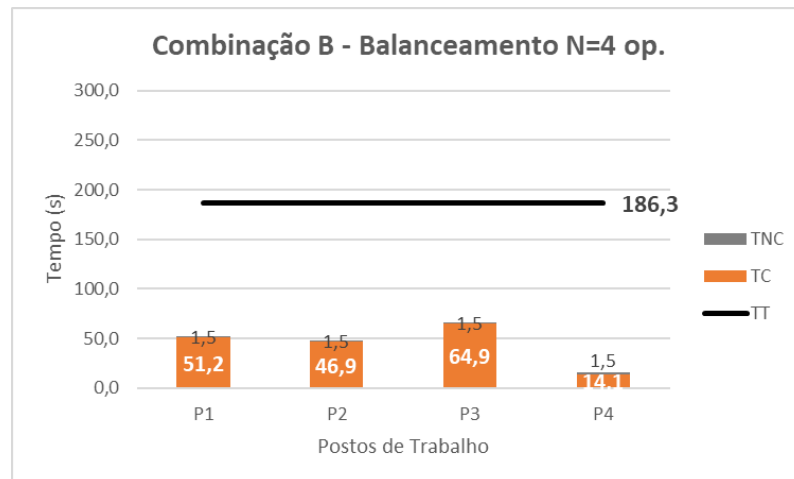


Figura 80 - Combinação B - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Como é possível observar através dos gráficos apresentados, o Tempo total não ultrapassa o TT em nenhum dos balanceamentos, sendo possível concluir que a produção da linha é capaz de cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 45, 35 e 54 peças/hora, com um *output* de 2 peças por ciclo. Desta forma, para com N=3, N=2 ou N=4 é possível produzir, no máximo, 14,9, 17,4 e 13,6 Peças/OP/Hora.

- **Combinação C – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação C, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 81:



Figura 81 - Combinação C - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 82:

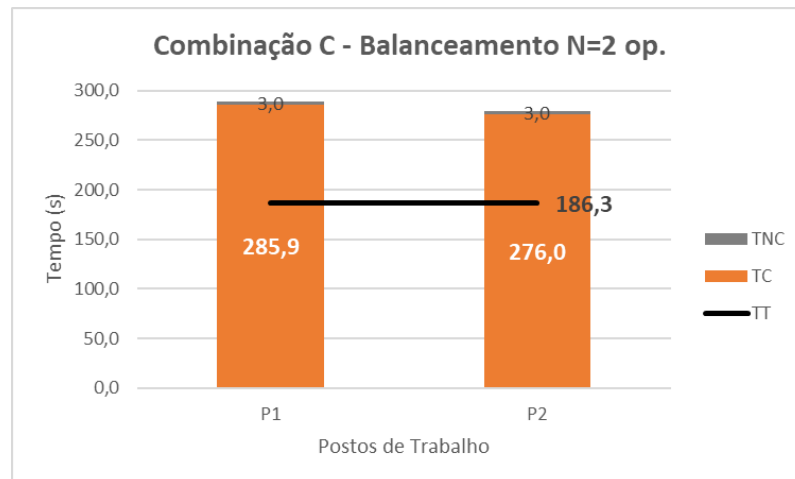


Figura 82 - Combinação C - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 83:

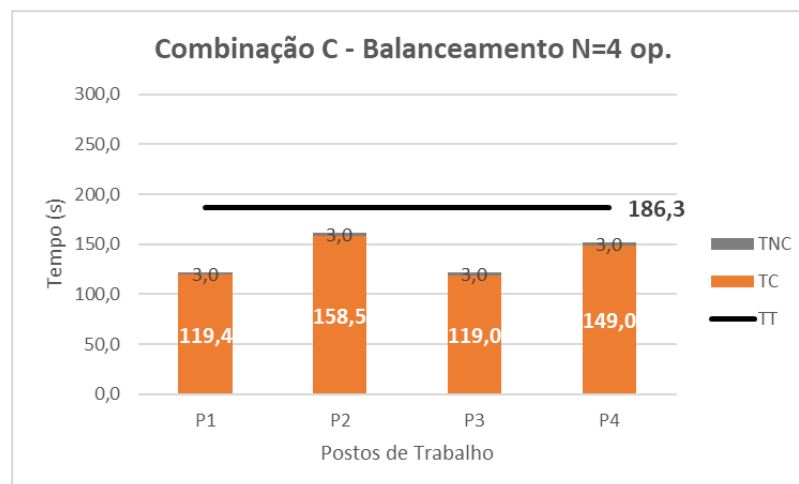


Figura 83 - Combinação C - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Considerando o funcionamento da linha a 3 turnos, verifica-se agora que o Tempo total já não ultrapassa o TT em todos os balanceamentos, uma vez que para N+1, a produção da linha é agora suficiente para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 15, 12 e 22 peças/hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4 é-se capaz de produzir, no máximo, 4,9, 6,2 e 5,6 Peças/OP/Hora.

- **Combinação D – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação D, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 84:

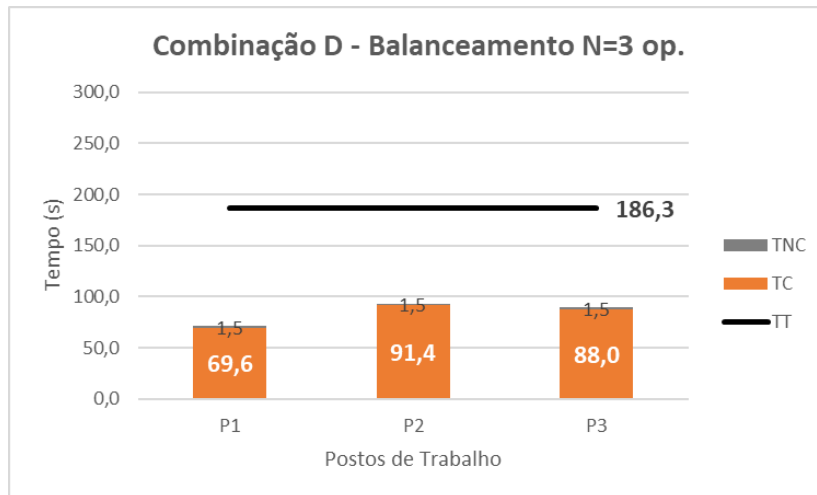


Figura 84 - Combinação D - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 85:

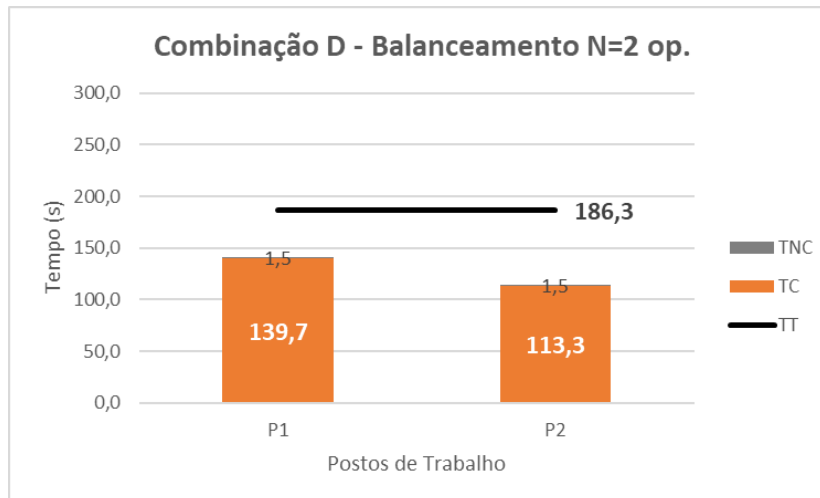


Figura 85 - Combinação D - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 86:

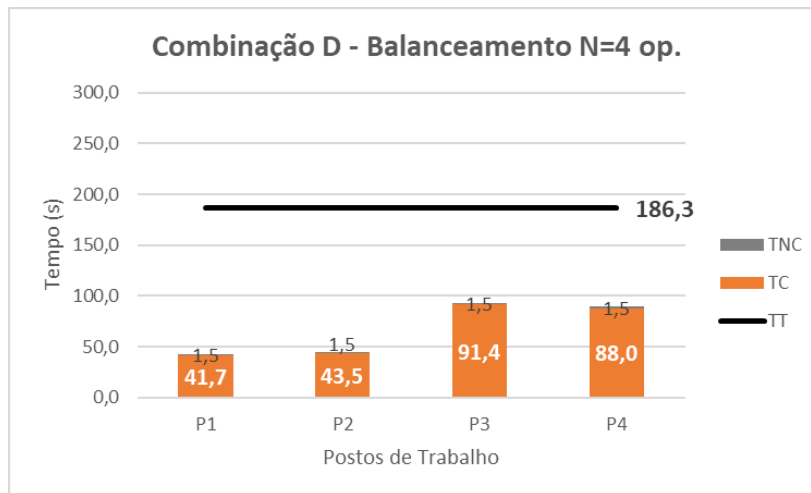


Figura 86 - Combinação D - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Com a implementação do funcionamento a 3 turnos, é possível confirmar que o Tempo total é agora inferior ao TT em todos os balanceamentos, podendo-se concluir que a produção da linha era agora suficiente para cumprir os pedidos do cliente.

Tal como explicado anteriormente, conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 39, 25 e 39 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 12,9, 12,7 e 9,7 Peças/OP/Hora.

- **Combinação E – N, N-1 e N+1 operadores**

Através do balanceamento da linha para a Combinação E, verificou-se que era um dos casos em que existia um posto que se destacava por ter um *bottleneck* cujo Tempo total era muito superior a todos os restantes postos. Nesse sentido, partiu-se para uma análise mais aprofundada deste posto.

Verificou-se a existência de múltiplas esperas no processo, representadas na Figura 87. Neste caso, o TC requerido para a produção de 2 peças era de 249,4 segundos.

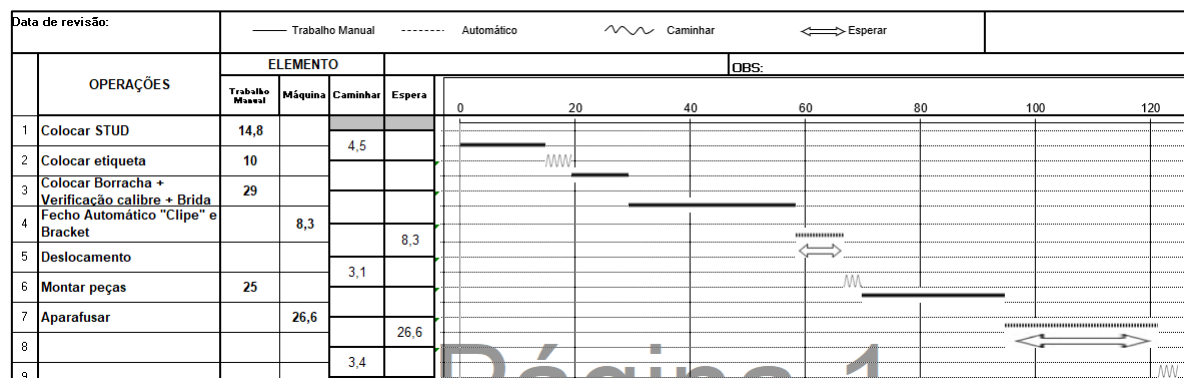


Figura 87 - Posto de colocação de etiqueta, "clipe" e bracket (Iteração 1)

A espera de 26,6 não podia ser alterada, uma vez que o colaborador tinha de estar presente ao pé da máquina para assegurar o funcionamento devido do processo. Também não era possível reduzir o tempo de funcionamento da máquina, visto que além de aparafusar as peças, a máquina efetuava também um teste de obstrução para verificar se existia obstrução do tubo após a montagem das peças.

Por outro lado, foi possível intervir a nível da espera de 8,3 segundos. Esta espera existia porque o operador tinha de ficar à espera que a máquina realizasse o fecho automático dos “clipes” e *brackets* para poder iniciar a operação de colocar etiqueta na peça seguinte.

Para tal, foi proposta uma melhoria da máquina, com intervenção a nível mecânico e a nível da programação da mesma, tal como é descrito na Tabela 23:

Tabela 23 - Estado inicial da máquina e estado da máquina após melhorias

Estado	Alterações Mecânicas	Alterações de Programação
Estado Inicial da Máquina	Máquina tem barreiras, que desativam apenas nos momentos de atividade do operador e que se desativam mal se inicie o funcionamento da máquina.	Ciclo normal da máquina inicia-se com a colocação de etiquetas, seguida da colocação de bridas e <i>brackets</i> , assim como da verificação no calibre. Segue-se o início do funcionamento da máquina, com o fecho automático das respetivas bridas e <i>brackets</i> .
Estado da Máquina Após Melhoria	Colocação da impressora de etiquetas no exterior da máquina, de forma a que o operador possa proceder a esta tarefa enquanto a máquina funciona, sem interferência das barreiras.	Programa passa a funcionar com dois ciclos independentes, permitindo a colagem das etiquetas da peça seguinte durante a realização do fecho automático das bridas e <i>brackets</i> na máquina. Altera-se também o leitor das etiquetas para a realização de uma espera de 1 s entre leituras, permitindo distinguir a deteção da 1ª etiqueta e da 2ª etiqueta.

É possível observar as mudanças efetuadas na máquina na Figura 88:

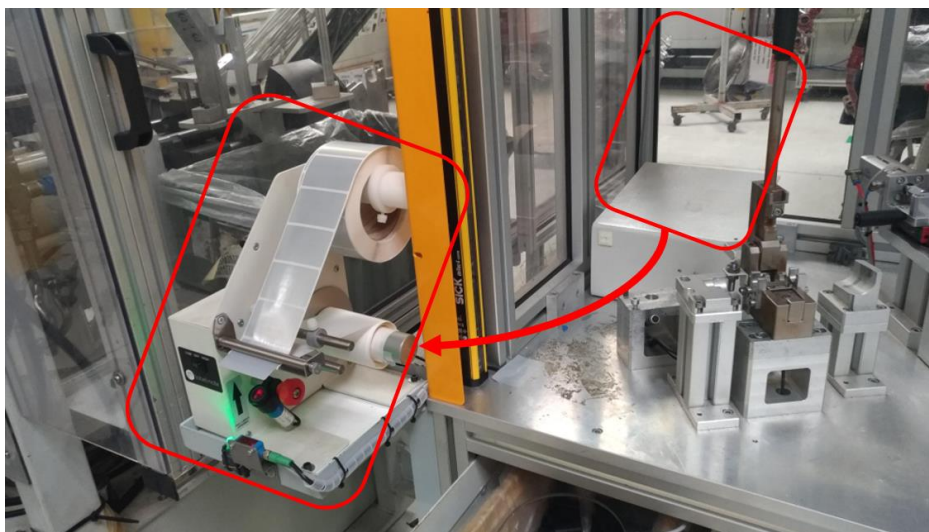


Figura 88 - Alterações efetuadas na máquina

É possível observar o impacto desta redução de uma forma mais visual através da Figura 89:

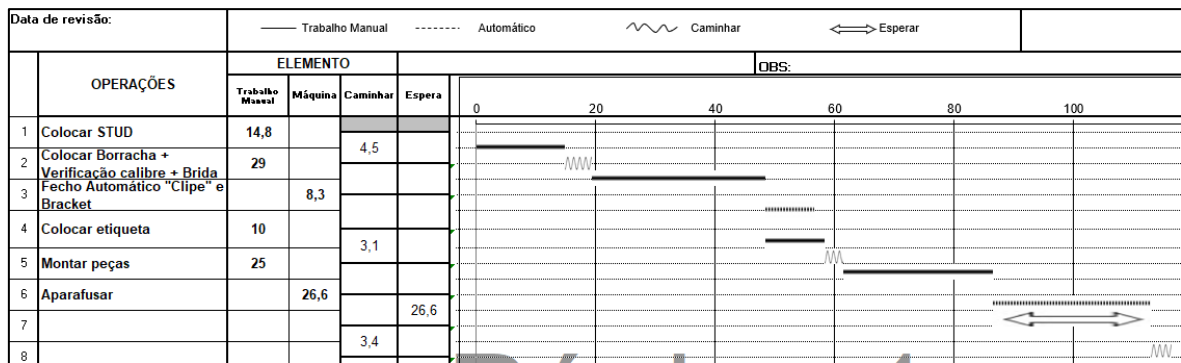


Figura 89 - Posto de colocação de "clipe" e bracket (Iteração 2)

A comparação entre resultados obtidos na Iteração 1 e após a implementação das melhorias descritas, podem verificar-se através da Tabela 24. As melhorias aplicadas estão já contabilizadas na Iteração 2.

Tabela 24 - Resultados das melhorias aplicadas

Iteração	TC (s)	TTotal (s)	Produção (Peças/h)	Melhoria BN
1	249,4	252,4	14,0	↓ TC ≈ 7% ↑ Prod ≈ 7%
2	232,8	235,8	15,0	

No final, efetuando-se a contabilização das restantes atividades do posto e tendo em conta que tem de se considerar a produção de duas peças, o tempo de ciclo obtido transita de 249,4 s para 232,8 s, com uma redução de 7%. Inversamente, a produção aumenta em 7%, de 14 para 15 peças/hora.

A redução do tempo de ciclo foi já considerada no balanceamento dos postos para N, N-1 e N+1.

Na Figura 90 e na Tabela 25, estão apresentados o balanceamento efetuado para N e os objetivos associados para uma atividade da linha a 100%, 95%, 90% e 85%, respetivamente.

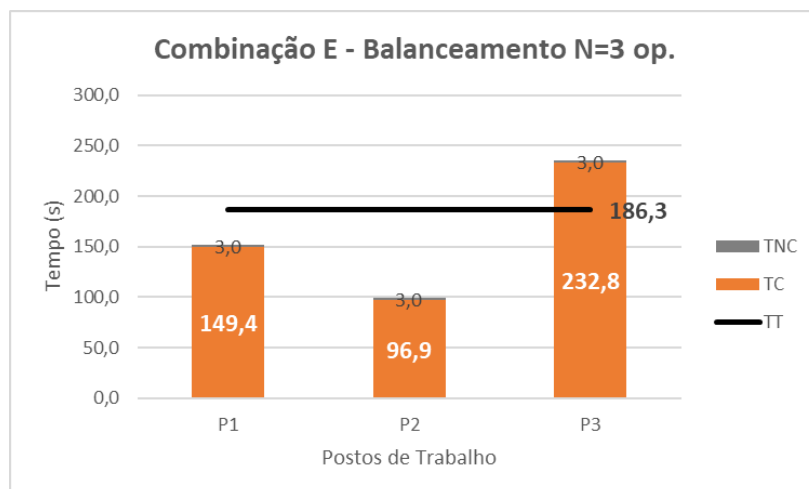


Figura 90 - Combinação E - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

Tabela 25 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	235,8	247,6	259,4	271,2
Prod/Hora	15	15	14	13
Prod/Turno 8h	122	116	111	106
Peças/OP/Hora	5,1	4,8	4,6	4,4
Prod/Turno 6h	92	87	83	80
Peças/OP/Hora	5,1	4,8	4,6	4,4

Na Figura 91 e na Tabela 26, estão apresentados o balanceamento efetuado para N-1 e os objetivos associados para uma atividade da linha a 100%, 95%, 90% e 85%, respetivamente.

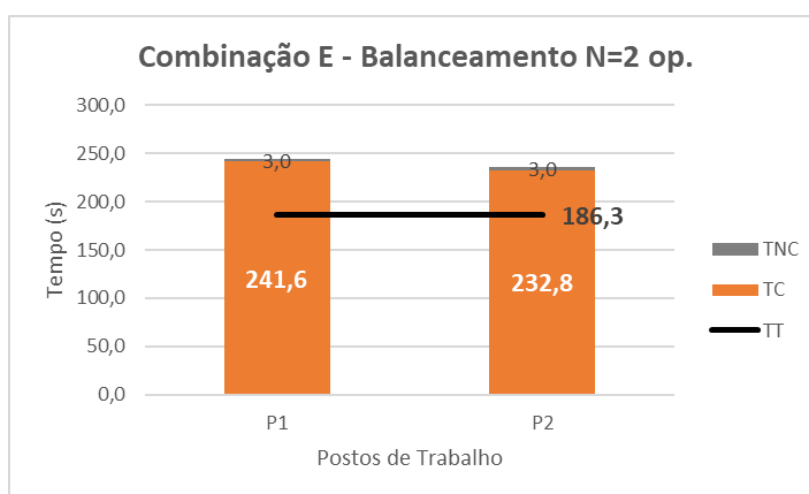


Figura 91 - Combinação E - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

Tabela 26 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	244,6	256,8	269,1	281,3
Prod/Hora	15	14	13	13
Prod/Turno 8h	118	112	107	102
Peças/OP/Hora	7,4	7,0	6,7	6,4
Prod/Turno 6h	88	84	80	77
Peças/OP/Hora	7,4	7,0	6,7	6,4

Na Figura 92 e na Tabela 27, estão apresentados o balanceamento efetuado para N+1 e os objetivos associados para uma atividade da linha a 100%, 95%, 90% e 85%, respectivamente.

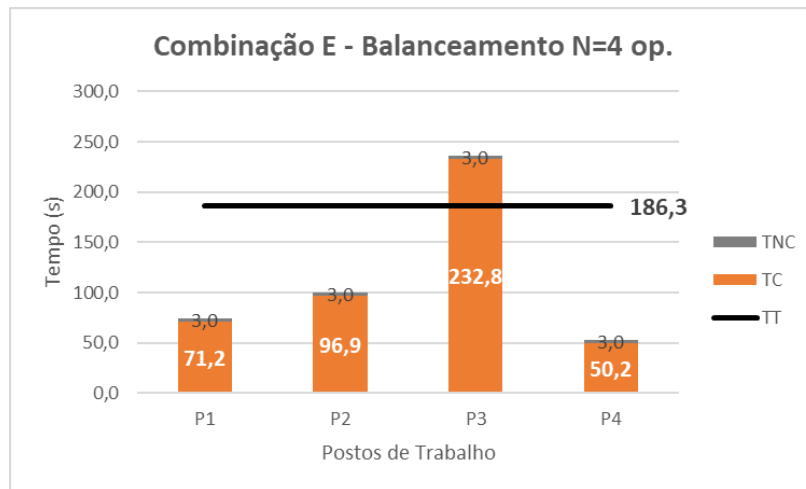


Figura 92 - Combinação E - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Tabela 27 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	235,8	247,6	259,4	271,2
Prod/Hora	15	15	14	13
Prod/Turno 8h	122	116	111	106
Peças/OP/Hora	3,8	3,6	3,5	3,3
Prod/Turno 6h	92	87	83	80
Peças/OP/Hora	3,8	3,6	3,5	3,3

Mesmo após as melhorias efetuadas e o funcionamento da linha a três turnos, o Tempo total continua a ser superior ao TT da linha para todos os balanceamentos efetuados.

Independentemente da linha funcionar com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção é sempre de 15 peças/hora, com um output de 2 peças por ciclo. No entanto, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 5,1, 7,4 e 3,8 Peças/OP/Hora, o que indica que balanceamento mais adequado seria o de N=2, pois obtêm-se o mesmo output com a necessidade de um menor número de operadores.

Porém, uma vez que em todos os casos o TT é ultrapassado pelo *bottleneck* de 235,8 s no posto três, optou-se por possível realizar um balanceamento para N+1, aproveitando a disponibilidade do posto quatro e a redução do TC neste posto após melhorias.

O novo balanceamento e objetivos definidos estão representados na Figura 93 e na Tabela 28:

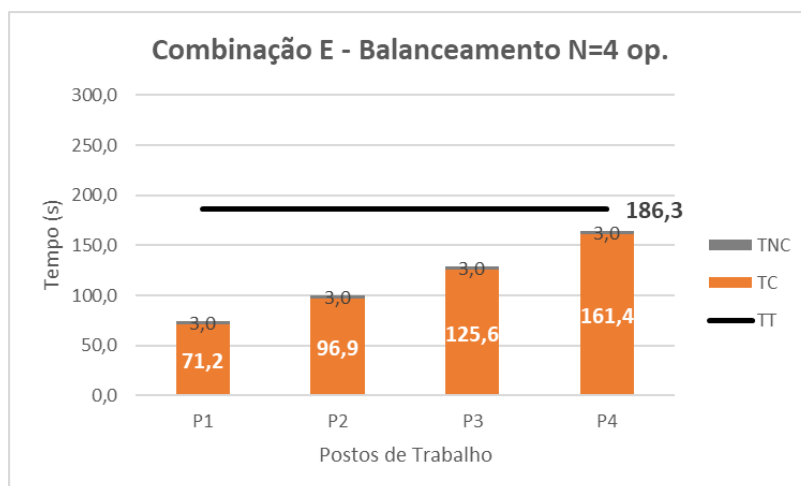


Figura 93 - Combinação E - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)

Tabela 28 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=4 (Iteração 2a)				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	164,4	172,6	180,8	189,1
Prod/Hora	22	21	20	19
Prod/Turno 8h	175	167	159	152
Peças/OP/Hora	5,5	5,2	5,0	4,8
Prod/Turno 6h	131	125	119	114
Peças/OP/Hora	5,5	5,2	5,0	4,8

No novo balanceamento, o *bottleneck* da linha para esta combinação torna-se inferior ao TT, sendo assim possível satisfazer as necessidades do cliente.

Para N=4 operadores, a produção máxima aumenta de 15 peças/hora para 22 peças/hora, considerando sempre um output de 2 peças por ciclo. Torna-se então possível produzir, no máximo, 5,5 Peças/OP/Hora.

Comparando os resultados do balanceamento para N+1 desde a Iteração 1, recorre-se à Tabela 29:

Tabela 29 - Resultados das melhorias aplicadas e do novo balanceamento para N+1

Iteração	TC (s)	TTTotal (s)	Produção (Peças/h)	Melhoria BN	Melhoria BN Total
1	249,4	252,4	14,0	↓ TC ≈ 7% ↑ Prod ≈ 7%	↓ TC ≈ 35% ↑ Prod ≈ 57%
2	232,8	235,8	15,0		
2	232,8	235,8	15,0		
2a	161,4	164,4	22,0		

No novo balanceamento para N+1 (Iteração 2a), o BN da linha é reduzido de 235,8 s no posto três para 164,4 no posto quatro. Com esta alteração, reduziu-se em mais de 71 segundos o tempo

necessário para produzir duas peças. O novo balanceamento implicou assim uma redução de 31% no tempo de ciclo e um aumento de 47% na produção, de 14 para 22 peças/hora (com 2 peças por ciclo). Globalmente, para N+1, existiu um aumento de 57% na produção e uma diminuição de 35% no tempo de ciclo.

- **Combinação F – N, N-1, N+1 e N+2 operadores**

Para a combinação F, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores, optando-se por fazer também o balanceamento para N=5.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 94:

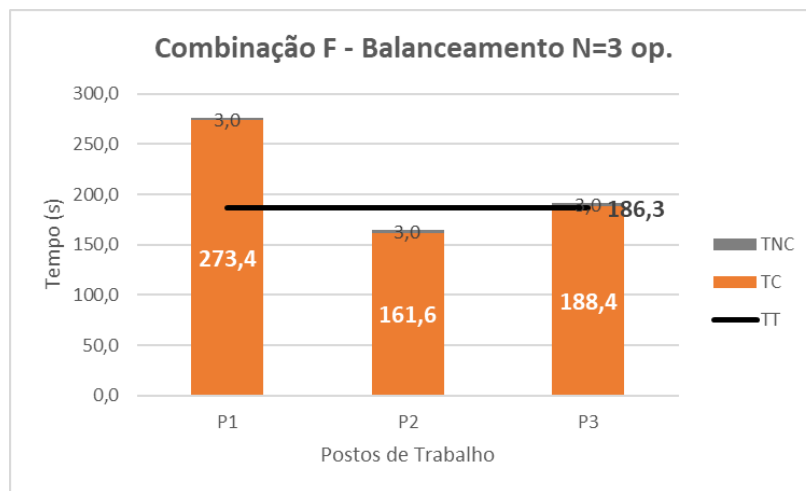


Figura 94 - Combinação F - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 95:

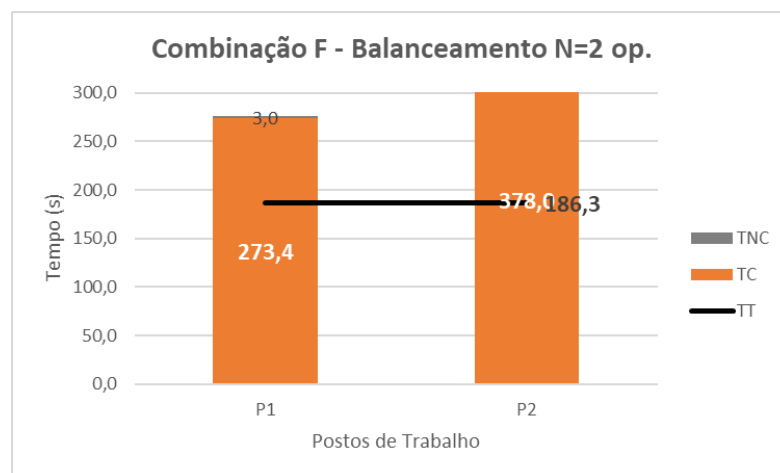


Figura 95 - Combinação F - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 96:

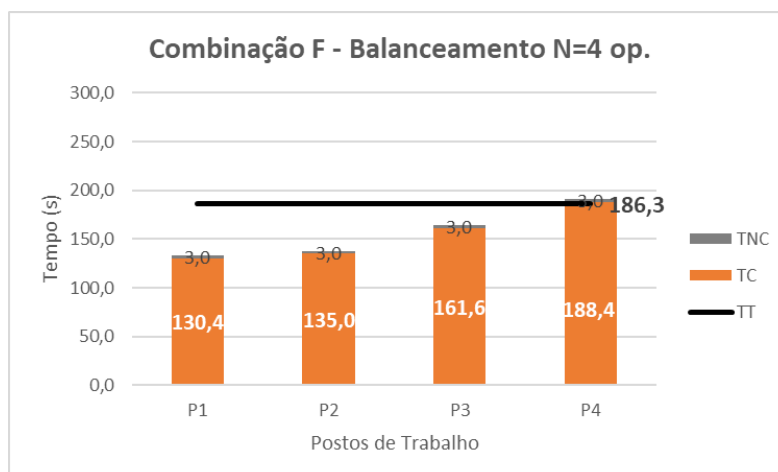


Figura 96 - Combinção F - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que o Tempo total é superior ao TT em todos os balanceamentos, sendo o ritmo da produção inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 13, 9 e 19 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Para N=3 é possível produzir, no máximo, 4,3 Peças/OP/Hora, enquanto que para N=2 e N=4, existe a possibilidade de se fabricar 4,7 Peças/OP/Hora.

Tendo em conta as informações descritas acima, e uma vez que o BN no posto 4 é pouco superior ao TT, então optou-se por fazer um balanceamento novo, verificando-se a necessidade de fazer um balanceamento para N=5. Os resultados obtidos estão na Figura 97:

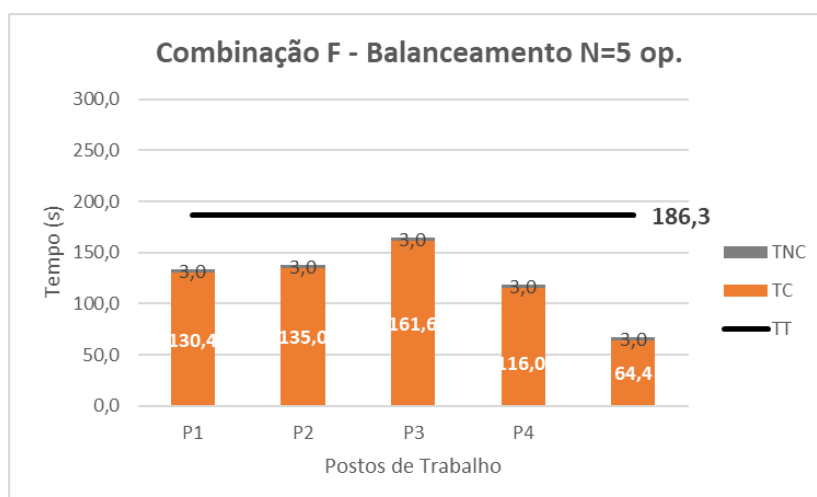


Figura 97 - Combinção F - Balanceamento para N=5 op. (Iteração 2)

No caso da combinação F, verificou-se que, desta forma, que o BN é inferior ao TT, sendo possível satisfazer as necessidades do cliente.

Neste caso, conforme a linha funcione com N=4, N=3 ou N=5 operadores, a produção varia entre 19, 13 e 22 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Para N=4, N=3 e N=5 é possível produzir, no máximo, 4,7, 4,3 e 4,4 Peças/OP/Hora.

- **Combinação G – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação G, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 98:

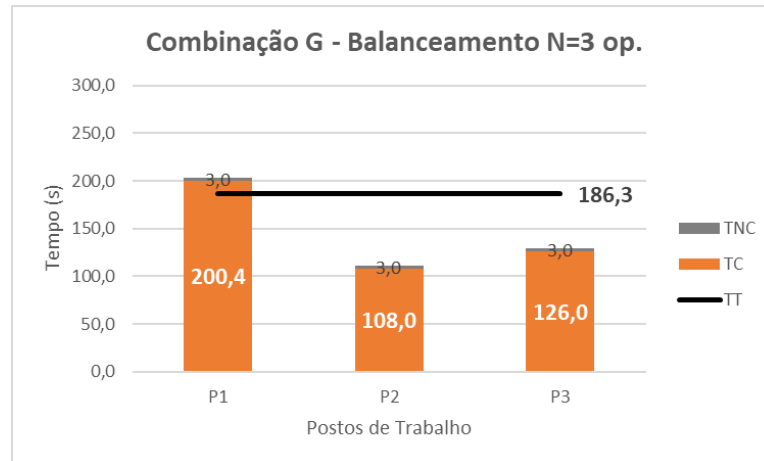


Figura 98 - Combinação G - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 99:

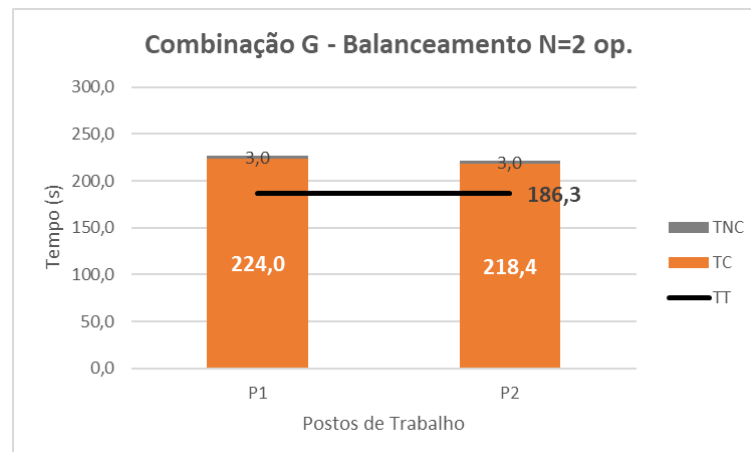


Figura 99 - Combinação G - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 100:

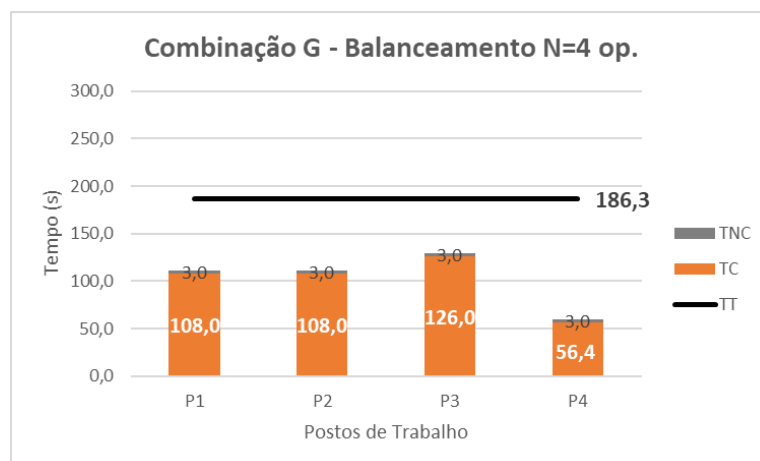


Figura 100 - Combinação G - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Através dos gráficos apresentados, pode-se constatar que o Tempo total continua a superar o TT em todos os balanceamentos efetuados exceto no balanceamento para N=4, concluindo-se que a produção é inferior ao necessário para cumprir os pedidos do cliente para todos os balanceamentos exceto o de N+1.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 18, 16 e 28 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 5,9, 7,9 e 7,0 Peças/OP/Hora.

- **Combinação H – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação H, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 101:

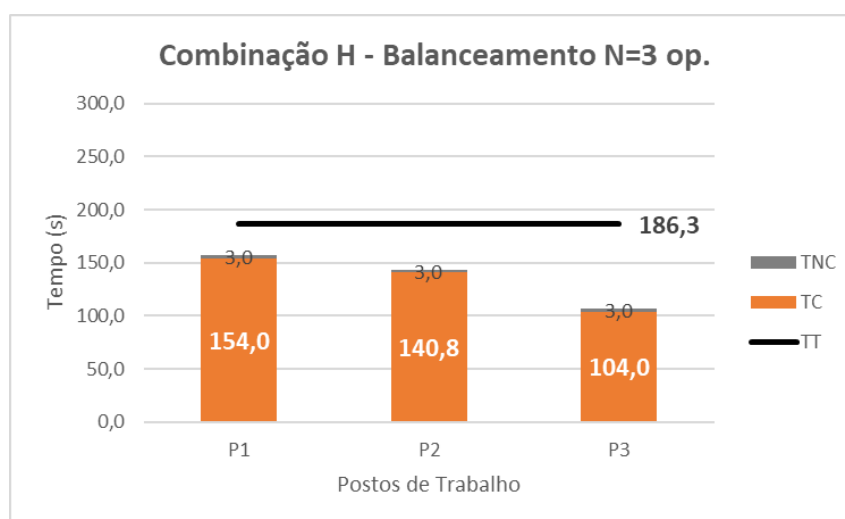


Figura 101 - Combinação H - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 102:

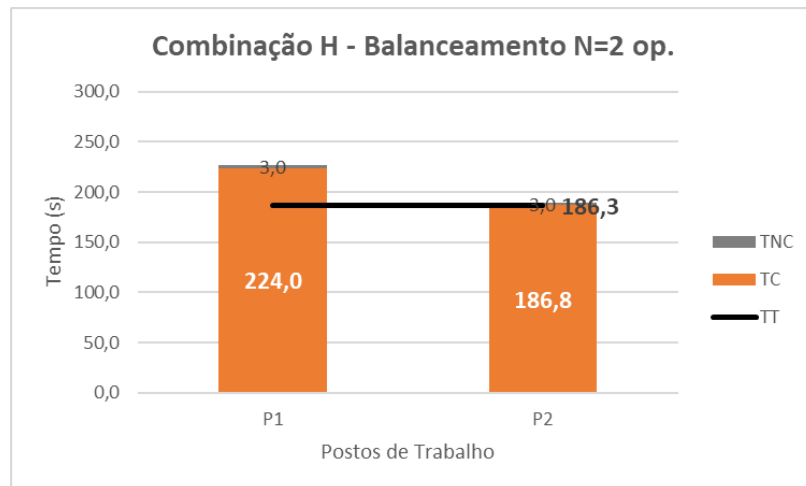


Figura 102 - Combinção H - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 103:

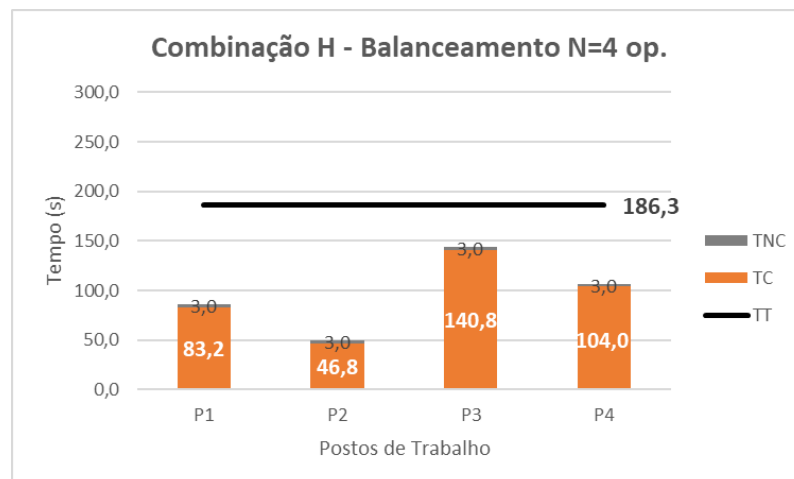


Figura 103 - Combinção H - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que com três turnos, o Tempo total é superior ao TT apenas no balanceamento para N=2, o que indica que a produção é capaz de satisfazer os pedidos solicitados pelo cliente exceto se recorrer apenas a 2 operadores.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 23, 16 e 25 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir, no máximo, 7,6, 7,9 e 6,3 Peças/OP/Hora.

- **Combinação I – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação I, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 104:

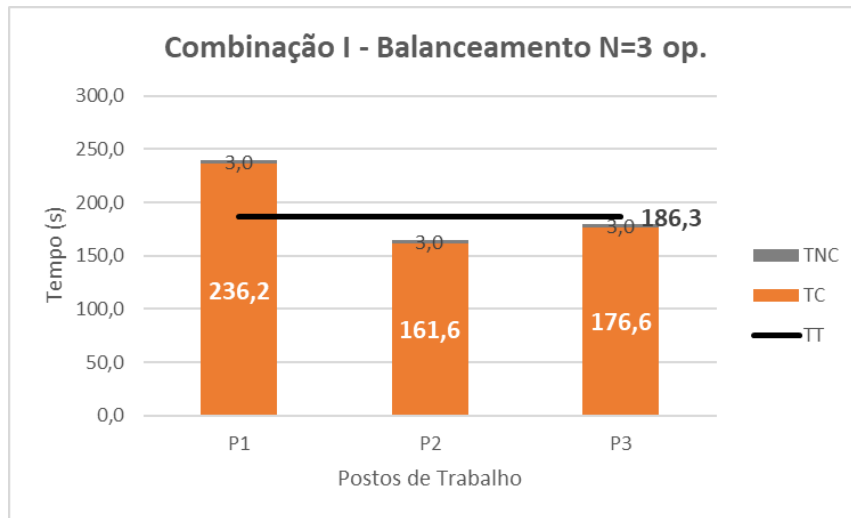


Figura 104 - Combinação H - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 105:

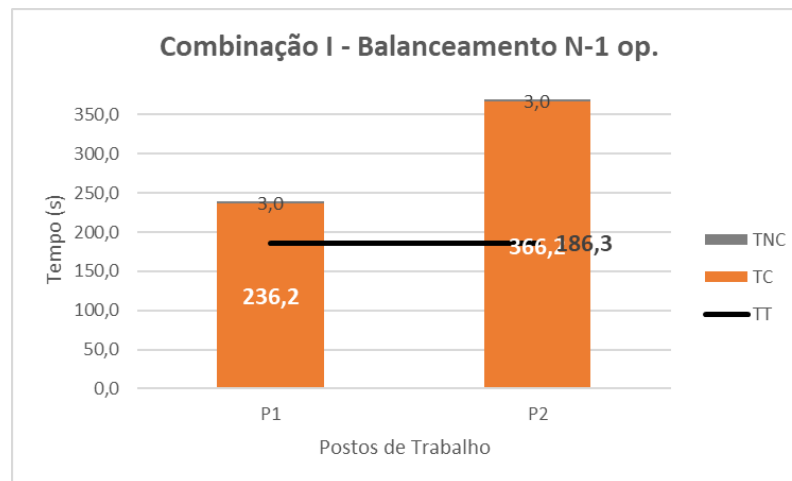


Figura 105 - Combinação I - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 106:

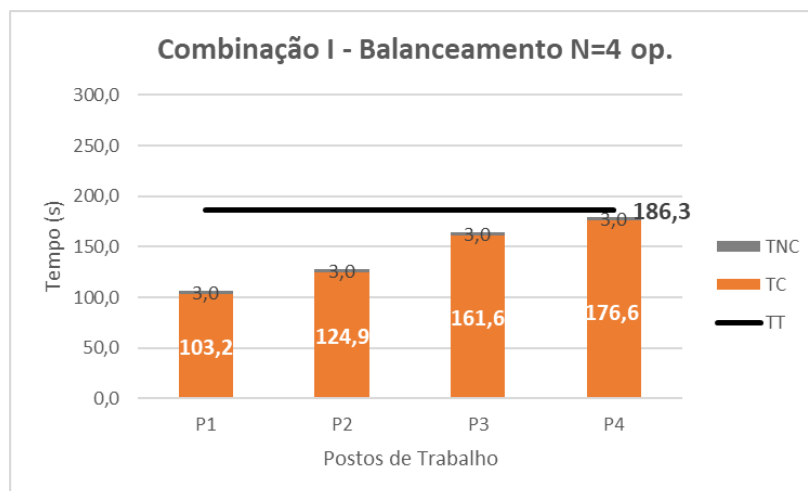


Figura 106 - Combinção I - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Através dos gráficos apresentados, é possível confirmar que com a implementação dos três turnos, o Tempo total passa a ser inferior ao TT no balanceamento para N=4, ultrapassando o TT para os balanceamentos de N=3 e N=2. Assim, a produção é apenas suficiente para cumprir os pedidos do cliente no balanceamento para N=4.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 15, 10 e 20 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir no máximo 5, 4,9 e 5 Peças/OP/Hora.

- **Combinção J – N, N-1 e N+1 operadores**

Para a combinação J, foi feito o balanceamento para N=3, N=2 e N=4 operadores.

O balanceamento para N=3 está presente na Figura 107:

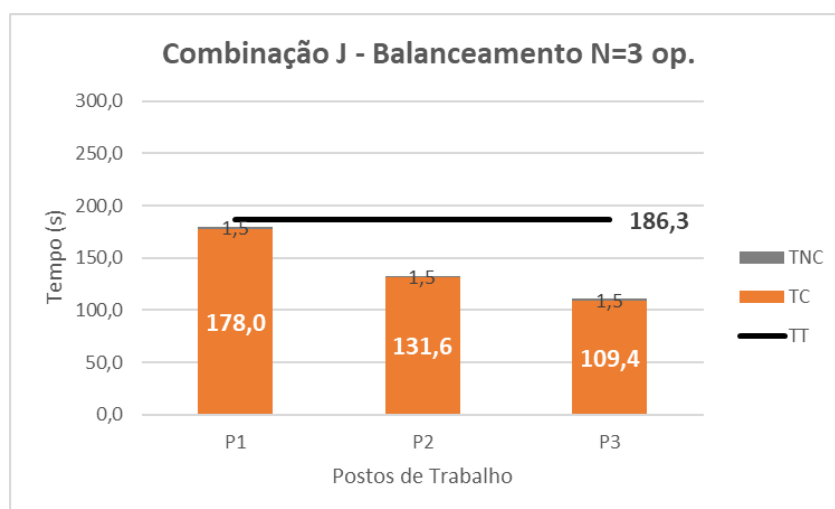


Figura 107 - Combinção J - Balanceamento para N=3 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=2 está presente na Figura 108:

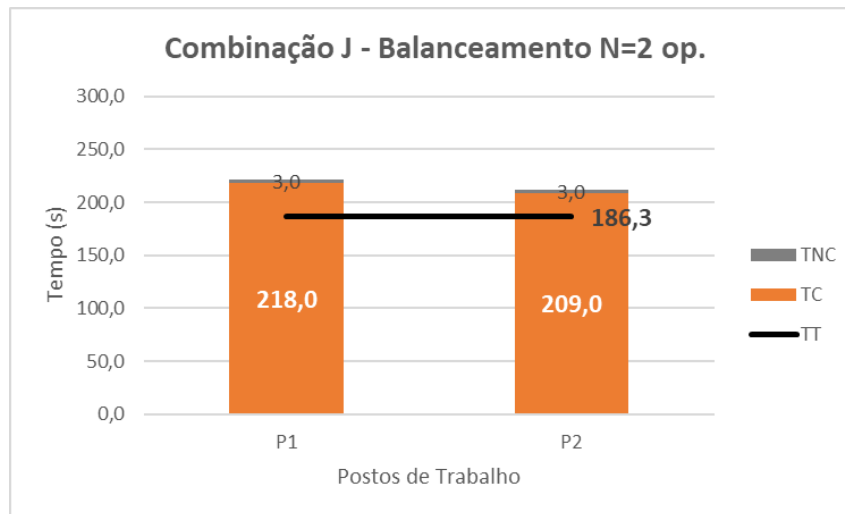


Figura 108 - Combinação J - Balanceamento para N=2 op. (Iteração 2)

O balanceamento para N=4 está presente na Figura 109:

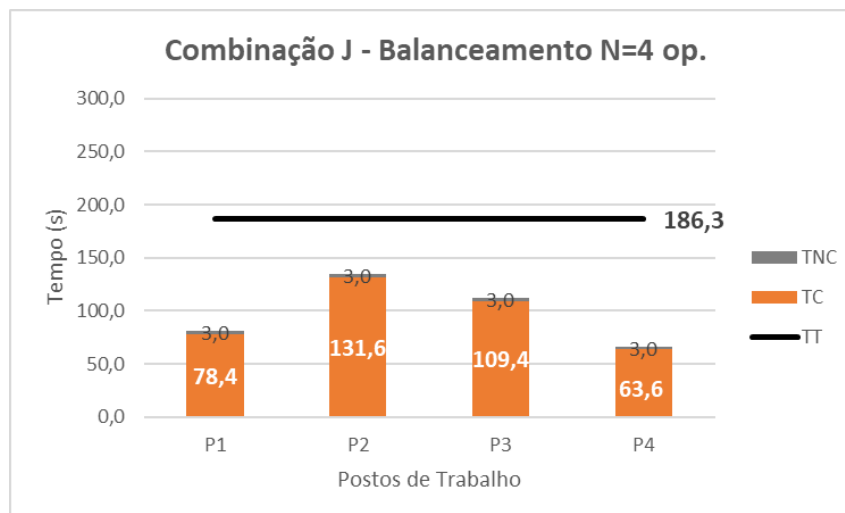


Figura 109 - Combinação J - Balanceamento para N=4 op. (Iteração 2)

Através dos gráficos apresentados e com o funcionamento a três turnos, é agora possível confirmar que o BN é inferior ao TT em todos os balanceamentos efetuados, exceto para N=2. Assim, a produção é suficiente para cumprir os pedidos do cliente, com exceção do balanceamento referido.

Conforme a linha funcione com N=3, N=2 ou N=4 operadores, a produção varia entre 20, 16 e 27 Peças/Hora, com um output de 2 peças por ciclo. Desta forma, para N=3, N=2 ou N=4, é possível produzir no máximo 6,6, 8,1 e 6,7 Peças/OP/Hora.

Ao analisar os gráficos apresentados na **Iteração 2**, é agora notório que após realizar as melhorias referidas (tanto a nível da intervenção na máquina como a nível dos balanceamentos efetuados), juntamente com o funcionamento da linha a três turnos, o Tempo total referente ao BN para a produção de dada combinação é em todos os casos inferior ao TT da linha, em pelo menos um dos

balanceamentos efetuados. Nestas condições, pode-se concluir que a linha de produção é capaz de assegurar os pedidos do cliente.

Após realizar o balanceamento, concluiu-se que existia a necessidade de determinar a capacidade real da linha. Isto porque o TT é calculado com base no tempo de trabalho disponível e de acordo com o número de peças diário que é necessário atingir. Uma vez que cada combinação de famílias é submetida a um diferente conjunto de processos, com tempos de produção também muito variáveis entre si, a comparação entre os TC com um ritmo de produção geral pode revelar-se infundada. Assim, partiu-se para a análise da capacidade da linha, considerando os tempos de ciclo e a produção das peças requeridas por combinação de famílias, em detrimento da resposta face a um número fixo de 862 peças/dia.

Análise da Capacidade da Linha

Após a realização dos balanceamentos, partiu-se para a análise da capacidade da linha, através da comparação entre o tempo de trabalho mensal efetivamente disponível para produzir e o tempo de trabalho consumido mensal consumido a produzir os pedidos.

Na análise da capacidade da linha, têm também de se ter em conta algumas considerações, nomeadamente:

- A análise vai ser realizada para o funcionamento da linha a 100% e a 90%, de forma a obter resultados mais plausíveis tendo em conta o ambiente de fábrica real, sujeito a vários tipos de interrupções e pausas sem uma causa particular associada;
- Na análise, vai-se considerar, para termos comparativos entre as várias iterações, o cálculo dos resultados para a produção de uma peça por ciclo, uma vez que o objetivo estabelecido para a Situação Inicial estava sob essa forma. Os resultados obtidos para a produção de duas peças por ciclo serão assim convertidos, de forma a existir uma comparação efetiva dos valores.

A análise da capacidade inicia-se pelo cálculo da capacidade de trabalho mensal da linha. Entende-se assim que se trabalham em média 21 dias por mês e que, por dia, após a remoção de todas as pausas (tempo para o pequeno-almoço, almoço e limpeza do posto), se trabalham efetivamente 14,9 h a três turnos e 22,9 h a três turnos, optou-se por apresentar o tempo efetivo de horas de trabalho disponíveis mensalmente na Tabela 30:

Tabela 30 - Capacidade total de trabalho mensal

Capacidade total de trabalho mensal					
Turnos	Tempo efetivo de trabalho/ mês (dias)	X	Tempo efetivo de trabalho/ dia (h)	=	Tempo efetivo de trabalho/ mês (h)
2 TURNOS	21		14,9		312,9
3 TURNOS	21		22,9		480,9

Assim, determinou-se que o tempo efetivo de trabalho mensal em horas corresponde a 312,9 h por mês, a trabalhar a dois turnos, e a 480,9 horas, a trabalhar a três turnos.

Situação Inicial

Neste caso, de acordo com a Equação (19), se a cada uma hora eram produzidas 28 peças, então as 18102 peças requeridas por mês teriam de ser produzidas no mínimo em 646,5 h.

$$T_{total} = \frac{\text{Procura Mensal}}{\text{Prod. peças/hora}} \quad (19)$$

A obtenção de uma produção de 28 peças/hora implica que o maior tempo de ciclo seja de aproximadamente 128,6 s para a produção de uma peça, ou de 252,7 para duas peças. Considerou-se quanto seria o Tempo total consumido a produzir todas as peças necessárias para um mês de produção média.

Considerou-se os valores para a atividade da linha a 100% e a 90%, apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Tempo total consumido em produção a rendimento 100% e 90% (Situação Inicial)

Ttotal consumido em produção a rendimento		100%	90%
Nºpeças	Ttotal (s)	Ttotal (h) = (Nºpeças x Ttotal) (s) / 3600	Ttotal (h) = (Nºpeças x Ttotal) (s) / 3600
18102	257,2	1293,3	1422,6
Soma Ttotal (h) (2 peças)		1293,3	1422,6
Soma Ttotal (h) (1 peça)		646,6	711,3

Com base nestes dados, determinou-se que se a linha operasse a 100% e de acordo com os dados iniciais, esta seria incapaz de corresponder os pedidos do cliente, uma vez que o tempo efetivo de trabalho a dois e três turnos é muito inferior a 647 h. O mesmo aconteceria se esta funcionasse a 90%, uma vez que seriam necessárias 711,3 horas para produzir todas as peças requeridas.

Iteração 1

Com base no balanceamento efetuado na Iteração 1, partiu-se para o cálculo da capacidade da linha na Tabela 32

Tabela 32, considerando as peças necessárias desenvolver para os pedidos de cada referência e um funcionamento da linha a **100%**.

Tabela 32 - Tempo total consumido em produção a rendimento 100% (Iteração 1)

Combinação	Família	Referencias	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = (Nºpeças x Ttotal) (s) / 3600				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A	1	T.78392	841,0	188,8	96,7	96,7	-	-	44,1	22,6	22,6	-	-
A	1	T.78482	425,0	188,8	96,7	96,7	-	-	22,3	11,4	11,4	-	-
A	9	T.71099	3554,0	188,8	96,7	96,7	-	-	186,4	95,5	95,5	-	-
Soma Ttotal (h) (2 peças)									252,8	129,5	129,5	-	-
Soma Ttotal (h) (1 peça)									126,4	64,7	64,7	-	-
Balanceamento N=1, N=2 e N=3													
Combinação	Família	Referencias	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = Nºpeças x Ttotal (s)				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
B	2	T.70764	7021,0	-	103,6	80,5	66,4	-	-	202,0	157,0	129,5	-
B	8	T.81189	453,0	-	103,6	80,5	66,4	-	-	13,0	10,1	8,4	-
B	8	T.81117	472,0	-	103,6	80,5	66,4	-	-	13,6	10,6	8,7	-
D	4	T.78581	359,0	-	141,2	92,9	92,9	-	-	14,1	9,3	9,3	-
D	10	T.78399	496,0	-	141,2	92,2	92,2	-	-	19,5	12,7	12,7	-
E	5	T.78584	960,0	-	252,4	252,4	252,4	-	-	67,3	67,3	67,3	-
F	6	T.70961	406,0	-	381,0	276,4	191,4	-	-	43,0	31,2	21,6	-
F	6	T.70764	15,0	-	381,0	276,4	191,4	-	-	1,6	1,2	0,8	-
G	7	T.81191	514,0	-	227,0	203,4	129,0	-	-	32,4	29,0	18,4	-
C	3	T.78481	846,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	67,9	57,7	38,0	-
C	3	T.78483	508,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	40,8	34,6	22,8	-
C	3	T.78478	218,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	17,5	14,9	9,8	-
C	3	T.78480	108,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	8,7	7,4	4,8	-
H	11	T.78582	29,0	-	227,0	157,0	143,8	-	-	1,8	1,3	1,2	-
I	12	T.71001	463,0	-	369,2	239,2	179,6	-	-	47,5	30,8	23,1	-
J	13	T.81116	414,0	-	221,0	181,0	134,6	-	-	25,4	20,8	15,5	-
Soma Ttotal (h) (2 peças)									-	616,0	495,7	391,7	-
Soma Ttotal (h) (1 peça)									-	308,0	247,8	195,9	-
Balanceamento N=2, N=3 e N=4													
Total													
Σ Ttotal (h)									-	434,4	312,6	260,6	-

Analisando a tabela, foi possível observar que para N, N-1 e N+1, o Tempo total mensal consumido em produção é de cerca de 434,4, 312,6 e 260,6 horas, respetivamente.

Tendo em conta as horas de trabalho efetivo disponíveis por mês na Tabela 30, conclui-se que com um trabalho a 2 turnos, são necessários N operadores para cumprir os pedidos do cliente. Como alternativa, é também possível trabalhar a 3 turnos com N-1 operadores para satisfazer a procura.

De seguida, efetuou-se o mesmo, mas para um funcionamento da linha a **90%**, no sentido de avaliar, numa dinâmica mais real, a verdadeira capacidade da linha. Os resultados estão presentes na Tabela 33:

Tabela 33 - Tempo total consumido em produção a rendimento 90% (Iteração 1)

Combinação	Família	Referencias	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = (Nºpeças x Ttotal) (s) / 3600				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A	1	T.78392	841,0	207,7	106,4	106,4	-	-	48,5	24,9	24,9	-	-
A	1	T.78482	425,0	207,7	106,4	106,4	-	-	24,5	12,6	12,6	-	-
A	9	T.71099	3554,0	207,7	106,4	106,4	-	-	205,0	105,0	105,0	-	-
				Soma Ttotal (h) (2 peças)					278,1	142,5	142,5	-	-
Balaceamento N=1, N=2 e N=3				Soma Ttotal (h) (1 peça)					139,0	71,2	71,2	-	-
Combinação	Família	Referencias	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = Nºpeças x Ttotal (s)				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
B	2	T.70764	7021,0	-	114	88,6	73	-	-	222,3	172,8	142,4	-
B	8	T.81189	453,0	-	114	88,6	73	-	-	14,3	11,1	9,2	-
B	8	T.81117	472,0	-	114	88,6	73	-	-	14,9	11,6	9,6	-
D	4	T.78581	359,0	-	155,3	102,2	102,2	-	-	15,5	10,2	10,2	-
D	10	T.78399	496,0	-	155,3	102,2	102,2	-	-	21,4	14,1	14,1	-
E	5	T.78584	960,0	-	277,6	277,6	277,6	-	-	74,0	74,0	74,0	-
F	6	T.70961	406,0	-	419,1	304	210,5	-	-	47,3	34,3	23,7	-
F	6	T.70764	15,0	-	419,1	304	210,5	-	-	1,7	1,3	0,9	-
G	7	T.81191	514,0	-	249,7	223,7	141,9	-	-	35,7	31,9	20,3	-
C	3	T.78481	846,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	74,7	63,4	41,7	-
C	3	T.78483	508,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	44,8	38,1	25,1	-
C	3	T.78478	218,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	19,2	16,3	10,8	-
C	3	T.78480	108,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	9,5	8,1	5,3	-
H	11	T.78582	29,0	-	249,7	172,7	158,2	-	-	2,0	1,4	1,3	-
I	12	T.71001	463,0	-	406,1	263,1	197,6	-	-	52,2	33,8	25,4	-
J	13	T.81116	414,0	-	243,1	199,1	148,1	-	-	28,0	22,9	17,0	-
				Soma Ttotal (h) (2 peças)					-	677,7	545,4	430,9	-
Balaceamento N=2, N=3 e N=4				Soma Ttotal (h) (1 peça)					-	338,9	272,7	215,5	-
Total				Σ Ttotal (h)					-	477,9	343,9	286,7	-

No final, determinou-se que para um balanceamento a N, N-1 e N+1, torna-se possível produzir as peças correspondentes aos pedidos em 343,9, 477,9 e 286,7 horas, respetivamente.

Tendo em conta as horas de trabalho efetivo disponíveis por mês na Tabela 30, conclui-se que com um trabalho a 2 turnos, são necessários N+1 operadores para cumprir os pedidos do cliente. Como alternativa, é também possível trabalhar a 3 turnos com N-1 operadores para satisfazer a procura.

Iteração 2

Com base no balanceamento efetuado na Iteração 2, partiu-se uma vez mais para o cálculo da capacidade da linha na Tabela 34, com um funcionamento a **100%**.

Tabela 34 - Tempo total consumido em produção a rendimento 100% (Iteração 2)

Combinação	Família	Referências	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = (Nºpeças x Ttotal) (s) / 3600					
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
A	1	T.78392	841,0	188,8	96,7	96,7	-	-	44,1	22,6	22,6	-	-	
A	1	T.78482	425,0	188,8	96,7	96,7	-	-	22,3	11,4	11,4	-	-	
A	9	T.71099	3554,0	188,8	96,7	96,7	-	-	186,4	95,5	95,5	-	-	
Soma Ttotal (h) (2 peças)								252,8	129,5	129,5	-	-		
Soma Ttotal (h) (1 peça)								126,4	64,7	64,7	-	-		
Balanceamento N=1, N=2 e N=3														
Combinação	Família	Referências	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = Nºpeças x Ttotal (s)					
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
B	2	T.70764	7021,0	-	103,6	80,5	66,4	-	-	202,0	157,0	129,5	-	
B	8	T.81189	453,0	-	103,6	80,5	66,4	-	-	13,0	10,1	8,4	-	
B	8	T.81117	472,0	-	103,6	80,5	66,4	-	-	13,6	10,6	8,7	-	
D	4	T.78581	359,0	-	141,2	92,9	92,9	-	-	14,1	9,3	9,3	-	
D	10	T.78399	496,0	-	141,2	92,2	92,2	-	-	19,5	12,7	12,7	-	
E	5	T.78584	960,0	-	244,6	235,8	164,4	-	-	65,2	62,9	43,8	-	
G	7	T.81191	514,0	-	227	203,4	129	-	-	32,4	29,0	18,4	-	
C	3	T.78481	846,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	67,9	57,7	38,0	-	
C	3	T.78483	508,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	40,8	34,6	22,8	-	
C	3	T.78478	218,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	17,5	14,9	9,8	-	
C	3	T.78480	108,0	-	288,9	245,4	161,5	-	-	8,7	7,4	4,8	-	
H	11	T.78582	29,0	-	227	157	143,8	-	-	1,8	1,3	1,2	-	
I	12	T.71001	463,0	-	369,2	239,2	179,6	-	-	47,5	30,8	23,1	-	
J	13	T.81116	414,0	-	221	181	134,6	-	-	25,4	20,8	15,5	-	
Soma Ttotal (h) (2 peças)								-	569,4	458,9	345,9	-		
Soma Ttotal (h) (1 peça)								-	284,7	229,5	172,9	-		
Balanceamento N=2, N=3 e N=4														
Combinação	Família	Referências	Nºpeças	Ttotal (s)					Ttotal (h) = Nºpeças x Ttotal (s)					
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
F	6	T.70961	406,0	-	-	276,4	191,4	164,6	-	-	31,2	21,6	18,6	
F	6	T.70964	15,0	-	-	276,4	191,4	164,6	-	-	1,2	0,8	0,7	
Soma Ttotal (h) (2 peças)								-	-	32,3	22,4	19,2		
Soma Ttotal (h) (1 peça)								-	-	16,2	11,2	9,6		
Balanceamento N=3, N=4 e N=5														
Total								Σ Ttotal (h)		-	427,2	305,4	247,3	-

Analisando a tabela, foi possível observar que para N, N-1 e N+1, o Tempo total mensal consumido em produção é de cerca de 305,4, 427,2,6 e 247,3 horas, respetivamente.

Tendo em conta as horas de trabalho efetivo disponíveis por mês na Tabela 30, conclui-se que, com as melhorias aplicadas, quando se considera o trabalho a 2 turnos, são necessários apenas N operadores para cumprir os pedidos do cliente. Como alternativa, é também possível trabalhar a 3 turnos com N-1 operadores para satisfazer a procura.

Seguindo a mesma lógica, efetuou-se de novo a análise da capacidade da linha, mas para um funcionamento a **90%**. Os resultados estão presentes na Tabela 35:

Tabela 35 - Tempo total consumido em produção a rendimento 90% (Iteração 2)

Combinação	Família	Referências	Nºpeças	TTotal (s)					TTotal (h) = (Nºpeças x Ttotal) (s) / 3600				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A	1	T.78392	841,0	207,7	106,4	106,4	-	-	48,5	24,9	24,9	-	-
A	1	T.78482	425,0	207,7	106,4	106,4	-	-	24,5	12,6	12,6	-	-
A	9	T.71099	3554,0	207,7	106,4	106,4	-	-	205,0	105,0	105,0	-	-
Balanceamento N=1, N=2 e N=3								Soma TTotal (h) (2 peças)	278,1	142,5	142,5	-	-
								Soma TTotal (h) (1 peça)	139,0	71,2	71,2	-	-
Combinação	Família	Referências	Nºpeças	TTotal (s)					TTotal (h) = Nºpeças x Ttotal (s)				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
B	2	T.70764	7021,0	-	114	88,6	73	-	-	222,3	172,8	142,4	-
B	8	T.81189	453,0	-	114	88,6	73	-	-	14,3	11,1	9,2	-
B	8	T.81117	472,0	-	114	88,6	73	-	-	14,9	11,6	9,6	-
D	4	T.78581	359,0	-	155,3	102,2	102,2	-	-	15,5	10,2	10,2	-
D	10	T.78399	496,0	-	155,3	102,2	102,2	-	-	21,4	14,1	14,1	-
E	5	T.78584	960,0	-	269,1	259,4	180,8	-	-	71,8	69,2	48,2	-
G	7	T.81191	514,0	-	249,7	223,7	141,9	-	-	35,7	31,9	20,3	-
C	3	T.78481	846,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	74,7	63,4	41,7	-
C	3	T.78483	508,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	44,8	38,1	25,1	-
C	3	T.78478	218,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	19,2	16,3	10,8	-
C	3	T.78480	108,0	-	317,8	269,9	177,6	-	-	9,5	8,1	5,3	-
H	11	T.78582	29,0	-	249,7	172,7	158,2	-	-	2,0	1,4	1,3	-
I	12	T.71001	463,0	-	406,1	263,1	197,6	-	-	52,2	33,8	25,4	-
J	13	T.81116	414,0	-	243,1	199,1	148,1	-	-	28,0	22,9	17,0	-
Balanceamento N=2, N=3 e N=4								Soma TTotal (h) (2 peças)	-	626,4	505,0	380,5	-
								Soma TTotal (h) (1 peça)	-	313,2	252,5	190,2	-
Combinação	Família	Referências	Nºpeças	TTotal (s)					TTotal (h) = Nºpeças x Ttotal (s)				
				1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F	6	T.70961	406,0	-	-	304	210,5	181,1	-	-	34,3	23,7	20,4
F	6	T.70964	15,0	-	-	304	210,5	181,1	-	-	1,3	0,9	0,8
Balanceamento N=3, N=4 e N=5								Soma TTotal (h) (2 peças)	-	-	35,6	24,6	21,2
								Soma TTotal (h) (1 peça)	-	-	17,8	12,3	10,6
Total								Σ Ttotal (h)	-	470,0	336,0	272,1	-

Após as melhorias efetuadas, determinou-se que para um balanceamento a N, N-1 e N+1, torna-se possível produzir as peças correspondentes aos pedidos em 336,0 h, 470,0 h e 272,1 h.

Tendo em conta as horas de trabalho efetivo disponíveis por mês na Tabela 30, conclui-se que com um trabalho a 2 turnos, continuam a ser necessários N+1 operadores para cumprir os pedidos do cliente, como habitual. Passa também a ser possível trabalhar a três turnos com N-1 operadores para satisfazer a procura.

No final, optou-se também por considerar a percentagem de equilibragem para cada balanceamento entre a Iteração 1 e a Iteração 2, comparando-se os resultados médios obtidos, presentes na Tabela 36 e na Tabela 37:

Tabela 36 - Percentagem dos Equilibrados (Iteração 1)

Percentagem dos Equilibrados			
Balanceamento	N-1	N	N+1
	1	2	3
CA	100%	96%	61%
	2	3	4
CB	97%	82%	68%
CC	98%	76%	86%
CD	91%	91%	72%
CE	98%	66%	47%
CF	86%	76%	82%
CG	99%	72%	79%
CH	92%	86%	67%
CI	82%	81%	80%
CJ	98%	78%	73%
Média	94%	80%	72%

Tabela 37 - Percentagem dos equilibrados (Iteração 2)

Percentagem dos Equilibrados			
Balanceamento	N-1	N	N+1
	1	2	3
CA	100%	96%	61%
	2	3	4
CB	97%	82%	68%
CC	98%	76%	86%
CD	91%	91%	72%
CE	98%	76%	70%
CG	99%	72%	79%
CH	92%	86%	67%
CI	82%	81%	80%
CJ	98%	78%	73%
	3	4	5
CF	76%	82%	75%
Média	93%	82%	73%

Através das tabelas apresentadas, conclui-se que a percentagem dos equilibrados não variou muito entre as duas iterações, ainda que se tenha obtido um aumento do número de peças produzidas por hora entre as iterações 1 e 2. No entanto, a nível geral, torna-se possível verificar que os equilibrados para N-1 têm resultados mais benéficos, na ordem dos 90%, em comparação dos cerca de 70% obtidos para N+1, o que pode contribuir para a escolha da opção de trabalhar a três turnos com N-1 colaboradores.

Após a análise da linha através do estudo de variabilidade efetuado, concluiu-se que existiam duas causas relevantes para a sua baixa eficiência, designadamente:

- **Distribuição inadequada dos postos de trabalho ou uma má organização do *layout* da linha;**
- **Organização ineficiente dos trabalhos na fase de preparação para a entrada em linha;**

No caso do *layout* inadequado, esta causa foi detetada sobretudo pelos longos transportes que eram observados entre alguns postos de trabalho, designadamente, entre a Máquina de Teste de Fuga e a Aparafusadora.

Durante o ano, o *layout* foi analisado várias vezes, juntamente com o apoio do HPS e do Responsável de UAP. Nesse sentido, foram feitas várias tentativas no sentido de melhorar a disposição dos postos de trabalho em linha. Todas as tentativas testadas promoviam o estrangulamento da linha em algum ponto, não existindo espaço para dispor a totalidade dos equipamentos e máquinas requeridos. Também não existia espaço disponível para a expansão da linha. Simultaneamente, a maioria das máquinas e equipamentos da linha são de grandes dimensões e implicam uma longa e dispendiosa paragem da linha, logo não seria possível fazer alterações de maior relevo a não ser durante a paragem da empresa em agosto, excedendo o período de estágio.

Foram ainda assim efetuadas algumas melhorias significativas no que concerne ao *layout* na área da linha e na PREP, apresentadas ao longo do **Capítulo 3.3**.

Quanto a desorganização e falta de controlo das operações na fase de preparação para entrada dos componentes em linha, optou-se pela aplicação da metodologia CONWIP, cuja implementação prática está descrita no **Capítulo 3.4**.

3.3. Melhoria de *Layout* da AA23

Considerada como uma das principais fontes de desperdício da linha estudada, a disposição dos postos de trabalho representados no *layout* inicialmente apresentado contribui negativamente para a progressão adequada do fluxo da linha.

Assim, partiu-se para a observação do *layout* inicial da linha. Para tal, teve-se como referência o desenho do *layout* já existente da AA23, assim como do espaço reservado ao DS5, associado a um dos espaços de preparação de trabalho para suporte da linha.

A distribuição dos postos de trabalho estava desatualizada no *layout* original. Como a integração do projeto ECELL na AA23 foi relativamente recente, os postos de trabalho e equipamentos inerentes à linha não estavam considerados no *layout* fornecido.

Tendo por base o *layout* inicial fornecido e a análise da disposição dos postos de trabalho na linha, foi obtido o *layout* da Figura 110, representativo da situação atual da linha:

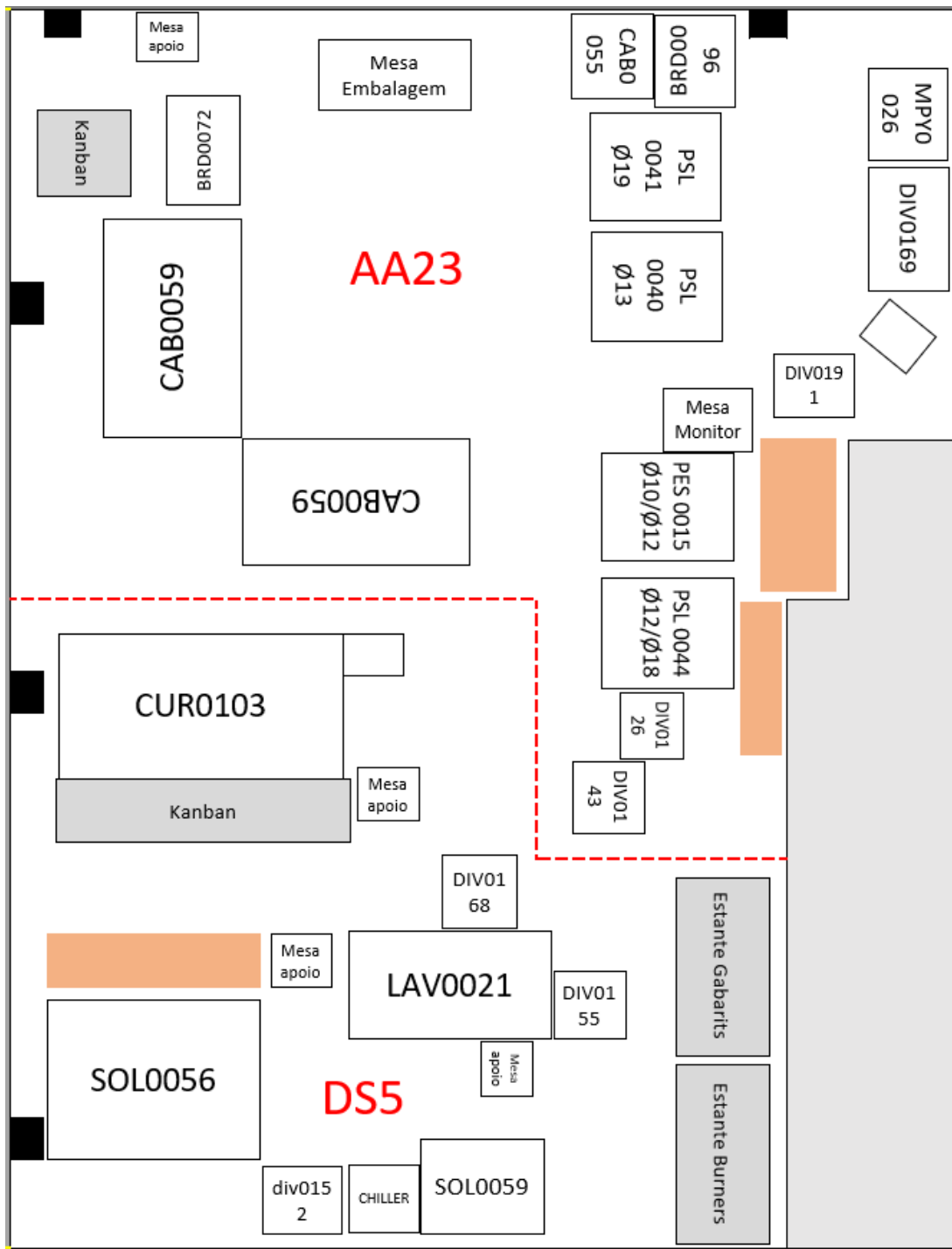


Figura 110 - Layout atual da linha AA23 e da área de preparação DS5

A área abordada divide-se na área DS5, como área de preparação e suporte à linha, e a área da linha AA23 propriamente dita. Ambas são constituídas por diferentes postos de trabalho, tal como é demonstrado na Tabela 38.

Tabela 38 - Postos da AA23 por área

Área	Posto	Descrição
DS5	SOL0056	Máquina de Soldadura chama
	SOL0059	Máquina de Soldadura indução
	div0152	Furadora
	LAV0021	Máquina de Lavagem Ultrassom
	DIV0155	Máquina Aparafusadora de Ôbus
	DIV0168	Máquina de Cavilha
	CUR0103	Curvadora
AA23	PSL0041	Prensa Ø19
	PSL0040	Prensa Ø13
	PES0015	Prensa Ø10/ Ø12
	PES0044	Prensa Ø12/ Ø18
	DIV0126	Máquina de Colocação de Soft Nose
	DIV0143	Máquina de Colocação de O-ring
	CAB0059	Máquina de Teste de Estanquicidade
	BRD0072	Máquina de Brida e Bracket (para T.78399)
	CAB0055	Máquina de Teste de Obstrução
	DIV0191	Máquina de STUD
	DIV0169	Mesa de Embalagem Aparafusadora
	BRD0096	Máquina de Etiqueta, Brida e Bracket
	MPY0026	Mesa de Embalagem ECELL
	-	Mesa Embalagem

Nas estantes presentes na área DS5 são guardados os *gabarits*, utilizados nas mesas de embalagem para verificação da geometria das peças produzidas, assim como os *burners*, utilizados na soldadura chama.

Numa situação normal, verifica-se a acumulação de WIP à saída das prensas, obstruindo o corredor de passagem de material ou dos colaboradores ao outro extremo da linha, tal como está destacado na Figura 111, a vermelho. As setas vermelhas indicam as áreas de entrada de material e de saída de produto acabado no fim de linha.

É notório um grande desperdício de tempo associado à movimentação de material pelo corredor exterior à linha devido à acumulação de material no corredor central, assim como a tempos de espera adicionais, relativos à paragem dos postos para o acondicionamento de material, de forma a libertar o corredor descrito.

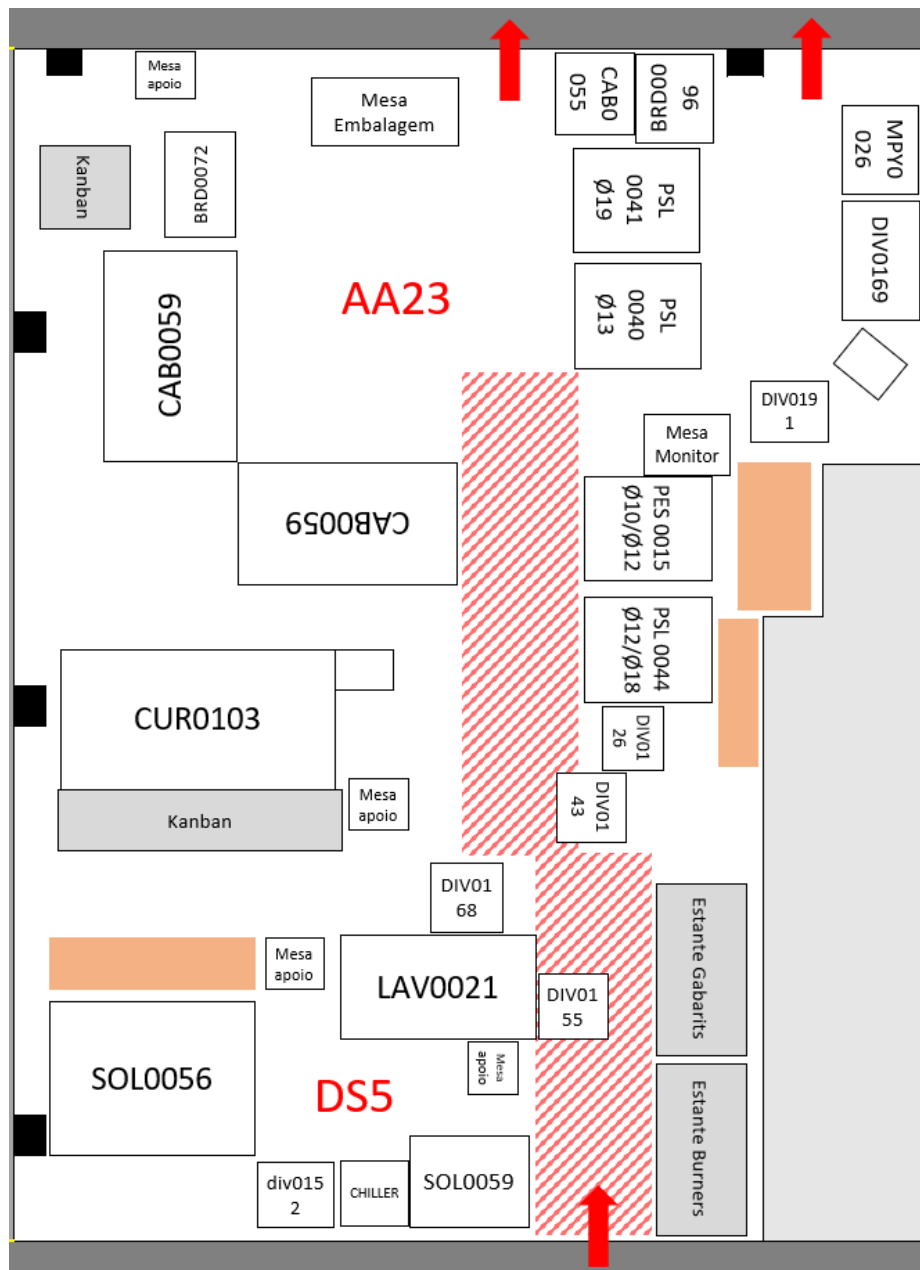


Figura 111 - Entrada e saída de material e zona de acumulação de WIP

Numa tentativa de facilitar a movimentação do WIP ao longo da linha e de evitar a existência de obstruções face ao que devia ser o fluxo natural das peças no projeto, foram analisadas várias formas de melhorar o *layout*.

Os *gabarits* são extremamente pesados e de grandes dimensões, tendo na maioria das vezes de ser transportados por 2 pessoas sem qualquer tipo de apoio. Assim, um dos dois casos descritos na Figura 113 ocorria:

- Numa situação ideal, em que não existisse acumulação de WIP ao longo do corredor, o operador ou operadores tinham de percorrer toda a linha **(A)**, ida e volta, com o *gabarit*, para o ir buscar e para o guardar no final da produção.
- No cenário habitual, com a acumulação de WIP no corredor e o bloqueio da passagem, o operador ou operadores tinham de percorrer praticamente o dobro da distância, ao transportar o *gabarit* pelo corredor externo **(B)**, também ida e volta.

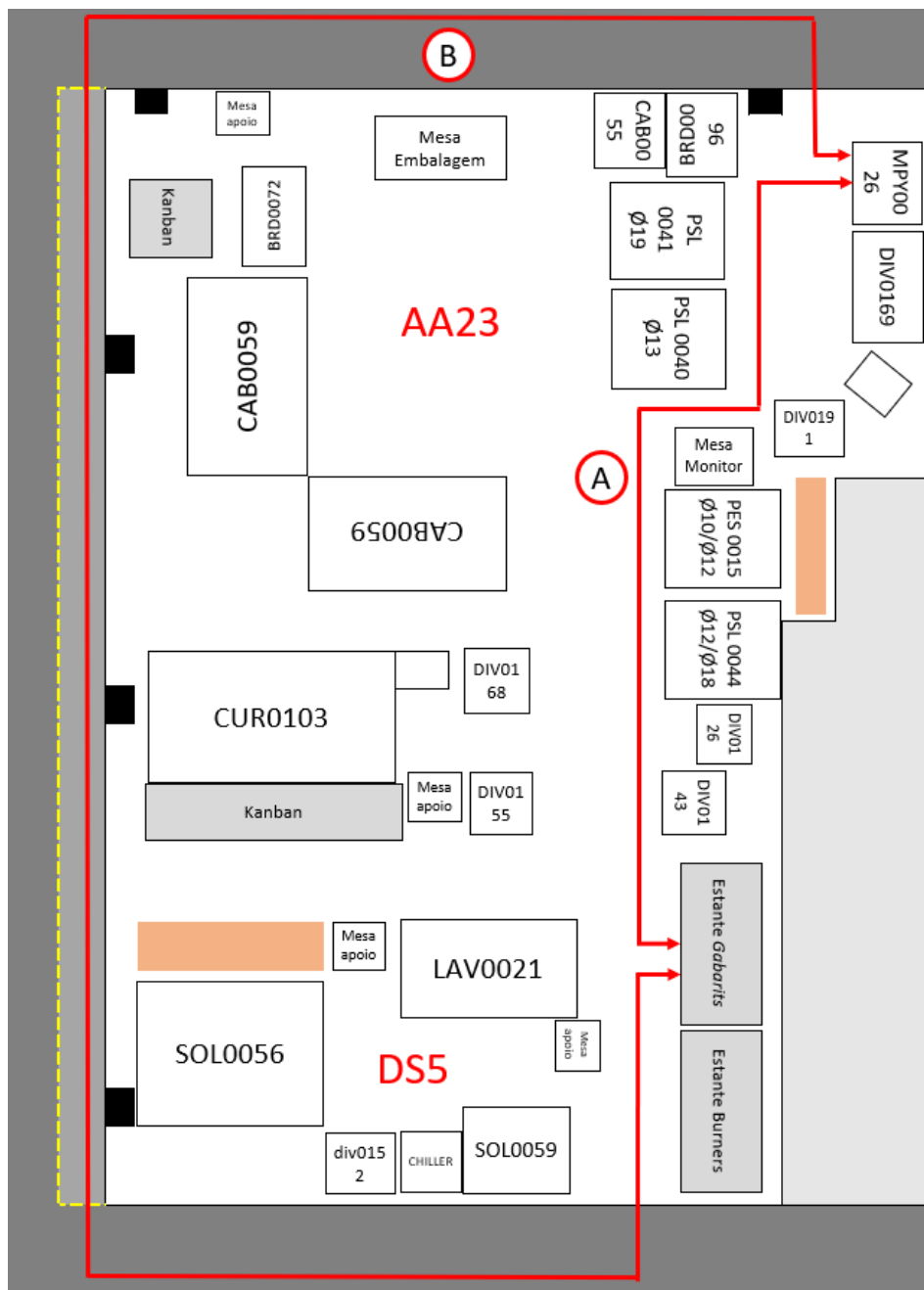


Figura 113 - Caminhos percorridos para transporte de *gabarits*

Ao mover a estante correspondente para um local próximo das mesas de embalagem, no fim de linha, não só se desocupou espaço da DS5 e, conseqüentemente, da AA23, como se reduziu o tempo despendido com transportes e o risco de lesões musco-esqueléticas para os operadores, convertendo-o num posto ergonomicamente mais seguro.

A terceira alteração consistiu no posicionamento das máquinas aparafusadora de ôbus e de cavilha para uma posição adjacente à curvadora. Esta alteração teve vários objetivos.

Em primeiro lugar, o aumento da eficiência da linha. Isto porque as máquinas estão dispostas na linha sem qualquer tipo de consistência face à sequência produtiva seguida e ao funcionamento dos postos da PREP. Este aspeto é potenciado pelo facto destas máquinas funcionarem de forma independente de qualquer outro posto.

O funcionamento da área DS5 inicia-se pelo processo de soldadura. Nesta fase, ocorre algo semelhante a uma produção em célula, sendo que um operador é responsável pelos postos de soldadura chama, furação, soldadura indução e lavagem ultrassom. Posteriormente, as peças são curvadas. Neste caso, o operador está unicamente focado na curvadora, verificando-se a existência de tempos de espera enquanto o operador aguarda pelo final da operação de curvar. Este tempo varia conforme as referências, de acordo com o comprimento e a geometria dos tubos a curvar.

Uma vez que não existe ninguém alocado a este posto, visto que a área da PREP tem sempre 2 operadores alocados aos postos referidos, torna-se necessária a paragem de um dos postos mencionados para a colocação de cavilhas ou para aparafusar ôbus. Para promover o trabalho em *One-Piece-Flow*, as máquinas referidas foram alocadas e posicionadas junto à curvadora, de forma a que o operador pudesse reduzir o tempo de espera, ao realizar as operações referidas.

Essa alteração é demonstrada na Figura 114:



Figura 114 - Produção em célula na DS5

Procedeu-se também à implementação de uma máquina de colocar cavilha automática, cujo funcionamento permite a diminuição do tempo de ciclo de 11 s para 4,5 s, se o colaborador apenas operar nesta máquina.

Se o operador efetuar o posto da curvadora e da montagem de cavilha no mesmo ciclo, então o normal seria que a situação descrita na Figura 115 ocorresse:

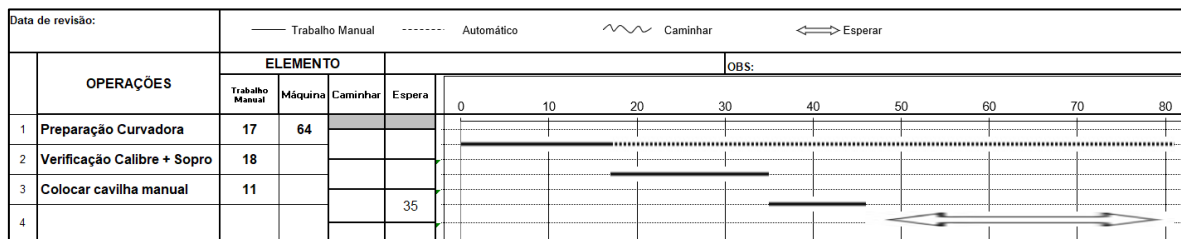


Figura 115 - Ciclo antes da implementação da máquina de cavilha automática

Após a alteração, iriam-se refletir a variação verificada na Figura 116:

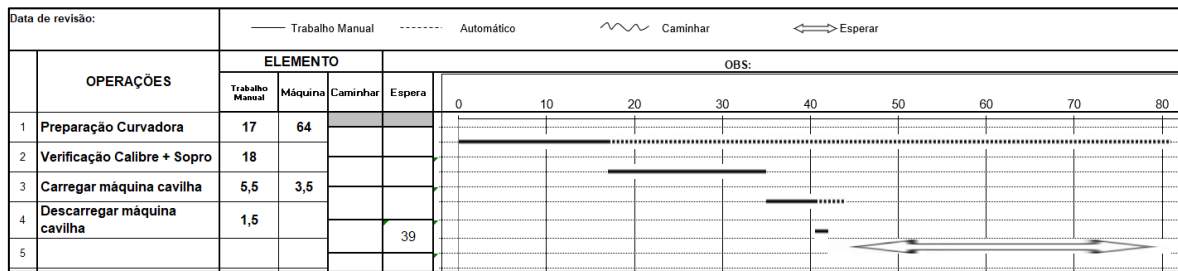


Figura 116 - Ciclo após a implementação da máquina de cavilha automática

Através da figura, caso o operador execute o posto da curvadora e da cavilha no mesmo ciclo, concluiu-se também que a alteração efetuada reflete um aumento no tempo de espera. No entanto, neste caso o aumento da espera é positivo, uma vez que liberta o operador para que este consiga desempenhar mais um posto ou dar apoio na linha.

Esta alteração, além de aumentar a eficiência do processo, contribuiu para a melhoria do layout, permitindo a delimitação dos postos e áreas de trabalho da DS5 e a definição das funções de cada operador.

Numa fase posterior, concluiu-se que a estante dos *burners*, que permanecia na linha, continuava a dificultar a entrada de todo o tipo de material na DS5. A segunda iteração consistiu assim na movimentação desta estante para a área de armazenagem mais próxima, com o objetivo de libertar espaço na área de preparação.

Esta alteração originou um novo problema, descrito através da Figura 117. Até à alteração efetuada, os *burners* utilizados no processo de soldadura chama eram transportados manualmente desde a estante até à máquina, uma vez que a distância era baixa. Com a mudança da estante para o espaço de armazenagem, esta distância aumentou significativamente (variando entre as distâncias praticadas nas opções A ou B), e o transporte destas ferramentas de peso elevado até à máquina poderia pôr em risco a condição física dos operadores e preparadores de soldadura.

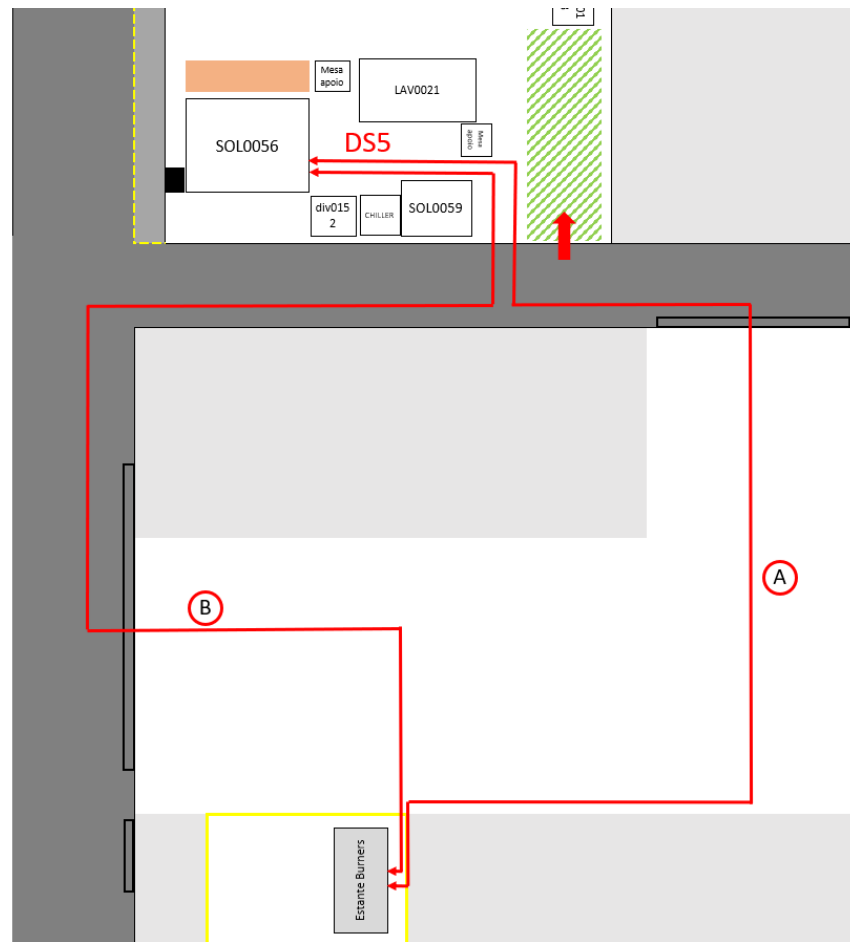


Figura 117 - Mudança da localização da estante do *burners*

Assim, procedeu-se à elaboração de um carro de transporte para este efeito, que auxiliasse o operador nesta tarefa e que fosse capaz de diminuir o tempo consumido para tal. Uma vez que os *burners* raramente eram substituídos, esta alteração, mesmo aumentando a distância entre a estante e a máquina, teve um efeito benéfico pois promoveu a fluidez do fluxo produtivo, tanto na DS5 como na AA23. A entrada de material para a linha, assinalado a verde na Figura 117, decorria sem bloqueios ou obstáculos.

Globalmente, as alterações efetuadas a nível do *layout* contribuíram para o melhor funcionamento da linha.

3.4. Implementação de Sistema CONWIP

No sentido de facilitar e consequentemente, melhorar a gestão da parte da PREP da linha, recorreu-se à implementação de um sistema CONWIP.

Segundo MacDuffie et al. (1996) é essencial gerir eficazmente a variabilidade de produtos, uma vez que a complexidade associada pode afetar negativamente a produtividade e qualidade dos produtos.

Tal como tem vindo a ser descrito ao longo deste trabalho, a grande quantidade de produtos existentes na linha e a variedade dos processos a que cada uma das referências é submetida tem prejudicado a eficiência da linha e essencialmente, da PREP. A fase de preparação decorrente até que os produtos possam entrar em linha é extremamente complexa e variável, o que origina paragens na linha e a produção de várias referências simultaneamente, sem qualquer tipo de balanceamento, de forma a satisfazer os pedidos dos clientes.

Por este motivo, optou-se pela aplicação da metodologia CONWIP à fase de preparação, de forma a controlar e saber exatamente em que fase do processo de preparação estão os componentes produzidos e quando é que estes vão estar disponíveis para entrar em linha. Da mesma forma, criou-se uma correlação entre a PREP e a linha, contribuindo para a mecanização do processo de gestão da produção.

Assim, o processo iniciou-se pela montagem e aplicação do quadro CONWIP, presente na Figura 118.



Figura 118 - Quadro CONWIP após colocação de fitas divisórias

Inicialmente, procedeu-se à limpeza e à definição das divisões do quadro, através da identificação da linha **(A)**, das referências divididas por famílias **(B)** e dos postos constituintes da fase de preparação da linha AA23 **(C)**.

A Figura 119 permite um melhor entendimento desta divisão:

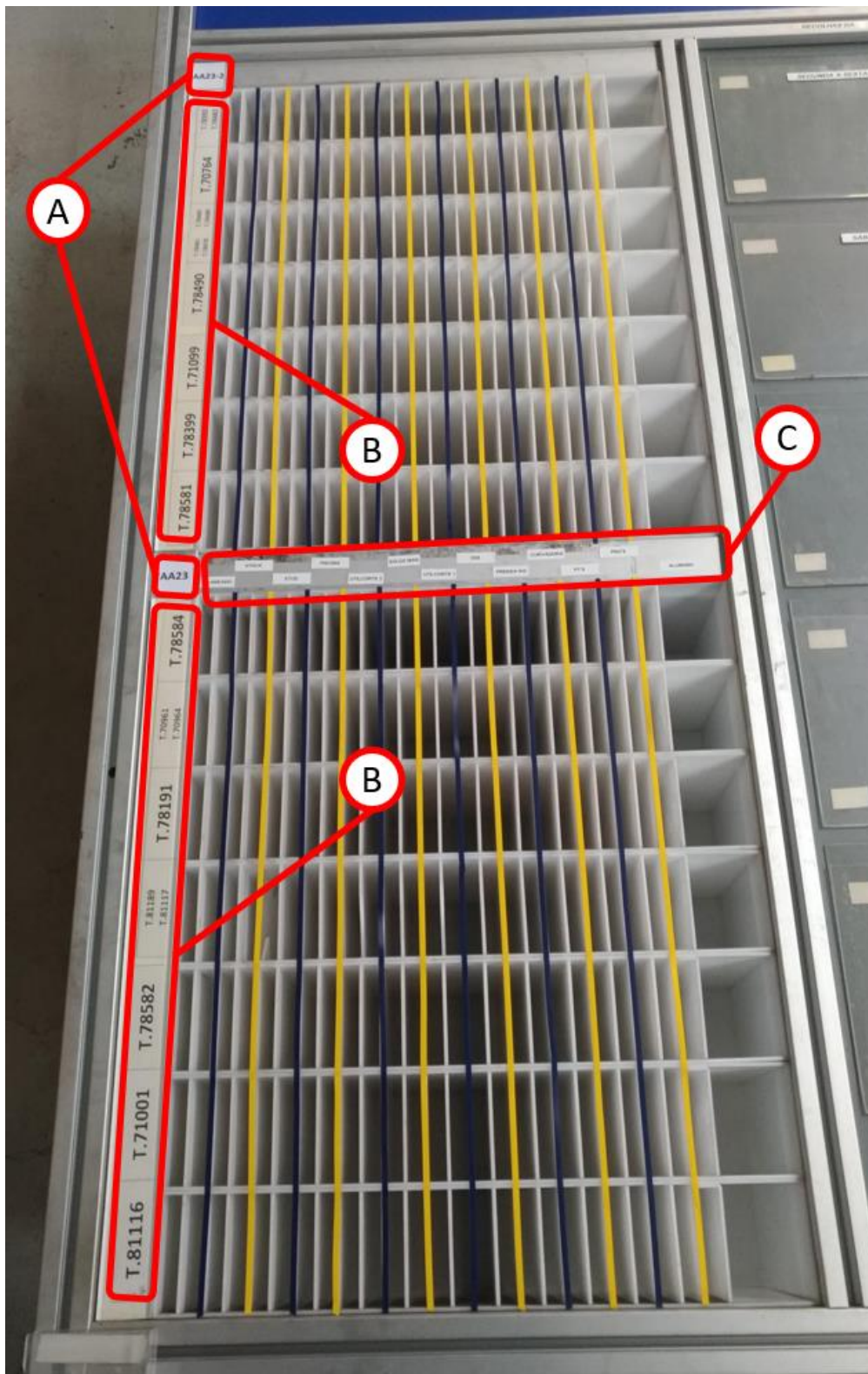


Figura 119 - Definição das divisões do quadro

As operações/postos considerados no campo (C) da Figura 119 foram-se alterando ao longo do processo de implementação do quadro, para aumentar a sua aplicabilidade num contexto real.

No final, foram considerados os seguintes postos, ordenados da direita (início do processo de preparação dos componentes) para a esquerda (fim do processo de preparação dos componentes), sob a forma de um sistema *pull*:

1. “ALUMÍNIO”

Para a maioria das referências, o alumínio vem de um fornecedor externo já cortado e é abastecido através de um sistema *kanban*. Porém, nas referências produzidas num regime MTO, em particular: T.70961, T.81116, T.81189, T.81117, T.70764 e T.78582, não existe um sistema de reposição automática, procedendo-se apenas à encomenda do alumínio quando necessário. Nestes casos, é importante a utilização deste campo para indicar se existe ou não alumínio para produzir a referência em causa.

2. “PT’S”

Engloba todos os postos relativos a operações de embutição.

3. “PRG’S”

Engloba todas as atividades de solda existentes no processo.

4. “CURVADORA”

Corresponde a todas as curvadoras envolvidas no processo de preparação da AA23.

5. “PRENSA IHX”

Corresponde à prensa utilizada para as prensadas das referências IHX, por exemplo, para componentes das peças T.78584.

6. “DS5”

Indica a área de preparação exclusiva para a linha AA23, que engloba a presença de operações de solda por chama (Máquina SRS), solda por indução (Máquina Indução) e furação, assim como uma curvadora.

7. “UTILCORTE 1”

Representa ao fornecedor externo onde são colocadas todas as espumas, independentemente da referência.

8. “SOLDA MAN”

Representa um posto onde se procede à solda manual de determinadas referências, com detalhe superior. Na AA23, apenas componentes da referência T.78584 são submetidos a esta operação.

9. “FLOW TEST”

Também referido como teste de obstrução, é realizado principalmente em componentes das referências IHX, como o T.78584, T.78581, T.78582 e T.78399, uma vez que estas constituem tubos soldados de alta e baixa pressão numa só peça, podendo existir obstruções na passagem de ar no interior do tubo derivado de problemas de solda.

10. "PISCINA"

Refere-se ao teste na cabine de água, sendo este um processo utilizado para verificar a existência de fugas de ar de maior relevo, sendo apenas alguns componentes das referências T.70764 e T.78581 submetidas a esta operação.

11. "STUD"

Inclui todas as atividades de colocação de *stud* ou cavilha.

12. STOCK

Este campo tem como principal função indicar se existe ou não stock de material que esteja pronto para entrar em linha. Para tal, foi elaborado o cartão apresentado na Figura 120, que pode ser colocado no quadro caso exista stock de determinada referência:



Figura 120 - Cartão indicativo da existência ou não de stock

Caso não exista *stock*, o cartão não é colocado no quadro.

13. "PLANEADO"

As áreas de preparação vão ser orientadas para cada referência de acordo com a produção planeada em sistema, no FTL (Flux Tiré Lissé). Assim, de acordo com a produção planeada, todos os campos anteriores vão revelar se a produção dos componentes constituintes está ou não atrasada. Por exemplo, se estiver planeada a saída de um dado número de peças de dada referência para o cliente, então vai ser necessário iniciar o processo de preparação com a devida antecedência, até que todos os componentes estejam prontos para entrar em linha.

Como forma de indicar se, para dada referência, existe produção planeada, realizou-se um cartão para este efeito, apresentado na Figura 121:

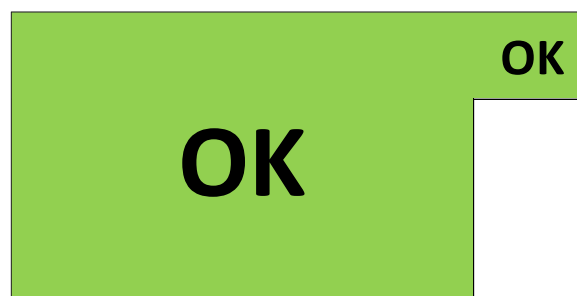


Figura 121 - Cartão indicativo da existência ou não de produção planeada

Caso a produção para essa referência não esteja planeada, então o cartão não é colocado no quadro.

14. “FALTAS”

Corresponde a pedidos de produção para completar lotes que estejam incompletos e que tenham de ser brevemente enviados para o cliente, tendo prioridade em relação à produção planeada. Assim, se existirem faltas, recorre-se ao uso do seguinte cartão da Figura 122:

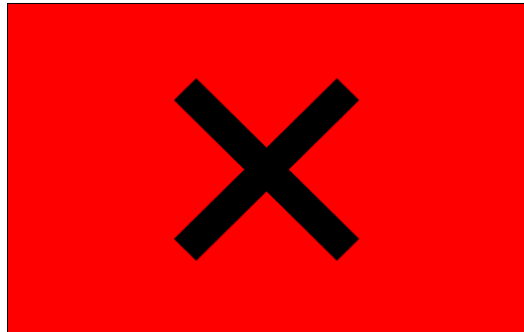


Figura 122 - Cartão indicativo da existência ou não de faltas

Caso não existam faltas no sistema, o cartão não é colocado no quadro.

Foram elaborados cartões para cada referência, no sentido de indicar quais e quantos seriam os componentes que estavam a ser produzidos naquele momento, num determinado posto da área de preparação da linha AA23. Tal como demonstrado na Figura 123 para a referência T.70764, cada cartão está subdividido em 4 campos distintos:

- A referência das peças produzidas, que neste caso, corresponde ao T.70764 (**D**);
- A referência do componente produzido em relação à peça (**E**);
- A quantidade do lote produzida desse componente (**F**);
- O posto/operação da área de preparação a que o componente está associado, sendo este um campo de preenchimento opcional (**G**).

(G)		T.70764	(D)
	REF.		(E)
	QTY. LOTE		(F)

Figura 123 - Cartão CONWIP para a ref. T.70764

É importante considerar que os campos (E), (F) e (G) da Figura 123 devem ser preenchidos manualmente pelos preparadores/monitores/encarregados, dependendo do componente e do respectivo posto de preparação. Os cartões estão também divididos por cores conforme a referência assinalada em (D), para facilitar a distinção entre os cartões.

Estes cartões foram depois divididos sobre os vários campos presentes no quadro, de acordo com a produção real (juntamente com o apoio dos vários encarregados, monitores e preparadores da empresa).

No final, o quadro obtido foi o apresentado na Figura 124:

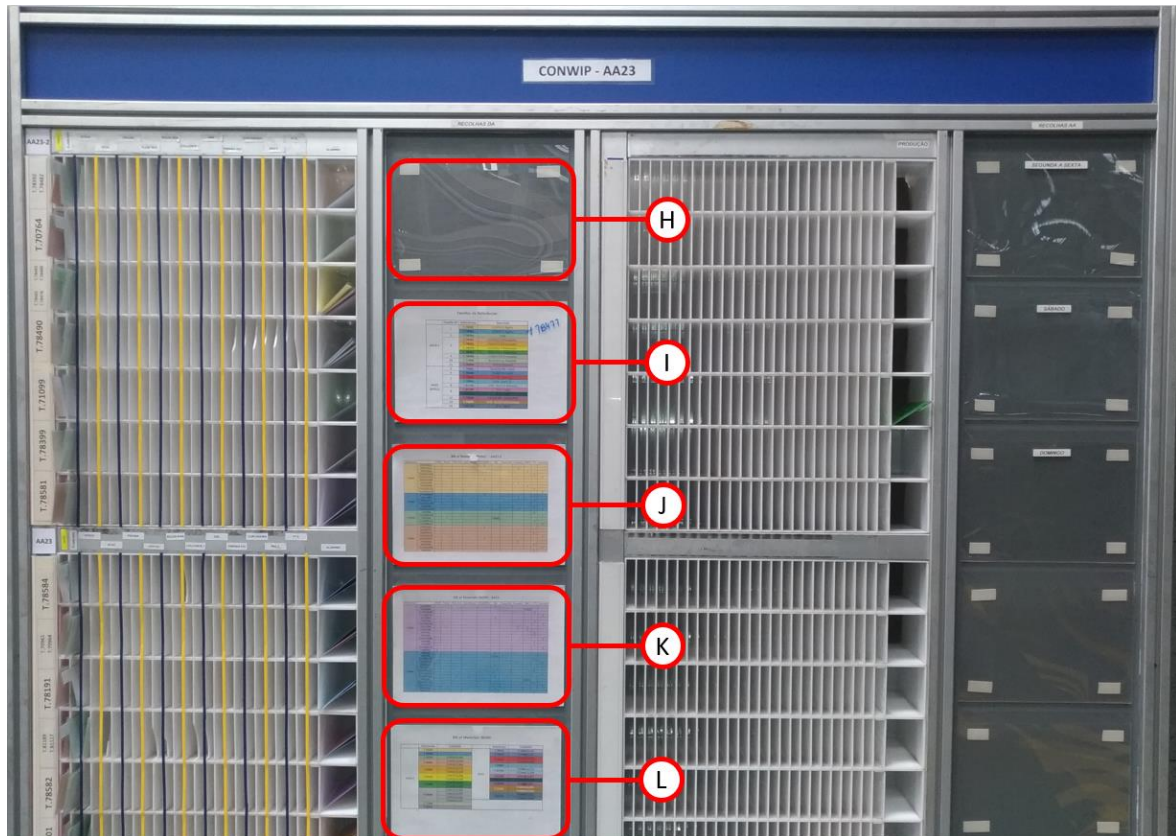


Figura 124 - Quadro CONWIP montado e finalizado

Através da Figura 124, é também possível observar que foram também reservados alguns espaços específicos para colocar tabelas informativas, nomeadamente:

- o seguimento da produção (H);
- as famílias de referências por cores (coincidentes com as cores dos cartões acima descritos), com a descrição geral de cada família (I);
- a *Bill-of-Materials* (BOM) tanto para a AA23-2 (J) como para a AA23 (K);
- as referências da tubagem usada para cada uma das referências (L).

3.5. Análise e Implementação de possíveis melhorias na linha AA23

Paralelamente à implementação do sistema CONWIP, ao longo da análise realizada na linha, foram identificadas e propostas várias oportunidades de melhoria da linha.

Retificação de Enchufes

Os enchufes são ferramentas utilizadas nas máquinas de teste de estanquicidade. Estas máquinas fazem a injeção de hélio para o interior dos tubos através de tubos ou “mangueiras”, que se conectam com as extremidades das peças através de enchufes. Após as peças estarem devidamente acondicionadas no interior da máquina, as câmaras fecham por acionamento de botão e o teste é iniciado. Caso o hélio que circula no interior dos tubos contamine a câmara, então isso representa a existência de fugas. Pode-se observar esta situação na Figura 125 e na Figura 126:



Figura 125 - Cabine da máquina de teste de estanquicidade aberta



Figura 126 - Cabine da máquina de teste de estanquicidade fechada

Os enchufes da Figura 127 apresentavam entradas de menor dimensão, que por sua vez pressionavam as extremidades das espumas na extremidade do tubo, causando rasgos que causavam a danificação e posterior rejeição da peça. Realizou-se então a retificação dos dois

enchufes, de forma a ficarem de dimensões equivalentes ao seu respetivo par. Tal como demonstrado na Figura 127, a ação passou por alargar a entrada dos enchufes (A), de forma a se obter o resultado do enchufe (B).

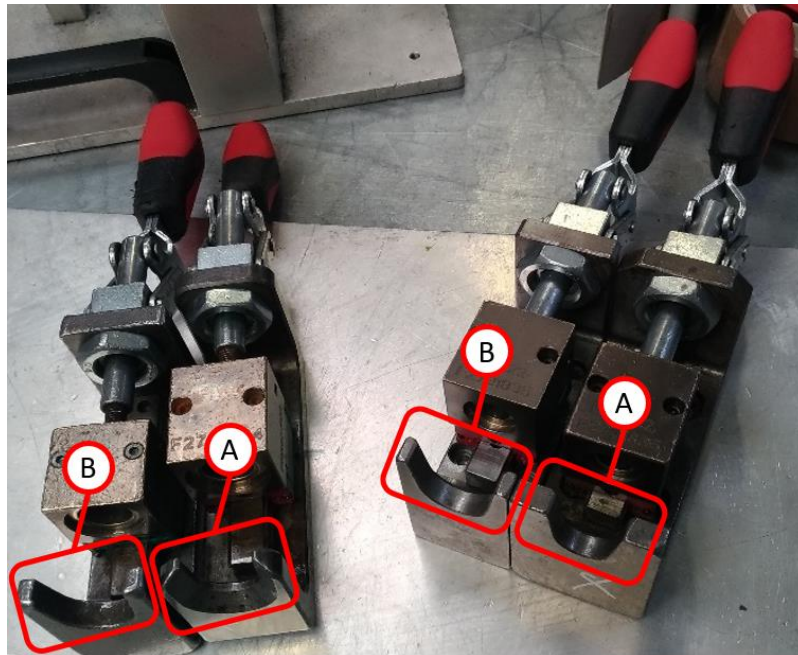


Figura 127 - Enchufes *NOK* (A) e Enchufes *OK* (B)

Ao alargar a entrada dos enchufes, as espumas deixam de estar tracionadas e o risco de rompimento das espumas desaparece. No final, os resultados obtidos com os enchufes alterados foram positivos, diminuindo-se inclusivamente o número de fugas falsas obtidas durante o teste de estanquidade.

Foi também fornecido um novo enchufe (entrada “fêmea”), uma vez que a máquina de teste de estanquidade chegava a ter paragens por falta destas ferramentas, bloqueando um ponto chave da linha. Este está presente na Figura 128.



Figura 128 - Novo enchufe fornecido

Montagem de Suportes para Garrafas de Água

Várias máquinas da linha não apresentavam suportes para garrafas de água. Procedeu-se à colocação de 3 suportes para garrafas de água, tal como demonstrado na Figura 129, Figura 130 e Figura 131:



Figura 129 - Suporte de água para máquina de teste de estanquicidade



Figura 130 - Suporte de água para mesa final aparafusadora ECELL



Figura 131 - Suporte de água para mesa final ECELL

Os suportes para garrafas foram colocados em três máquinas distintas, designadamente:

- um suporte na máquina de teste de estanquicidade (Figura 129);
- um suporte na mesa final aparafusadora ECELL (Figura 130);
- um suporte na mesa final ECELL (Figura 131).

Desta forma, asseguram-se condições para a limpeza e arrumação do posto de trabalho, contribuindo para a maior acessibilidade do colaborador a este tipo de objetos.

Colocação de Suporte para Sonda e “Escovilhão”

Durante o processo de furação dos tubos, por vezes ocorre a formação de limalhas metálicas de grande dimensão, chamadas de “pastilhas”, que ficam retidas no interior dos tubos. Isto aumenta o risco de obstrução no interior do tubo, o que representa um problema de qualidade. A presença de um escovilhão e de uma sonda metálica na máquina de furar contribui para a mitigação deste risco.

Normalmente, estes acessórios estavam arrumados no suporte de garrafa de água, como se pode observar na Figura 132. Nesse sentido, procedeu-se à colocação de um suporte próprio para estes acessórios, presente na Figura 133, para promover a organização do posto de trabalho.



Figura 132 - Máquina de furar antes de montagem do suporte



Figura 133 - Máquina de furar depois de montagem do suporte

Retificação de *Gabarit* de Controlo

O *Gabarit* de Controlo considerando da têm a função de assegurar que o componente está conforme, podendo seguir da solda para a próxima fase do processo. Neste caso, um dos controlos do *gabarit* estava danificado – o controlo relativo à verificação do furo (como se pode verificar na Figura 134) - e não podia ser accionado, o operador não o podia utilizar e afirmar que o componente produzido estava correto.

Partiu-se então para a lubrificação do controlo, e para a posterior colocação de mola, anilha e de uma pega nova, que permitisse restabelecer a funcionalidade do *gabarit*, tal como demonstrado na Figura 135.



Figura 134 - Gabarit antes de melhoria



Figura 135 - Gabarit após a melhoria

Substituição de Peças de Colocador de Soldadura

A função dos colocadores de soldadura é essencialmente a de fixar as peças e/ou componentes entre si, para que estes sejam devidamente soldados, na posição correta. Neste caso, algumas das peças que compõem o colocador de soldadura COL-011 F9431092 estavam danificadas, tal como se pode ver através da Figura 136. Como se pode observar, estas estavam desgastadas e queimadas devido ao uso recorrente deste colocador no posto da SRS, assim como devido à utilização de decapante no processo de soldadura.

Como tal, procedeu-se a análise do desenho 3D e à substituição destas peças por peças novas. Estas estão representadas na Figura 137, após alguns dias de uso:



Figura 136 - Colocador de solda queimado



Figura 137 - Colocador de solda novo

Fornecimento de BOM de Colocadores de Soldadura

Por vezes, o processo de substituição de peças dos colocadores torna-se bastante moroso, uma vez que codificação dos colocadores acaba por desaparecer (resultado da utilização de produtos erosivos, como o decapante), o que impede a respetiva identificação. Isto levava a paragens do posto do trabalho e a dificuldade em identificar as peças/desenhos técnicos dos componentes solicitados atrasava a substituição dos mesmos.

Relacionado com o tópico anterior, realizou-se, junto com o responsável de UAP, a inclusão das folhas BOM disponíveis associadas a cada um dos colocadores de soldadura existentes na DS5 e que são utilizados no posto de soldadura chama. Um exemplo das BOMs fornecidas pode ser observado através da Figura 138. Estas foram colocadas na capa, no separador Produção, junto com toda a informação relativa ao posto para cada um dos departamentos existentes.

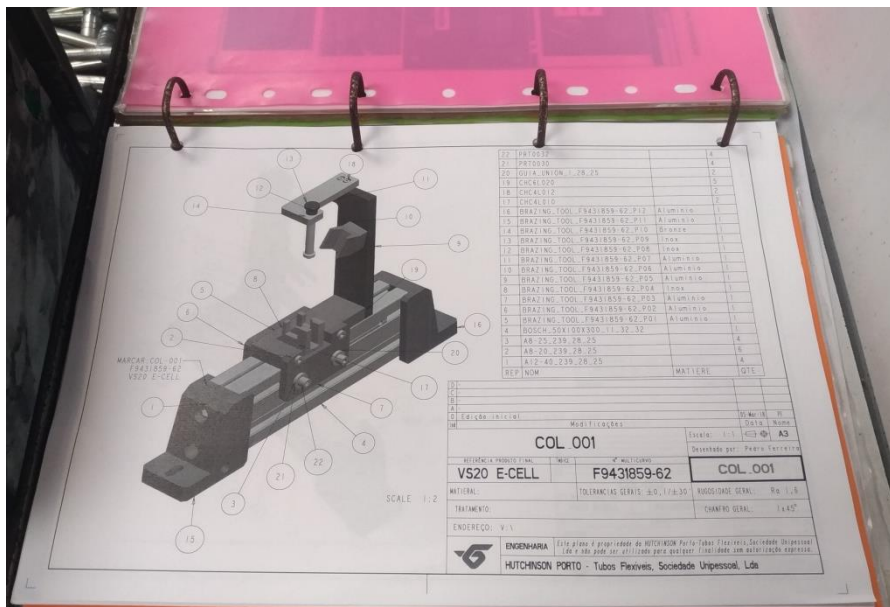


Figura 138 - BOM dos colocadores de solda

Ao disponibilizar as BOM aos operadores deste posto, assim como aos preparadores de solda e aos monitores, torna-se mais simples o processo de substituição de peças. Assim, estes conseguem saber as codificações dos componentes dos colocadores que necessitam através das BOMs, sendo o processo de solicitação de peças de substituição à ferramentaria facilitado. De forma semelhante, torna-se mais fácil para a ferramentaria ou para a melhoria contínua saber e encontrar os componentes requisitados e fornecê-los atempadamente.

Implementação e identificação de carro de transporte de *Burners* para área DS5

Tal como foi referido anteriormente, procedeu-se à implementação de um carro de transporte de *burners* que auxiliasse o operador na tarefa em questão, representado na Figura 139.



Figura 139 - Carro para transporte de *burners* fornecido

Identificação de equipamentos para prensada da referência T.78584

Para prensar determinado componente ou referência, é necessário um conjunto de ferramentas de prensar, essencialmente constituído pelo “cabeço” (A), pelo “porta-patas” (B) e pelas “patas” (C) presentes na Figura 140. Cada porta-patas tem 6 patas.

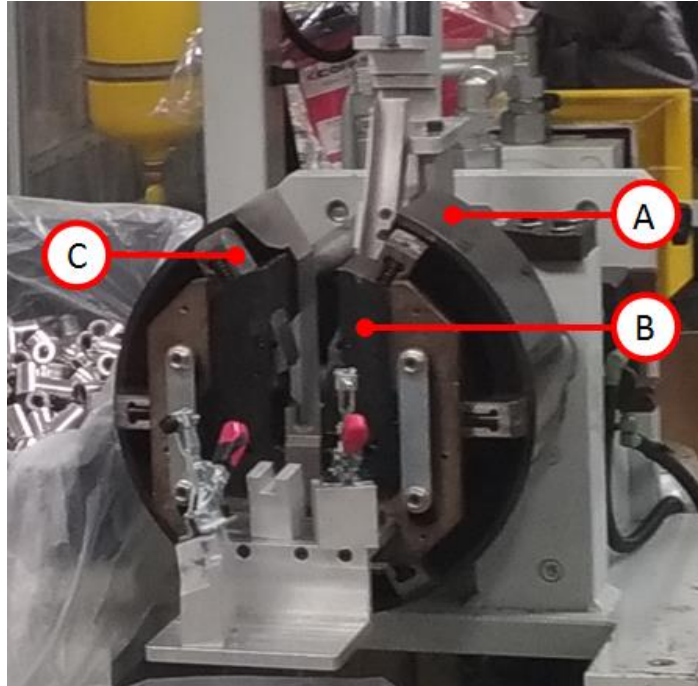


Figura 140 - Conjunto de ferramentas de prensar

Na linha, existem 2 porta-patas cujas “patas” correspondentes à STI 8383 (que se associa ao diâmetro dos tubos prensados). Um dos “porta-patas” referidos, utilizado para prensar o sunconjunto da referência T.78584, tem as patas com um ligeiro ajuste/corte, sendo unicamente usado para esta referência devido a esta particularidade.

Ao analisar a situação em questão, foram obtidos os dados seguintes:

- Existência de um elevado nível de sucata num período recente derivado da troca dos “porta-patas” com STI8383;
- Falta de informação na ficha técnica da referência T.78584 que indique qual o “porta-patas” que os operadores devem utilizar no posto da prensa;

Face às informações recolhidas, procedeu-se à identificação do “porta-patas”, na Figura 141, assim como à identificação do par de patas superior, em que uma delas apresenta o corte referido previamente.

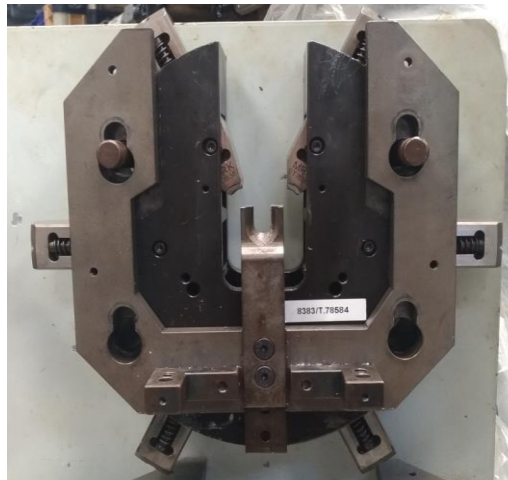


Figura 141 - Porta patas identificado por 8383/T.78584

Adicionalmente, foi solicitada a adição da observação “Utilizar o porta-patas assinalado com 8383/T.78584” na ficha técnica desta referência, para que exista um suporte documental que indique ao operador como proceder. Pode-se verificar esta alteração na Figura 142:

HUTCHINSON®		FICHA TÉCNICA				Cliente:	DAIMLER			
Referência BEI: F78584		Referência Hutchinsson Porto: T.78584-A00		Índice maior BEI: A.00		Índice menor BEI: .00		Projeto: VS30 ECELL		
Referência Cliente: A9108307700		Índice Cliente: 003		NP ETE: 103194						
Família Produto: Ar Condicionado		Centro de produção:		AA23						
OP#	OPERAÇÃO	POSTO/MÁQ	COMPONENTES		CROQUIS	OBSERVAÇÃO	DOCUMENTAÇÃO			
			DESIGNAÇÃO	Q	REFERÊNCIA		STI	ITS/IPS/ISS		
PC										
PREPARAÇÃO										
040	Corte de Tubagem Automático	Máq. Corte Automático	Tubagem Clim 8V	1	F134081H71	1	tol 1/-2mm	MT0017	040	
P94310110 e P9331036 curvados										
MONTAGEM HP										
192A	Colocar O'ring modo manual	Prensa Lomar	Tubo Curvado	1	P94310110	2			192	
			O-Ring DN08	2	F6110502	3				
			OP192A	1						
051A	Montar + Angular + Pressar		Cascoilho DN08	1	F2841604	4	CRIP7_MAS_0432_FR CRIP7_MAS_0432_TR	8383	FES0015	051
			OP040	1						
192B	Colocar O'ring modo manual	Tubo IHX curvado	1	P9331036	5				192	
		O-Ring DN08	2	F6110502	3	PKY				
		OP192B	1							
051B	Montar + Angular + Pressar	Cascoilho DN08	1	F2841604	4		8383	FES0015	051	
		OP051A	1							

HUTCHINSON®		FICHA TÉCNICA				Cliente:	DAIMLER			
Referência BEI: F78584		Referência Hutchinsson Porto: T.78584-A00		Índice maior BEI: A.00		Índice menor BEI: .00		Projeto: VS30 ECELL		
Referência Cliente: A9108307700		Índice Cliente: 003		NP ETE: 103194						
Família Produto: Ar Condicionado		Centro de produção:		AA23						
OP#	OPERAÇÃO	POSTO/MÁQ	COMPONENTES		CROQUIS	OBSERVAÇÃO	DOCUMENTAÇÃO			
			DESIGNAÇÃO	Q	REFERÊNCIA		STI	ITS/IPS/ISS		
PC										
PREPARAÇÃO										
040	Corte de Tubagem Automático	Máq. Corte Automático	Tubagem Clim 8V	1	F134081H71	1	tol 1/-2mm	MT0017	040	
P94310110 e P9331036 curvados										
MONTAGEM HP										
192A	Colocar O'ring modo manual	Prensa Lomar	Tubo Curvado	1	P94310110	2			192	
			O-Ring DN08	2	F6110502	3				
			OP192A	1						
051A	Montar + Angular + Pressar		Cascoilho DN08	1	F2841604	4	CRIP7_MAS_0432_FR CRIP7_MAS_0432_TR	8383	FES0015	051
			OP040	1						
192B	Colocar O'ring modo manual	Tubo IHX curvado	1	P9331036	5				192	
		O-Ring DN08	2	F6110502	3	PKY				
		OP192B	1			Utilizar o porta-patas assinalado com 8383/T.78584	8383	FES0015	051	
051B	Montar + Angular + Pressar	Cascoilho DN08	1	F2841604	4		8383	FES0015	051	
		OP051A	1							

Figura 142 - Alteração da ficha técnica

Alterações na Máquina Aparafusadora de Ôbus DIV0155

A máquina aparafusadora de ôbus afeta à área DS5 apresentava problemas e falhas com relativa frequência, contribuindo para interrupções do fluxo produtivo.

Como tal e solicitando o apoio da restante equipa de melhoria contínua, foi realizado o ajuste dos parâmetros de calibração da máquina para a referência em produção, de acordo com as tolerâncias definidas para a altura do ôbus no interior da válvula.

Numa fase posterior, realizou-se também a retificação do sistema de lubrificação de ôbus, diminuindo a folga com que o sistema se movia na calha quando a máquina era accionada, permitindo assim um melhor controlo deste processo.

A redução da folga verifica-se através da comparação entre a Figura 143 e a Figura 144:



Figura 143 - Folga existente antes da melhoria



Figura 144 - Folga após a melhoria

Tal como já tinha sido referido, os problemas recorrentes nesta máquina e a dificuldade em identificar o melhor método para a resolução dos problemas identificados levou à proposta de um **Roadmap Problem Solving (RPS)**, presente no ANEXO E.

O objetivo deste documento passa assim por facilitar o processo de afinação da máquina e diminuir as paragens desta. Todas as marcações e identificações das peças foram efetuadas neste sentido.

Realização e Implementação de uma Ajuda Visual para Setup das Curvadoras Manuais

A referências T.81191-00 e T.81116-D00 requerem a utilização de 2 curvadoras manuais nas prensas. No entanto, ainda que a ficha técnica determine, para ambos os casos, que tem de ser utilizada uma curvadora manual naquela fase do processo, não existe nenhum tipo de indicação acerca de qual a curvadora a utilizar ou de como executar o *setup* da mesma.

Por este motivo, existe frequentemente uma grande dificuldade em iniciar a produção destas referências por parte dos operadores, uma vez que não existe um guia ou qualquer tipo de documentação que descreva este processo.

Assim, foi desenvolvida uma ajuda visual que explicasse, de forma sucinta, qual a curvadora a usar e quais as peças a montar para o *setup* destes equipamentos, para cada uma das referências mencionadas. As ajudas visuais realizadas estão presentes no ANEXO F.

Estas foram depois afixadas no posto das curvadoras manuais (mesmo posto, uma vez que estão juntas na mesma mesa), como se pode observar através da Figura 145.



Figura 145 - Ajudas visuais para curvadoras manuais

Adição de rodas na máquina de colocação de brida BRD0025 da área DS5

A máquina de brida referida não tinha rodas, o que dificultava a tarefa de movimentação da máquina, contribuindo para atrasos significativos da produção na área da PREP DS5, tal como se verificava na Figura 146.

Assim, tal como se pode verificar através da Figura 147, procedeu-se à colocação de rodas na máquina, facilitando este processo.



Figura 146 - Máquina sem rodas



Figura 147 - Máquina após aplicação de rodas

Implementação de sistemas Poka-Yoke para assegurar a orientação Bidas/Tubo

Na fase da PREP associada à produção do componente P9432522D da referência T.78399, existiam frequentemente elevadas quantidades de sucata. O processo a que este componente é submetido é o descrito na Figura 148:

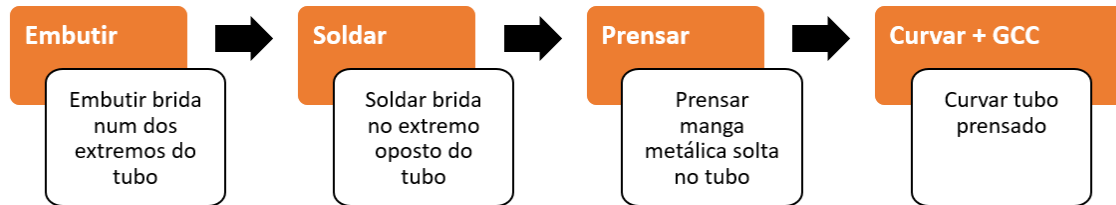


Figura 148 - Processo para produção do componente P9432522D do T.78399

Os níveis de sucata eram elevados sobretudo em dois postos:

- **Soldadura:** são verificados defeitos após os tubos após serem soldados, no momento em que se inicia o processo de prensar a manga, nomeadamente, na segunda prensada da manga.
- **Curvadora:** os tubos não entram no *gabarit* de controlo de curvado (GCC), indicando que a geometria do tubo ou a orientação da brida/ manga, pode estar errada.

Nesse sentido, e decorrente da abertura de um problema do dia, foi feita uma análise dos vários postos de trabalho envolvidos, tendo em conta que se tratam de referências de grande valor, cujo dano representa custos elevados para a empresa.

Estes custos são acrescidos pelo facto de frequentemente apenas se detetarem estes erros no fim do processo, no *gabarit*, rejeitando-se peças com um maior valor acrescentado do que seria necessário. Adicionalmente, a impossibilidade de se efetuar um processo em *One-Piece-Flow*, pelo distanciamento entre os vários postos de trabalho, implica que a deteção de defeitos apenas ocorra após todo o lote ser submetido a cada passo do processo. Por este motivo, é importante a presença de sistemas anti-erro e meios de controlo ao longo do fluxo, que foi cuidadosamente estudado.

A angulação entre cada uma das bridas/flanges é um ponto-chave que tem de ser assegurado neste processo, sendo, no entanto, um dos principais tipos de defeito encontrados derivados de soldadura incorreta. Partiu-se assim para a verificação deste posto. Concluiu-se que na solda, o colocador de soldadura assegura a orientação da brida previamente embutida. Já observando a base do colocador, ainda que seja possível o encaixe fácil da brida a soldar, existe margem para que o operador a posicione incorretamente. Assim, era necessário arranjar uma forma de assegurar que tal não ocorria.

Na prensa, o colocador assume vários pontos de controlo distintos. Neste caso, a orientação da brida soldada e a orientação da manga metálica. O processo, considerando que a prensa apenas faz esta referência (a máquina já se encontra pronta a trabalhar), é o seguinte:

- Posicionar o colocador para a primeira prensada, sendo que o tubo encaixa no colocador tendo como ponto 0 a flange soldada. O primeiro apoio é usado para definir a posição de uma das extremidades da manga no tubo;

- Executar a primeira prensada da manga;
- Posicionar o colocador para a segunda prensada. O segundo apoio é usado para definir a posição da extremidade oposta da manga no tubo;
- Executar a segunda prensada da manga;

Ao analisar o processo, verifica-se que, como a posição da manga e a orientação da brida soldada estão associadas, então caso esta orientação esteja errada no posto da solda, o operador não consegue fazer a segunda prensada da manga (visto que o controlo existente antes da segunda prensada já não vai coincidir com o furo respetivo). No entanto, o operador tem de chegar à segunda prensada para detetar a incorreta orientação das bridas. Da mesma forma, o operador, na tentativa de produzir mais, pode optar por não colocar o apoio na última prensada, fazendo com que tubos com este tipo de defeitos avancem no processo.

Já na curvadora, ao curvar os tubos, uma vez que um dos suportes do sistema de fixação do tubo está desgastado, por vezes esse sistema move-se com o funcionamento da curvadora, levando a que a geometria do tubo não fique exatamente como pretendido, e com que este não passe no *gabarit* de controlo.

Nesse sentido, foram estabelecidas várias ações para reduzir significativamente a quantidade de peças para a sucata, descritas na Tabela 39.

Tabela 39 - Ações propostas para a redução de sucata deste componente

Problema	Ação	Local de Aplicação	Tipo de Ação
Peças mal curvadas	Retificação do suporte do sistema de fixação do tubo	Curvadora	Reposição do <i>standard</i>
	Adição de um sistema de fixação de brida no colocador de solda	Soldadura	Melhoria
Orientação errada das bridas	Implementação de um pino para o controlo de orientação das bridas na prensa	Prensa	Melhoria
	Atualização e implementação da 1ª peça OK	-	Melhoria

As ações que implicassem a reposição do *standard* foram levadas a cabo de forma paralela pela melhoria contínua, e as restantes foram levadas a cabo juntamente com intervenientes da área da qualidade e do desenho técnico.

O desenvolvimento de um sistema de fixação de brida contribuiu para a definição da posição da mesma no colocador, de forma que esta não se possa mover. Isto porque, mesmo que o tubo seja bem encaixado no colocador, vão existir fatores que vão contribuir para pequenas movimentações da brida, designadamente, o sopro e o jato de água destinados a arrefecer a mesma após a soldadura, assim como o direcionamento dos próprios *burners* ou bicos de gás.

Verifica-se a diferença entre o colocador sem e com o sistema de fixação, na Figura 149 e na Figura 150, respetivamente:

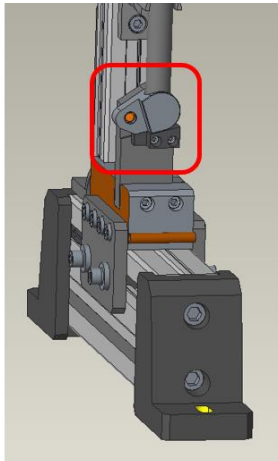


Figura 149 - Colocador de soldadura antes do sistema de fixação ser alterado

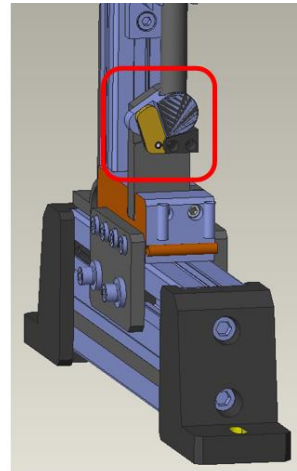


Figura 150 - Colocador de soldadura após o sistema de fixação ser alterado

Quanto à implementação de um pino para o controlo de orientação das bridas na prensa, este foi colocado na prensa para assegurar a orientação das bridas na primeira prensada, tal como se pode verificar na Figura 151 e na Figura 152:



Figura 151 - Sistema de orientação da flange antes da colocação do pino

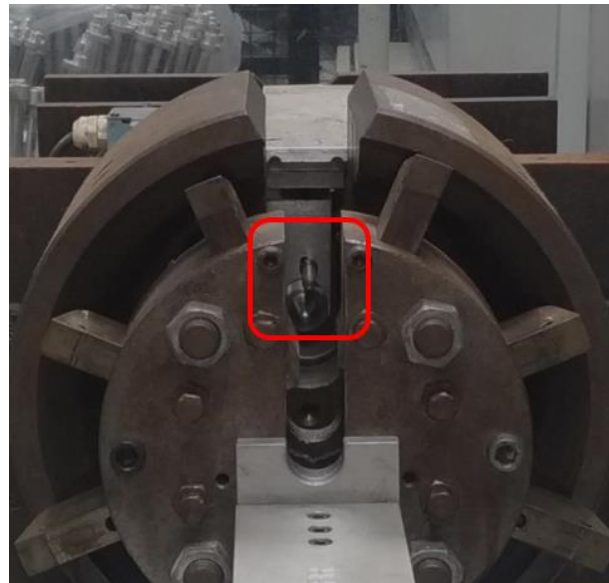


Figura 152 - Sistema de orientação da flange após montagem do pino

Já a aplicação da Peça de Acerto, serve fundamentalmente para que as máquinas presentes ao longo do processo pudessem ser afinadas de acordo com esta. Uma vez que existia uma peça de acerto, foi-se primeiro verificar se esta estava conforme ou não.

Ao verificar na prensa, concluiu-se que peça estava errada, uma vez que não encaixava devidamente no colocador da prensa, tal como é demonstrado na Figura 153:



Figura 153 - Peça de acerto mal orientada

Com base nesta verificação, foi implementada uma nova peça de acerto.

Atualização de Instrução de Preparação Standard de Furadora DIV0152

A Instrução de Preparação Standard (IPS) tem como objetivo a descrição do processo a seguir para a realização da preparação ou *setup* das máquinas.

No caso da Furadora da área da PREP DS5 (DIV0152), a IPS fornecida vários dados essenciais, designadamente a nível do funcionamento da máquina, da substituição das mordças e colocadores e da substituição da broca.

Na máquina são, portanto, utilizadas diferentes brocas consoante a furação efetuada para cada tubo. No entanto, não existe nenhum tipo de informação que indique a broca que o operador deve utilizar com base no diâmetro do furo e do componente a furar. Assim, caso o operador seja novo no posto ou caso a broca tenha de ser substituída, não existe nenhum documento que indique qual a broca que deve ser usada.

Esta situação pode-se observar na Figura 154 e na Figura 155:



Figura 154 - IPS - DIV0152 (Página 1)

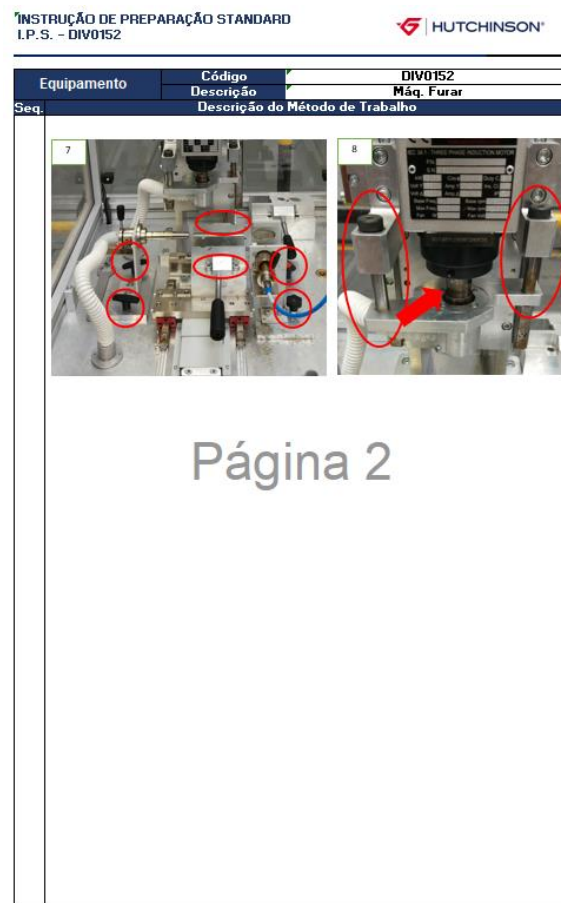


Figura 155 – IPS - DIV0152 (Página 2)

Nesse sentido, foi feita uma recolha de dados juntamente com as operadoras de maior experiência neste posto e procedeu-se à adição desta lista na IPS, tal como se pode observar na Figura 156:

Quadro 1:

Tubo	Ø Tubo	Código Broca
F94308127	Ø 8	2181 MD d4 L61.5
F94308146	Ø 8	20/ 0471
P34310111	Ø 10	FR_1097
P34310113A	Ø 10	21/0637
P34310114A	Ø 10	2100554200
P3431881	Ø 18	BRO_008
P9431862	Ø 18	21/0637
P9431870	Ø 18	

Figura 156 - Lista de brocas atualizada

A IPS atualizada esta presente no ANEXO G.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, partiu-se para a análise dos resultados obtidos após o balanceamento da linha, a melhoria de *layout*, a aplicação do quadro CONWIP e das restantes ações de melhoria na área da linha e da PREP. Foi, portanto, analisada a capacidade da linha e produtividade associadas. No final, foram considerados sobretudo dois indicadores, designadamente: a eficiência da linha e, de forma associada, o OEE calculado através dos dados disponibilizados pela organização.

4.1. Apresentação de resultados

Com base nas informações referidas, partiu-se para a apresentação sumária dos resultados obtidos. Consideraram-se os resultados obtidos ao longo do trabalho efetuado e os dados fornecidos pelo responsável de UAP.

4.1.1. Capacidade Produtiva

Após efetuar os balanceamentos da linha e aplicar as melhorias descritas, partiu-se para o cálculo da capacidade produtiva desta, recorrendo para tal aos dados expostos na Tabela 31, na Tabela 32, na Tabela 33, na Tabela 34 e na Tabela 35.

Para efeitos de comparação entre resultados, e considerando que na situação inicial, os resultados têm por base a produção de uma peça a cada ciclo. Na Figura 157, é possível fazer uma análise global dos resultados obtidos após a análise da capacidade produtiva da linha.

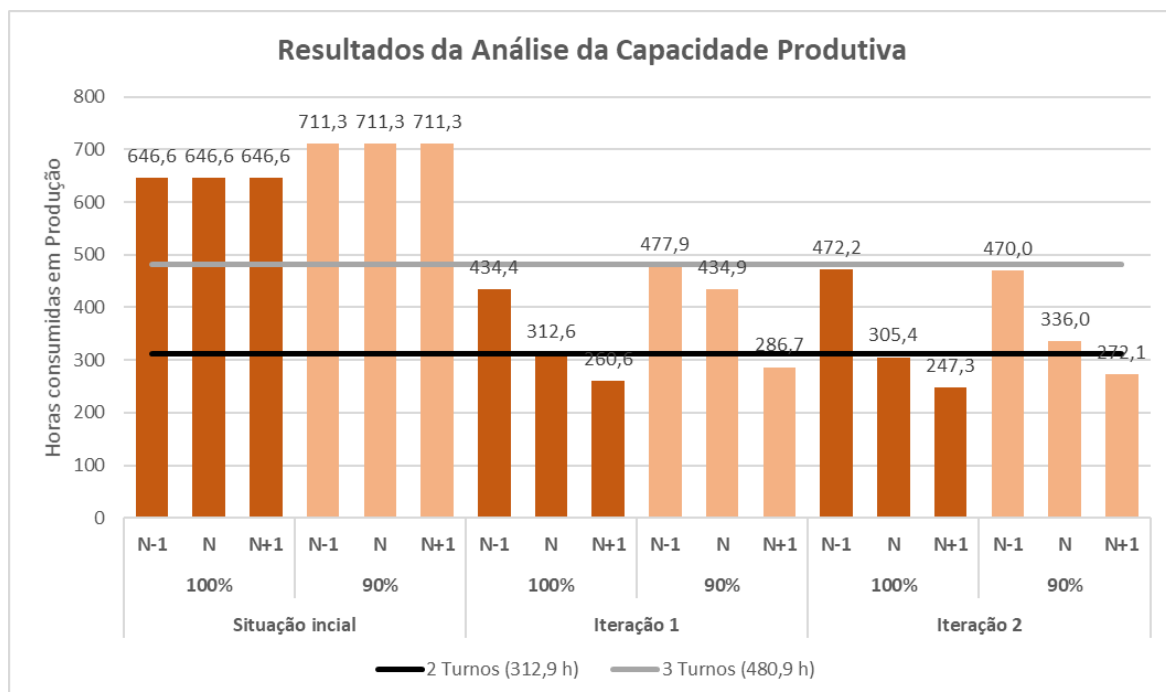


Figura 157 - Resultados da análise da capacidade produtiva da linha AA23

Uma vez que a empresa adota os objetivos considerando um funcionamento da linha a 90%. Desde a situação inicial à Iteração 2, pode-se verificar que o número de horas consumidas para atingir a produção do mesmo número de peças diminuiu de 711,3 h para 470, 336,0 e 272,2 h.

A nível global, concluiu-se que os melhores resultados foram obtidos na Iteração 2. Tendo por base os tempos obtidos, o mais vantajoso seria que a linha trabalhasse a 3 turnos com N-1 operadores ou a 2 turnos com N+1 operadores, para assegurar os pedidos do cliente.

Considerando as horas consumidas mensalmente para a produção das 18102 peças solicitadas, é possível obter os objetivos de produção da linha por hora, de acordo com a Equação (20):

$$\text{Produção (Peças/Hora)} = \frac{\text{Produção Mensal (Peças)}}{\text{Tempo consumido em produção no Mês (Horas)}} \quad (20)$$

Os resultados obtidos estão demonstrados na Figura 158:

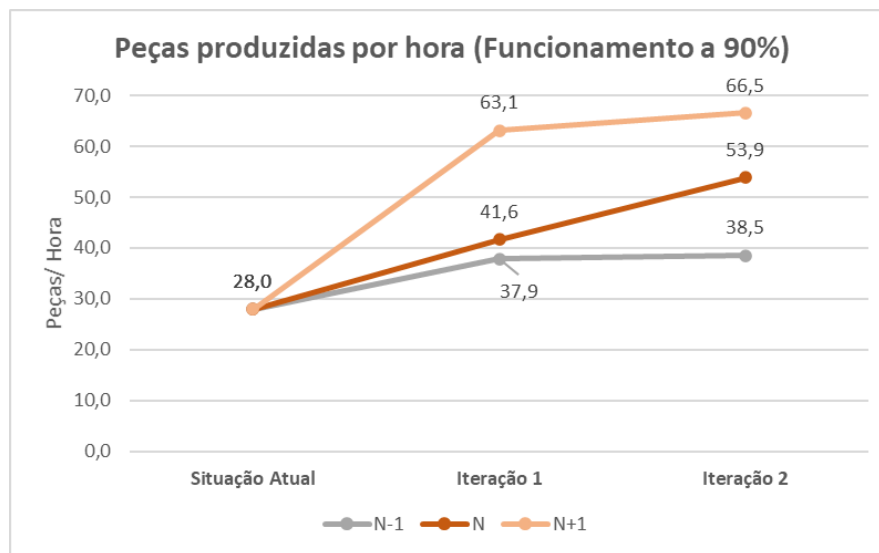


Figura 158 - Peças produzidas por hora com rendimento a 90%

De forma proporcional, os melhores resultados foram obtidos na Iteração 2. Com base nos tempos obtidos, e com a linha a trabalhar a 3 turnos com N-1 operadores ou a 2 turnos com N+1 operadores, é agora possível confirmar que o objetivo de produção é de 38,5 peças/hora ou de 66,5 peças/hora, respetivamente.

4.1.2. Melhorias Efetuadas

Tendo em conta os problemas detetados após o balanceamento, várias ações foram conduzidas no sentido de melhorar o *layout* da linha e da área de preparação DS5. Porém, a maioria das ações efetuadas nesse sentido não são mensuráveis.

Assim, apenas foi possível contabilizar os dados derivados da substituição da máquina manual pela máquina automática, estando os resultados obtidos demonstrados na Tabela 40:

Tabela 40 - Resultados decorrentes da melhoria no posto de colocação de cavilhas da DS5

Iteração	TC (s)	Produção (Peças/h)	Melhoria
1	11	327	↓ TC ≈ 59% ↑ Prod ≈ 145%
2	4,5	800	

A redução do TC de 11 s para 4,5 s possibilitou um aumento da produção de aproximadamente 327 para 800 peças/hora. Estes resultados revelam uma diminuição do TC em 59% e uma elevação da produção em 145%, caso este posto seja efetuado de forma isolada.

O mesmo se aplica à implementação do sistema CONWIP, que, ao intervir a nível da preparação dos componentes para a entrada em linha, ainda que fornecesse um apoio evidente à produção para a gestão da fase da preparação, foi difícil de monitorizar de forma a obter dados numéricos.

Além destas, foram também efetuadas muitas outras melhorias na linha e na PREP durante o período do estágio, que contribuíram positivamente para a melhoria de fatores como a eficiência, qualidade e segurança dos postos de trabalho em causa.

Assim sendo, o impacto de todas estas alterações está incluído nos resultados associados à eficiência e ao OEE da linha AA23 ao longo dos seis meses de trabalho.

4.1.3. OEE

A eficiência da linha é obtida através do rácio entre o tempo determinado no ato de entrega do projeto, tendo em conta o tempo estimado consumido para a produção de uma peça, em comparação ao tempo total real requerido para a produção de uma peça. É possível observar os resultados decorrentes das alterações efetuadas na Figura 159:

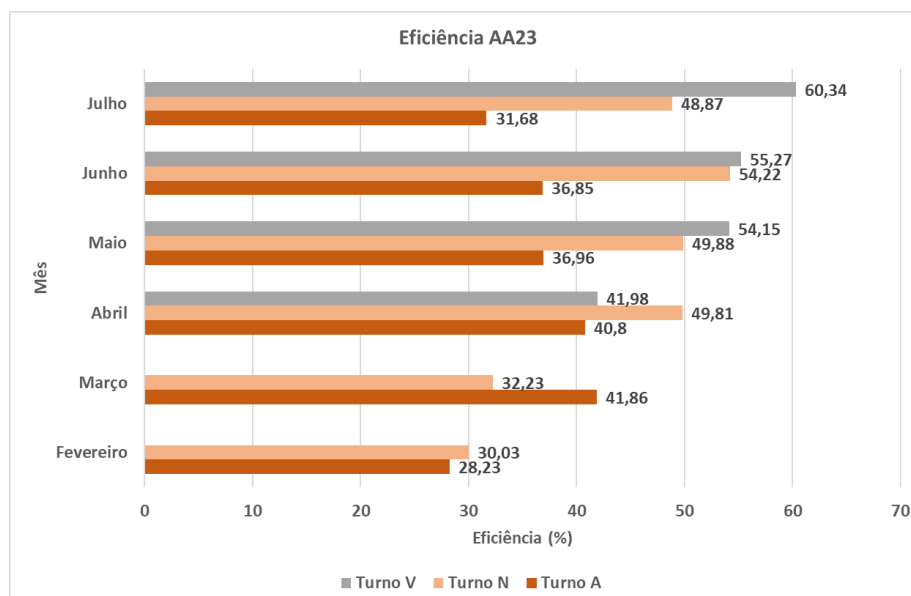


Figura 159 - Eficiência da linha AA23

A eficiência total da AA23 desde fevereiro até julho pode ser observada na Figura 160:

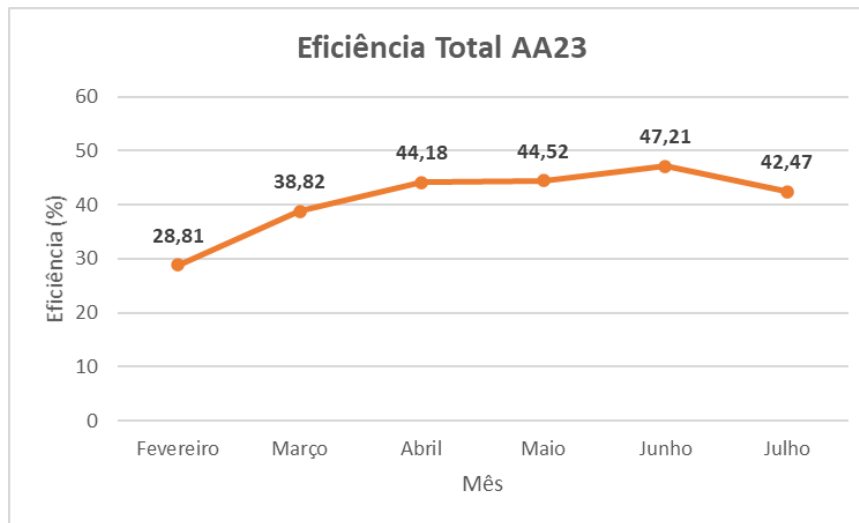


Figura 160 - Eficiência Total da linha AA23

Como se pode concluir através da figura, a nível global, a eficiência da linha AA23 em fevereiro era de 28,81%. Desde fevereiro, esta aumentou gradualmente até junho, diminuindo ligeiramente em julho devido a fatores como a industrialização de novas referências em linha, principalmente durante o turno da manhã, horário onde estão presentes a todos os intervenientes necessário a este processo. Em junho, o valor atingido foi de 47,21%.

Assim, de fevereiro até junho, verificou-se um aumento da eficiência da linha em cerca de 19%. Esta subida é justificada pelas várias ações de melhoria executadas na linha, devendo-se também ao balanceamento da carga de trabalho entre os vários operadores, considerando as combinações de famílias de referências formadas.

Tendo já os dados relativos à eficiência, partiu-se para o cálculo do OEE, obtendo-se dados da empresa a nível da disponibilidade e qualidade da linha. Na obtenção da disponibilidade da linha, foram comparados o tempo realmente consumido a produzir (após remover tempos consumidos com problemas de qualidade ou segurança, *setups*, avarias, ajustes ou afinamentos de máquinas/equipamentos, faltas de material e outros tipos de paragens) e o tempo total estimado para produção. A nível da qualidade, uma vez que a quantidade de peças rejeitadas era muito pequena em comparação com a quantidade de peças produzida, então o indicador assume uma pontuação de aproximadamente 100%. O OEE obtido está presente na Tabela 41:

Tabela 41 - Cálculo do OEE da linha AA23

Meses	Disponibilidade (%)	Eficiência(%)	Qualidade(%)	OEE(%)
Fevereiro	98,5%	28,8%	99,5%	28,2%
Março	99,6%	38,8%	99,8%	38,6%
Abril	99,2%	44,2%	99,9%	43,8%
Maio	98,8%	44,5%	99,5%	43,8%
Junho	98,0%	47,2%	99,8%	46,2%
Julho	91,0%	42,5%	99,7%	38,5%

Através da figura, conclui-se que a disponibilidade se manteve maioritariamente estabilizada nos 99%, ainda que em julho tenha reduzido de uma forma mais abrupta, devido a um aumento de tempo consumido em outras paragens, que neste caso se associam, à semelhança do que aconteceu com a eficiência, na industrialização das novas referências que futuramente irão ser produzidas na linha.

A nível da eficiência, foi possível avaliar a sua subida anteriormente. Tal como referido, a qualidade das peças assume um valor aproximado de 100% ao longo de todos os meses decorridos entre fevereiro e junho, não contribuindo substancialmente para a variação do OEE.

Multiplicando estas três variáveis, e analisando o resultado final do OEE, conclui-se que em fevereiro, este era de aproximadamente 28,2%. Já em junho, previamente às ações de industrialização na linha AA23, o OEE atingiu inclusivamente o valor de 46,2%. Com uma subida aproximada de 18%, é possível concluir uma vez mais que as ações implementadas, o balanceamento efetuado e o quadro CONWIP montado contribuíram para a melhoria da entrada de material na linha, como forma de promoção de um fluxo contínuo na mesma.

4.2. Discussão de resultados

Analisada no início deste trabalho, a questão de investigação assentava essencialmente em avaliar de que forma se poderiam aplicar ferramentas de melhoria contínua para diminuir o desperdício e a variabilidade dos processos ao longo da linha de produção AA23, com o objetivo de atingir os níveis de produtividade pretendidos.

Perante os resultados enunciados previamente, foram aplicadas múltiplas ferramentas *Lean* e de melhoria contínua, assim como implementado um sistema CONWIP. Todas estas técnicas foram alcançadas tendo em consideração cultura *Kaizen*. De forma similar, também outros autores foram capazes de obter resultados benéficos derivados da aplicação deste tipo de caso. Antonioli et al. (2017) foram capazes de contribuir para um aumento do OEE em 16% através da aplicação de uma metodologia *Standard Work*, suportada pela filosofia *Lean* e *Kaizen*, assim como Azevedo et al. (2019) concluiu que a eliminação de atividades desnecessárias e sem valor para o cliente com base numa filosofia *Lean*, assim como a otimização dos postos de trabalho, resultaram em grandes poupanças, designadamente cerca de 10,9% do investimento inicialmente considerado.

No projeto realizado, foram também alcançados resultados muito positivos, que incidiram num aumento do OEE em cerca de 18%, que reside no aumento da eficiência da linha e dos restantes postos de suporte. Porém, o facto de se tratar de uma linha tão complexa e com tanta variabilidade, exigiu desde cedo a existência de uma abordagem diferente na análise dos fluxos produtivos. Como resposta aos problemas identificados, a aplicação desde ferramentas *Lean* até ao sistema CONWIP, permitiram uma intervenção a nível global, que possibilitaram a deteção de fontes de desperdício que antes não eram visíveis.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo foi sumarizada a metodologia adotada para o alcance dos objetivos pretendidos. Da mesma forma, procedeu-se a uma apresentação sintética dos resultados obtidos relativamente ao conjunto de melhorias aplicadas, sendo também apresentadas algumas das limitações existentes e propostas para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

O trabalho realizado consistiu na aplicação ferramentas de melhoria contínua para a redução do desperdício e da variabilidade dos processos ao longo da linha de produção, com objetivo de determinar a capacidade da linha e de atingir os níveis de produtividade pretendidos.

Para tal, procedeu-se à análise dos processos da linha de produção da empresa de fabrico de tubos flexíveis para sistemas de ar condicionado e aplicação integrada de ferramentas de melhoria contínua e *Lean* para determinar e otimizar a sua capacidade produtiva. Para tal, começou-se pela realização do estudo de variabilidade da linha, partindo-se para o desenvolvimento dos balanceamentos da linha.

Considerando os balanceamentos referidos, os melhores resultados foram obtidos após a Iteração 2. A nível de produção/hora, existiu proporcionalmente um aumento global dos objetivos da linha de 28 peças/hora para 63,1, 41,6 e 37,9 peças/hora (para N+1, N e N-1 operadores), para a Iteração 1 do balanceamento, e posteriormente, para 66,5, 53,9 e 38,5 peças/hora (para N+1, N e N-1 operadores), após o balanceamento e aplicação de melhorias na Iteração 2. Concluiu-se assim que para o funcionamento da linha a 3 turnos com N-1 operadores ou a 2 turnos com N+1 operadores, o objetivo de produção seria de 38,5 peças/hora ou de 66,5 peças/hora, respetivamente.

Após a realização do balanceamento, foram realizadas múltiplas intervenções, designadamente a nível do *layout* e da facilidade da organização dos componentes antes da entrada em linha. Para o *layout*, foram realizadas várias alterações para o aumento de eficiência e segurança, entre as quais a substituição da máquina de cavilhas, que possibilitou a redução do tempo de ciclo em 59% e a redução da movimentação dos colaboradores em linha. Da mesma forma, a implementação da metodologia CONWIP na linha facilitou a tarefa da gestão das fases de produção para os componentes antes da entrada em linha.

Além das alterações efetuadas, foram também realizadas muitas outras melhorias, que variou entre modificações mecânicas nos equipamentos até a atualização e implementação de documentação técnica para apoio dos operadores, designadamente através de ajudas visuais e RPS. Estas contribuíram beneficemente para o aumento da produção, qualidade e segurança dos processos.

Globalmente, desde fevereiro a julho foram notórios os resultados positivos decorrentes das melhorias implementadas. Considerando que o mês de julho teve perdas de eficiência e disponibilidade agravadas devido à industrialização de novas referências na linha, a eficiência da AA23 aumentou de 28,81% para 47,21% desde fevereiro até junho. Este aumento também se traduziu no OEE, que subiu de 28,2% para 46,2%, no mesmo período.

A nível global, é possível concluir que os objetivos inicialmente estabelecidos foram cumpridos, uma vez que foi possível determinar e elevar a capacidade da linha de produção, através da aplicação de várias técnicas de melhoria contínua. Simultaneamente, existiu um aumento gradual

da eficiência da linha, assim como do OEE, o que indica que as melhorias surtiram um efeito positivo.

5.2. Limitações e investigação futura

Durante o projeto apresentado, existiram alguns obstáculos. Por um lado, a pandemia da COVID-19, assim como a recorrente falta de *chips* afetou negativamente a indústria automóvel, tanto a nível financeiro como a nível da procura de produtos. Esta variação dificultou por vezes a realização de algumas ações de melhoria, assim como o balanceamento da própria linha de produção. Da mesma forma, a variabilidade da própria linha de produção, associada à necessidade de formar 13 famílias, também dificultou o trabalho efetuado, principalmente a nível da morosidade do processo de medição de tempos. No entanto, no final foi possível alcanças os objetivos definidos.

Uma outra limitação está diretamente relacionada com a alteração do *layout* geral da linha da AA23 e da área DS5. Desde o início existiu a intenção de alterar a disposição dos postos de trabalho de forma a diminuir os transportes e a promover um melhor fluxo do WIP ao longo da linha. Porém, mesmo após várias tentativas, não foi possível melhorar o *layout* global da linha, devido às limitações de espaço e de tempo que impediam que este processo decorresse durante o período de estágio.

Assim, este poderia ser um ponto de partida para um trabalho futuro, uma vez que permanece um problema cuja resolução iria promover ainda mais um aumento da eficiência da linha, que permanece baixa tendo em conta os resultados das restantes linhas na fábrica.

Da mesma forma, não só na linha AA23, como na restante UAP, existem também múltiplas oportunidades de melhoria, designadamente, a nível da codificação de ferramentas, uma vez que muitas das ferramentas em linha não estão sequer codificadas segundo uma codificação global, que seja clara e uniforme para toda a fábrica. Este fator é constante à maioria das ferramentas e dificulta a realização dos procedimentos de substituição de ferramentas à melhoria contínua, manutenção, ferramentaria e engenharia. O processo de codificação de ferramentas foi recentemente iniciado pelos departamentos referidos, porém é essencial continuar a contribuir para a resolução deste problema, em que os benefícios certamente vão superar os obstáculos existentes até ao momento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAP. (2021). *Mercado Automóvel em Portugal. Queda Acumulada de 31,5%, em Veículos Ligeiros de Passageiros, no Primeiro Trimestre de 2021*. [https://www.acap.pt/pt/noticia/429/mercado-automovel-em-portugal-queda-acumulada-de-315-em-veiculos-ligeiros-de-passageiros-no-p\(\)](https://www.acap.pt/pt/noticia/429/mercado-automovel-em-portugal-queda-acumulada-de-315-em-veiculos-ligeiros-de-passageiros-no-p)
- AFIA. (2021). *Portugal, Indústria de Componentes para Automóveis*.
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Pinto, L., & Silva, G. (2017). Standardization and optimization an automotive components International of production line. *Procedia Manufacturing, 13*, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Azevedo, J., Sá, J. C., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing, 41*, 1023–1030. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.029>.
- Bititci, U., Cocca, P., & Ates, A. (2016). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal Of Production Research, 54*(6), 1571–1593. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1005770>.
- Cristóvão, C. A. M. (2014). *Análise e Otimização de Uma Linha de Produção* [Tese de Mestrado, Instituto Superior de Educação e Ciências]. <http://hdl.handle.net/10400.26/19087>.
- Dhouchak, D. (2017). Review of 6S Methodology. *International Journal of Development Research, 7*(8), 14455–14457. https://www.academia.edu/35162698/REVIEW_OF_6S_METHODOLOGY
- Gładysz, B., Buczacki, A., & Haskins, C. (2020). Lean Management Approach to Reduce Waste in HoReCa Food Services. *Resources, 9*(12), 144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005770>.
- Gomes, D. F., Lopes, M. P., & Carvalho, C. V. De. (2013). Serious Games for Lean Manufacturing : The 5S Game. *IEEE Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje, 8*(4), 191–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/RITA.2013.2284955>.
- HSE, D. de. (2018). *Manual de Segurança e Ambiente*.
- Hutchinson. (2021). *Hutchinson*. <https://www.hutchinson.com/en>
- Jaegler, Y., Jaegler, A., Burlat, P., Lamouri, S., & Trentesaux, D. (2018). The ConWip production control system: a systematic review and classification. *International Journal of Production Research, 56*(17), 5736–5757. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1380325>.
- Kumar, N., & Mahto, D. (2013). Assembly Line Balancing : A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application. *Global Journal of Researches in Engineering, 13*(2). <https://www.semanticscholar.org/paper/Assembly-Line-Balancing%3A-A-Review-of-Developments-Kumar-Mahto/967c98645c4c339338485d90145f9330cb48f609>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way* (1ª ed.). McGraw-Hill Education.

- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>.
- Macduffie, J. P., Sethuraman, K., & Fisher, M. L. (1996). Product Variety and Manufacturing Performance: Evidence From the International Automotive Assembly Plant Study. *Management Science*, 42(3), 350–369. <https://doi.org/10.1287/mnsc.42.3.350>.
- OIT. (2020). *Síntese setorial OIT*.
- Oliveira, M. S., Moreira, H. D. A., Alves, A. C., & Ferreira, L. P. (2019). Using Lean Thinking Principles To Reduce Wastes In Reconfiguration Of Car Radio Final Assembly Lines. *Procedia Manufacturing*, 41, 803–810. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.073>.
- Pinto, J. P. (n.d.). *Cycle time vs Takt time*. CLT Services. Obtido 22 de Abril de 2021, de <https://www.cltservices.net/artigos-e-noticias/cycle-time-vs-takt-time>
- Priya, S. K., Jayakumar, V., & Kumar, S. S. (2020). Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Materials Today: Proceedings*, 22, 948–958. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.139>
- Ron, A. J. D. E., & Rooda, J. E. (2006). OEE and equipment effectiveness : an evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23), 4987–5003. <https://doi.org/10.1080/00207540600573402>.
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.010>
- Sukdeo, N. (2017). The Application of 6S Methodology as a Lean Improvement Tool in an Ink Manufacturing Company. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1666–1671. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290176>.
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. Simon & Schuster, Inc. (Trabalho original publicado 1996).
- Womack, J. P., T. Jones, D., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World* (J. P. Womack, D. T. Jones, & D. Roos). Free Press. (Trabalho original publicado 1990).
- Yanhong, W., Junxia, H., Yuanyuan, T., Zhongda, T., & Jun, Z. (2018). A modified CONWIP production control strategy for lamp production line. *30th Chinese Control And Decision Conference (2018 CCDC)*, 3916–3921. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/CCDC.2018.8407803>.

ANEXO A – CÁLCULOS EFETUADOS PARA O BALANCEAMENTO DA LINHA PARA N, N-1 E N+1

Tabela 42 - Combinação A – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação A (N=2)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	Ttotal(s)
1	Teste de Estanquicidade	59,7	1,5	89,6
	Deslocamento	5,0		
	Colocação de STUD	18,4		
2	Deslocamento	5,0	1,5	96,7
	Embalagem AA23	95,2		

Tabela 43 - Combinação A – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=1 op.

Combinação A (N=1)				
Posto	Operações	TC	TNC	TT
1	Teste de Estanquicidade	59,7	1,5	188,8
	Deslocamento	2		
	Embalagem AA23	95,2		
	Deslocamento	7		
	Colocação de STUD	18,4		
	Deslocamento	5		

Tabela 44 - Combinação A – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação A (N=3)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	Ttotal(s)
1	Teste de Estanquicidade	59,7	1,5	61,2
2	Embalagem AA23	95,2	1,5	96,7
3	Colocação de STUD	18,4	1,5	19,9

Tabela 45 - Combinação B – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação B (N=3)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	Ttotal(s)
1	Conjunto Prensadas T.117	51,2	1,5	52,7
2	Conjunto Prensadas T.764	46,9	1,5	80,5
	Deslocamento	9,0		
	Embalagem ECELL	14,1		
	Deslocamento	9,0		
3	Teste de Estanquicidade	64,9	1,5	66,4

Tabela 46 - Combinação B – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação B (N=2)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	Ttotal(s)
1	Conjunto Prensadas T.117	51,2	1,5	103,6
	Deslocamento	2,0		
	Conjunto Prensadas T.764	46,9		
	Deslocamento	2,0		
2	Teste de Estanquicidade	64,9	1,5	98,5
	Deslocamento	9,0		
	Embalagem ECELL	14,1		
	Deslocamento	9,0		

Tabela 47 - Combinação B – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação B (N=4)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	Ttotal(s)
1	Conjunto Prensadas T.117	51,2	1,5	52,7
2	Conjunto Prensadas T.764	46,9	1,5	48,4
3	Teste de Estanquicidade	64,9	1,5	66,4
4	Embalagem ECELL	14,1	1,5	15,6

Tabela 48 - Combinação C – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação C (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	59,7	1,5	122,7	245,4
	Deslocamento	1,0			
	Teste de Estanquicidade	59,5			
	Deslocamento	1,0			
2	2º Conjunto Prensadas	79,2	1,5	80,7	161,5
3	Embalagem AA23	74,5	1,5	76,0	152,0

Tabela 49 - Combinação C – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação C (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	59,7	1,5	144,4	288,9
	Deslocamento	2,0			
	2º Conjunto Prensadas	79,2			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	59,5	1,5	139,5	279,0
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem AA23	74,5			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 50 - Combinação C – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação C (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	59,7	1,5	61,2	122,4
2	2º Conjunto Prensadas	79,2	1,5	80,7	161,5
3	Teste de Estanquicidade	59,5	1,5	61,0	122,0
4	Embalagem AA23	74,5	1,5	76,0	152,0

Tabela 51 - Combinação D – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação D (N=3)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)
1	Conjunto Prensadas	41,7	1,5	71,1
	Deslocamento	4,0		
	Teste de Estanquicidade	21,9		
	Deslocamento	2,0		
2	Teste de estanquicidade + Colocação de Brida e Bracket (para T.78399)	91,4	1,5	92,9
3	Aparafusar	51,8	1,5	89,5
	Deslocamento	2,0		
	Embalagem ECELL	32,2		
	Deslocamento	2,0		

Tabela 52 - Combinação D – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação D (N=2)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)
1	Conjunto Prensadas	41,7	1,5	141,2
	Deslocamento	5,0		
	Aparafusar	51,8		
	Deslocamento	2,0		
	Embalagem ECELL	32,2		
	Deslocamento	7,0		
2	Teste de Estanquicidade	21,9	1,5	114,8
	Teste de estanquicidade + Colocação de Brida e Bracket (para T.78399)	91,4		

Tabela 53 - Combinação D – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação D (N=4)				
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)
1	Conjunto Prensadas	41,7	1,5	43,2
2	Teste de Estanquicidade	22,5	1,5	45,0
	Espera	21,0		
3	Teste de estanquicidade + Colocação de Brida e Bracket (para T.78399)	91,4	1,5	92,9
4	Aparafusar	51,8	1,5	89,5
	Deslocamento	2,0		
	Embalagem ECELL	32,2		
	Deslocamento	2,0		

Tabela 54 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação E (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	76,2	152,4
	Deslocamento	7,0			
	Embalagem ECELL	25,1			
	Deslocamento	7,0			
2	Teste de Estanquicidade	42,1	1,5	50,0	99,9
	Espera	6,4			
3	Colocação de STUD	14,8	1,5	126,2	252,4
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	47,3			
	Deslocamento	3,1			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	3,4			

Tabela 55 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação E (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	122,3	244,6
	Deslocamento	2,0			
	Teste de Estanquicidade	42,1			
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	25,1			
	Deslocamento	7,0			
2	Colocação de STUD	14,8	1,5	126,2	252,4
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	47,3			
	Deslocamento	3,1			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	3,4			

Tabela 56 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação E (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	37,1	74,2
2	Teste de Estanquicidade	42,1	1,5	50,0	99,9
	Espera	6,4			
3	Colocação de STUD	14,8	1,5	126,2	252,4
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	47,3			
	Deslocamento	3,1			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	3,4			
4	Embalagem ECELL	25,1	1,5	26,6	53,2

Tabela 57 - Combinação F – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação F (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	138,2	276,4
	Deslocamento	2,0			
	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
3	Aparafusar	58,0	1,5	95,7	191,4
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	32,2			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 58 - Combinação F – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação F (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	138,2	276,4
	Deslocamento	2,0			
	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	190,5	381,0
	Deslocamento	7,0			
	Aparafusar	58,0			
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	32,2			
	Deslocamento	9,0			

Tabela 59 - Combinação F – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação F (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	66,7	133,4
2	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5	1,5	69,0	138,0
3	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
4	Aparafusar	58,0	1,5	95,7	191,4
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	32,2			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 60 - Combinação G – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação G (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	36,4	1,5	101,7	203,4
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	17,6			
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	28,2			
	Deslocamento	9,0			
2	2º Conjunto Prensadas	36,4	1,5	55,5	111,0
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	17,6			
3	Teste de Estanquicidade	63,0	1,5	64,5	129,0

Tabela 61 - Combinação G – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação G (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	36,4	1,5	113,5	227,0
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	17,6			
	Deslocamento	2,0			
	2º Conjunto Prensadas	36,4			
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	17,6			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	63,0	1,5	110,7	221,4
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	28,2			
	Deslocamento	9,0			

Tabela 62 - Combinação G – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação G (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	36,4	1,5	55,5	111,0
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	17,6			
2	2º Conjunto Prensadas	36,4	1,5	55,5	111,0
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	17,6			
3	Teste de Estanquicidade	63,0	1,5	64,5	129,0
4	Embalagem ECELL	28,2	1,5	29,7	59,4

Tabela 63 - Combinação H – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação H (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas	41,6	1,5	78,5	157,0
	Deslocamento	6			
	Teste de Obstrução	23,4			
	Deslocamento	6,0			
2	Teste de Estanquicidade	21,9	1,5	71,9	143,8
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	30,5			
	Deslocamento	9,0			
3	Aparafusar	52,0	1,5	53,5	107,0

Tabela 64 - Combinação H – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação H (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas	41,6	1,5	113,5	227,0
	Deslocamento	2			
	Teste de Estanquicidade	21,9			
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	30,5			
2	Deslocamento	7,0	1,5	94,9	189,8
	Teste de Obstrução	23,4			
	Deslocamento	9,0			
	Aparafusar	52,0			
	Deslocamento	9,0			

Tabela 65 - Combinação H – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação H (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas	41,6	1,5	43,1	86,2
2	Teste de Obstrução	23,4	1,5	24,9	49,8
3	Teste de Estanquicidade	21,9	1,5	71,9	143,8
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	30,5			
4	Deslocamento	9,0	1,5	53,5	107,0
	Aparafusar	52,0			

Tabela 66 - Combinação I – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação I (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	51,6	1,5	119,6	239,2
	Deslocamento	2,0			
	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	62,5			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
	Aparafusar	50,6			
3	Deslocamento	2,0	1,5	89,8	179,6
	Embalagem ECELL	33,7			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 67 - Combinação I – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação I (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	51,6	1,5	119,6	239,2
	Deslocamento	2,0			
	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	62,5			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	184,6	369,2
	Deslocamento	7,0			
	Aparafusar	50,6			
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	33,7			
	Deslocamento	9,0			

Tabela 68 - Combinação I – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação I (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	51,62	1,5	53,1	106,2
2	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	62,46	1,5	64,0	127,9
3	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
4	Aparafusar	50,6	1,5	89,8	179,6
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	33,7			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 69 - Combinação J – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação J (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	39,2	1,5	90,5	181,0
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	31,8			
	Deslocamento	9,0			
2	2º Conjunto Prensadas	45,4	1,5	67,3	134,6
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	20,4			
3	Teste de Estanquicidade	54,7	1,5	56,2	112,4

Tabela 70 - Combinação J – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação J (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	39,2	1,5	110,5	221,0
	Deslocamento	2,0			
	2º Conjunto Prensadas	45,4			
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	20,4			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	54,7	1,5	106,0	212,0
	Deslocamento	9,0			
	Embalagem ECELL	31,8			
	Deslocamento	9,0			

Tabela 71 - Combinação J – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação J (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	1º Conjunto Prensadas	39,2	1,5	40,7	81,4
2	2º Conjunto Prensadas	45,4	1,5	67,3	134,6
	Curvadora Manual + Verificação <i>Gabarit</i>	20,4			
3	Teste de Estanquicidade	54,7	1,5	56,2	112,4
4	Embalagem ECELL	31,8	1,5	33,3	66,6

ANEXO B – OBJETIVOS DO BALANCEAMENTO PARA N, N-1 E N+1 A RENDIMENTO DE 100%, 95%, 90% E 85%

Tabela 72 - Combinação A - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação A - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	96,7	101,5	106,4	111,2
Prod/Hora	37	35	34	32
Prod/Turno 8h	298	284	271	259
Peças/OP/Hora	18,6	17,7	16,9	16,2
Prod/Turno 6h	223	213	203	194
Peças/OP/Hora	18,6	17,7	16,9	16,2

Tabela 73 - Combinação A - Objetivos do balanceamento para N=1 op.

Combinação A - Objetivos Balanceamento N=1				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	188,8	198,2	207,7	217,1
Prod/Hora	19	18	17	17
Prod/Turno 8h	153	145	139	133
Peças/OP/Hora	19,1	18,2	17,3	16,6
Prod/Turno 6h	114	109	104	99
Peças/OP/Hora	19,1	18,2	17,3	16,6

Tabela 74 - Combinação A - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação A - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	96,7	101,5	106,4	111,2
Prod/Hora	37	35	34	32
Prod/Turno 8h	298	284	271	259
Peças/OP/Hora	12,4	11,8	11,3	10,8
Prod/Turno 6h	223	213	203	194
Peças/OP/Hora	12,4	11,8	11,3	10,8

Tabela 75 - Combinação B - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação B - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	80,5	84,5	88,6	92,6
Prod/Hora	45	43	41	39
Prod/Turno 8h	358	341	325	311
Peças/OP/Hora	14,9	14,2	13,6	13,0
Prod/Turno 6h	268	256	244	233
Peças/OP/Hora	14,9	14,2	13,6	13,0

Tabela 76 - Combinação B - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação B - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	103,6	108,8	114,0	119,1
Prod/Hora	35	33	32	30
Prod/Turno 8h	278	265	253	242
Peças/OP/Hora	17,4	16,5	15,8	15,1
Prod/Turno 6h	208	199	190	181
Peças/OP/Hora	17,4	16,5	15,8	15,1

Tabela 77 - Combinação B - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação B - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	66,4	69,7	73,0	76,3
Prod/Hora	54	52	49	47
Prod/Turno 8h	434	413	395	377
Peças/OP/Hora	13,6	12,9	12,3	11,8
Prod/Turno 6h	326	310	296	283
Peças/OP/Hora	13,6	12,9	12,3	11,8

Tabela 78 - Combinação C - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação C - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	245,4	257,7	269,9	282,2
Prod/Hora	15	14	13	13
Prod/Turno 8h	117	112	107	102
Peças/OP/Hora	4,9	4,7	4,4	4,3
Prod/Turno 6h	88	84	80	77
Peças/OP/Hora	4,9	4,7	4,4	4,3

Tabela 79 - Combinação C - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação C - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	288,9	303,3	317,8	332,2
Prod/Hora	12	12	11	11
Prod/Turno 8h	100	95	91	87
Peças/OP/Hora	6,2	5,9	5,7	5,4
Prod/Turno 6h	75	71	68	65
Peças/OP/Hora	6,2	5,9	5,7	5,4

Tabela 80 - Combinação C - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação C - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	161,5	169,6	177,6	185,7
Prod/Hora	22	21	20	19
Prod/Turno 8h	178	170	162	155
Peças/OP/Hora	5,6	5,3	5,1	4,8
Prod/Turno 6h	134	127	122	116
Peças/OP/Hora	5,6	5,3	5,1	4,8

Tabela 81 - Combinação D - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação D - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	92,9	97,5	102,2	106,8
Prod/Hora	39	37	35	34
Prod/Turno 8h	310	295	282	270
Peças/OP/Hora	12,9	12,3	11,7	11,2
Prod/Turno 6h	233	221	211	202
Peças/OP/Hora	12,9	12,3	11,7	11,2

Tabela 82 - Combinação D - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação D - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	141,2	148,3	155,3	162,4
Prod/Hora	25	24	23	22
Prod/Turno 8h	204	194	185	177
Peças/OP/Hora	12,7	12,1	11,6	11,1
Prod/Turno 6h	153	146	139	133
Peças/OP/Hora	12,7	12,1	11,6	11,1

Tabela 83 - Combinação D - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação D - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	92,9	97,5	102,2	106,8
Prod/Hora	39	37	35	34
Prod/Turno 8h	310	295	282	270
Peças/OP/Hora	9,7	9,2	8,8	8,4
Prod/Turno 6h	233	221	211	202
Peças/OP/Hora	9,7	9,2	8,8	8,4

Tabela 84 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	276,4	290,2	304,0	317,9
Prod/Hora	13	12	12	11
Prod/Turno 8h	104	99	95	91
Peças/OP/Hora	4,3	4,1	3,9	3,8
Prod/Turno 6h	78	74	71	68
Peças/OP/Hora	4,3	4,1	3,9	3,8

Tabela 85 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	252,4	265,0	277,6	290,3
Prod/Hora	14	14	13	12
Prod/Turno 8h	114	109	104	99
Peças/OP/Hora	7,1	6,8	6,5	6,2
Prod/Turno 6h	86	82	78	74
Peças/OP/Hora	7,1	6,8	6,5	6,2

Tabela 86 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	252,4	265,0	277,6	290,3
Prod/Hora	14	14	13	12
Prod/Turno 8h	114	109	104	99
Peças/OP/Hora	3,6	3,4	3,2	3,1
Prod/Turno 6h	86	82	78	74
Peças/OP/Hora	3,6	3,4	3,2	3,1

Tabela 87 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	276,4	290,2	304,0	317,9
Prod/Hora	13	12	12	11
Prod/Turno 8h	104	99	95	91
Peças/OP/Hora	4,3	4,1	3,9	3,8
Prod/Turno 6h	78	74	71	68
Peças/OP/Hora	4,3	4,1	3,9	3,8

Tabela 88 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	381,0	400,1	419,1	438,2
Prod/Hora	9	9	9	8
Prod/Turno 8h	76	72	69	66
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1
Prod/Turno 6h	57	54	52	49
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1

Tabela 89 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	191,4	201,0	210,5	220,1
Prod/Hora	19	18	17	16
Prod/Turno 8h	150	143	137	131
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1
Prod/Turno 6h	113	107	103	98
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1

Tabela 90 - Combinação G - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação G - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	203,4	213,6	223,7	233,9
Prod/Hora	18	17	16	15
Prod/Turno 8h	142	135	129	123
Peças/OP/Hora	5,9	5,6	5,4	5,1
Prod/Turno 6h	106	101	97	92
Peças/OP/Hora	5,9	5,6	5,4	5,1

Tabela 91 - Combinação G - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação G - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	227,0	238,4	249,7	261,1
Prod/Hora	16	15	14	14
Prod/Turno 8h	127	121	115	110
Peças/OP/Hora	7,9	7,6	7,2	6,9
Prod/Turno 6h	95	91	87	83
Peças/OP/Hora	7,9	7,6	7,2	6,9

Tabela 92 - Combinação G - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação G - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	129,0	135,5	141,9	148,4
Prod/Hora	28	27	25	24
Prod/Turno 8h	223	213	203	194
Peças/OP/Hora	7,0	6,6	6,3	6,1
Prod/Turno 6h	167	159	152	146
Peças/OP/Hora	7,0	6,6	6,3	6,1

Tabela 93 - Combinação H - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação H - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	157,0	164,9	172,7	180,6
Prod/Hora	23	22	21	20
Prod/Turno 8h	183	175	167	160
Peças/OP/Hora	7,6	7,3	6,9	6,6
Prod/Turno 6h	138	131	125	120
Peças/OP/Hora	7,6	7,3	6,9	6,6

Tabela 94 - Combinação H - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação H - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	227,0	238,4	249,7	261,1
Prod/Hora	16	15	14	14
Prod/Turno 8h	127	121	115	110
Peças/OP/Hora	7,9	7,6	7,2	6,9
Prod/Turno 6h	95	91	87	83
Peças/OP/Hora	7,9	7,6	7,2	6,9

Tabela 95 - Combinação H - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação H - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	143,8	151,0	158,2	165,4
Prod/Hora	25	24	23	22
Prod/Turno 8h	200	191	182	174
Peças/OP/Hora	6,3	6,0	5,7	5,4
Prod/Turno 6h	150	143	137	131
Peças/OP/Hora	6,3	6,0	5,7	5,4

Tabela 96 - Combinação I - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação I - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	239,2	251,1	263,1	275,0
Prod/Hora	15	14	14	13
Prod/Turno 8h	120	115	109	105
Peças/OP/Hora	5,0	4,8	4,6	4,4
Prod/Turno 6h	90	86	82	79
Peças/OP/Hora	5,0	4,8	4,6	4,4

Tabela 97 - Combinação I - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação I - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	369,2	387,7	406,1	424,6
Prod/Hora	10	9	9	8
Prod/Turno 8h	78	74	71	68
Peças/OP/Hora	4,9	4,6	4,4	4,2
Prod/Turno 6h	59	56	53	51
Peças/OP/Hora	4,9	4,6	4,4	4,2

Tabela 98 - Combinação I - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação I - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	179,6	188,6	197,6	206,5
Prod/Hora	20	19	18	17
Prod/Turno 8h	160	153	146	139
Peças/OP/Hora	5,0	4,8	4,6	4,4
Prod/Turno 6h	120	115	109	105
Peças/OP/Hora	5,0	4,8	4,6	4,4

Tabela 99 - Combinação J - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação J - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	181,0	190,1	199,1	208,2
Prod/Hora	20	19	18	17
Prod/Turno 8h	159	152	145	138
Peças/OP/Hora	6,6	6,3	6,0	5,8
Prod/Turno 6h	119	114	108	104
Peças/OP/Hora	6,6	6,3	6,0	5,8

Tabela 100 - Combinação J - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação J - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	221,0	232,1	243,1	254,2
Prod/Hora	16	16	15	14
Prod/Turno 8h	130	124	118	113
Peças/OP/Hora	8,1	7,8	7,4	7,1
Prod/Turno 6h	98	93	89	85
Peças/OP/Hora	8,1	7,8	7,4	7,1

Tabela 101 - Combinação J - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação J - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	134,6	141,3	148,1	154,8
Prod/Hora	27	25	24	23
Prod/Turno 8h	214	204	195	186
Peças/OP/Hora	6,7	6,4	6,1	5,8
Prod/Turno 6h	160	153	146	140
Peças/OP/Hora	6,7	6,4	6,1	5,8

ANEXO C – CÁLCULOS EFETUADOS PARA O BALANCEAMENTO DA LINHA PARA N, N-1 E N+1 (COMBINAÇÕES E E F)

Tabela 102 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=3 op.

Combinação E (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	76,2	152,4
	Deslocamento	7			
	Embalagem ECELL	25,1			
	Deslocamento	7			
2	Teste de Estanquicidade	42,1	1,5	50,0	99,9
	Espera	6,4			
3	Colocação de STUD	14,8	1,5	117,9	235,8
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	39,0			
	Deslocamento	3,1			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	3,4			

Tabela 103 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=2 op.

Combinação E (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	122,3	244,6
	Deslocamento	2			
	Teste de Estanquicidade	42,1			
	Deslocamento	9			
	Embalagem ECELL	25,1			
	Deslocamento	7,0			
2	Colocação de STUD	14,8	1,5	117,9	235,8
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	39,0			
	Deslocamento	3,1			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	3,4			

Tabela 104 - Combinação E – Cálculos efetuados para o balanceamento para N=4 op.

Combinação E (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	37,1	74,2
2	Teste de Estanquicidade	42,1	1,5	50,0	99,9
	Espera	6,4			
3	Colocação de STUD	14,8	1,5	117,9	235,8
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	39,0			
	Deslocamento	3,1			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	3,4			
4	Embalagem ECELL	25,1	1,5	26,6	53,2

Tabela 105 - Combinação E – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)

Combinação E (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTX2(s)
1	Conjunto Prensadas	35,6	1,5	37,1	74,2
2	Teste de Estanquicidade	42,1	1,5	50,0	99,9
	Espera	6,4			
3	Colocação de STUD	14,8	1,5	64,3	128,6
	Deslocamento	4,5			
	Colocação de etiqueta, Brida e Bracket	39,0			
	Deslocamento	4,5			
	Aparafusar	51,6			
	Deslocamento	2,0			
4	Embalagem ECELL	25,1	1,5	82,2	164,4
	Deslocamento	2,0			

Tabela 106 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=3 op.

Combinação F (N=3)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	138,2	276,4
	Deslocamento	2,0			
	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
3	Aparafusar	58,0	1,5	95,7	191,4
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	32,2			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 107 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=2 op.

Combinação F (N=2)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	138,2	276,4
	Deslocamento	2,0			
	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5			
	Deslocamento	2,0			
2	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	190,5	381,0
	Deslocamento	7,0			
	Aparafusar	58,0			
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	32,2			
	Deslocamento	9,0			

Tabela 108 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=4 op.

Combinação F (N=4)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TTotal(s)	TTotalX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	66,7	133,4
2	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5	1,5	69,0	138,0
3	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
4	Aparafusar	58,0	1,5	95,7	191,4
	Deslocamento	2,0			
	Embalagem ECELL	32,2			
	Deslocamento	2,0			

Tabela 109 - Combinação F – Cálculos efetuados para novo balanceamento para N=5 op.

Combinação F (N=5)					
Posto	Operações	TC(s)	TNC(s)	TT(s)	TTX2(s)
1	Conjunto Prensadas Subconjunto 1	65,2	1,5	66,7	133,4
2	Conjunto Prensadas Subconjunto 2	67,5	1,5	69	138
3	Teste de Estanquicidade	80,8	1,5	82,3	164,6
4	Aparafusar	58,0	1,5	59,5	119,0
5	Embalagem ECELL	32,2	1,5	33,7	67,4

ANEXO D – OBJETIVOS DO BALANCEAMENTO PARA N, N-1 E N+1 A RENDIMENTO DE 100%, 95%, 90% E 85% (COMBINAÇÕES E E F)

Tabela 110 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	235,8	247,6	259,4	271,2
Prod/Hora	15	15	14	13
Prod/Turno 8h	122	116	111	106
Peças/OP/Hora	5,1	4,8	4,6	4,4
Prod/Turno 6h	92	87	83	80
Peças/OP/Hora	5,1	4,8	4,6	4,4

Tabela 111 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	244,6	256,8	269,1	281,3
Prod/Hora	15	14	13	13
Prod/Turno 8h	118	112	107	102
Peças/OP/Hora	7,4	7,0	6,7	6,4
Prod/Turno 6h	88	84	80	77
Peças/OP/Hora	7,4	7,0	6,7	6,4

Tabela 112 - Combinação E - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	235,8	247,6	259,4	271,2
Prod/Hora	15	15	14	13
Prod/Turno 8h	122	116	111	106
Peças/OP/Hora	3,8	3,6	3,5	3,3
Prod/Turno 6h	92	87	83	80
Peças/OP/Hora	3,8	3,6	3,5	3,3

Tabela 113 - Combinação E - Objetivos do novo balanceamento para N=4 op. (Iteração 2a)

Combinação E - Objetivos Balanceamento N=4 (Iteração 2a)				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	164,4	172,6	180,8	189,1
Prod/Hora	22	21	20	19
Prod/Turno 8h	175	167	159	152
Peças/OP/Hora	5,5	5,2	5,0	4,8
Prod/Turno 6h	131	125	119	114
Peças/OP/Hora	5,5	5,2	5,0	4,8

Tabela 114 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=3 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=3				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	276,4	290,2	304,0	317,9
Prod/Hora	13	12	12	11
Prod/Turno 8h	104	99	95	91
Peças/OP/Hora	4,3	4,1	3,9	3,8
Prod/Turno 6h	78	74	71	68
Peças/OP/Hora	4,3	4,1	3,9	3,8

Tabela 115 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=2 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=2				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	381,0	400,1	419,1	438,2
Prod/Hora	9	9	9	8
Prod/Turno 8h	76	72	69	66
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1
Prod/Turno 6h	57	54	52	49
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1

Tabela 116 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=4 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=4				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	191,4	201,0	210,5	220,1
Prod/Hora	19	18	17	16
Prod/Turno 8h	150	143	137	131
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1
Prod/Turno 6h	113	107	103	98
Peças/OP/Hora	4,7	4,5	4,3	4,1

Tabela 117 - Combinação F - Objetivos do balanceamento para N=5 op.

Combinação F - Objetivos Balanceamento N=5				
Objetivo a rendimento	100%	95,00%	90,00%	85,00%
Ciclo	164,6	172,8	181,1	189,3
Prod/Hora	22	21	20	19
Prod/Turno 8h	175	167	159	152
Peças/OP/Hora	4,4	4,2	4,0	3,8
Prod/Turno 6h	131	125	119	114
Peças/OP/Hora	4,4	4,2	4,0	3,8

ANEXO E – ROADMAP PROBLEM SOLVING PRO_RPS_003/A

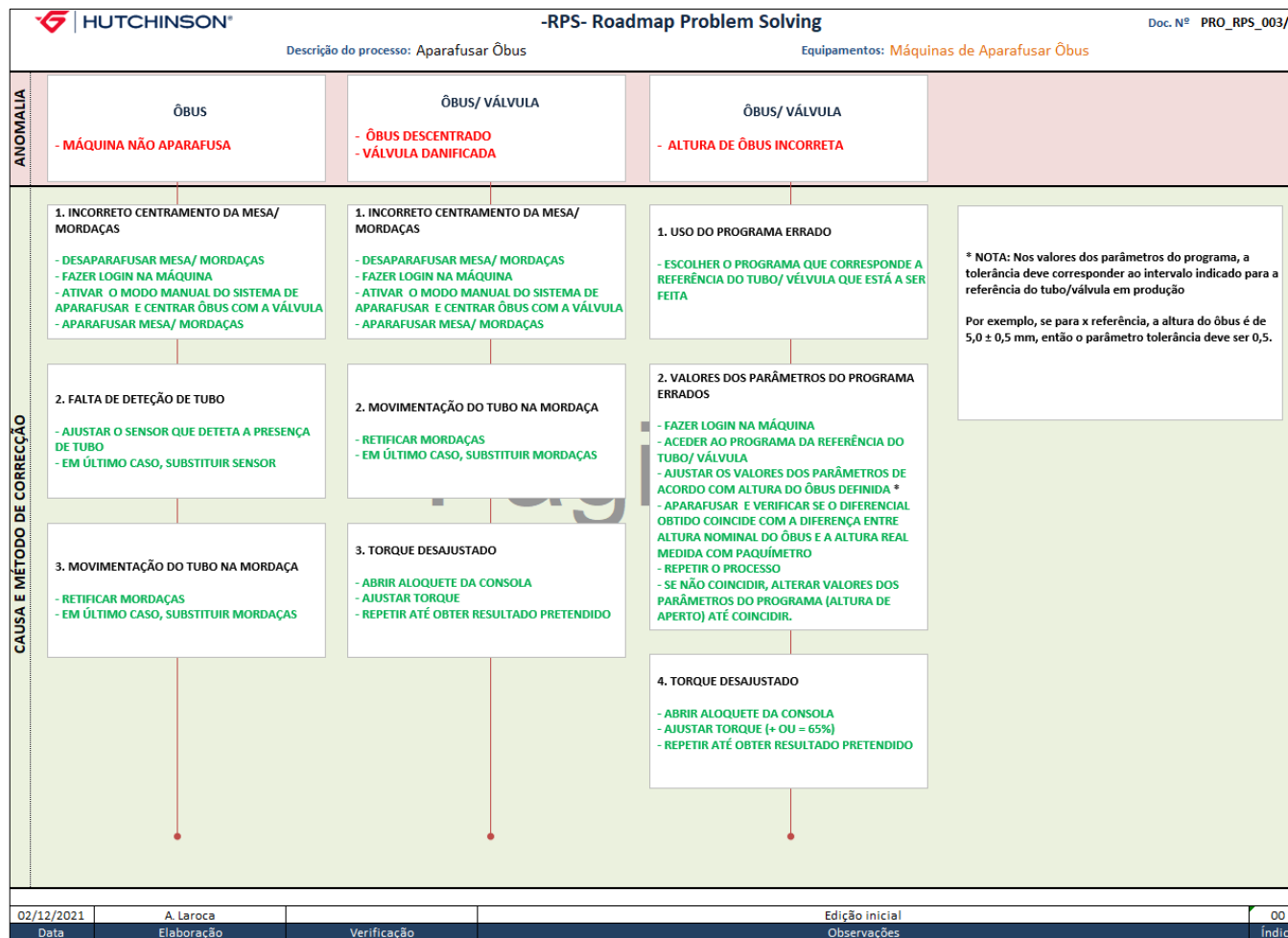


Figura 161 - RPS para máquinas de aparafusar ôbus

ANEXO F – AJUDAS VISUAIS PARA CURVADORA MANUAL

	 AJUDA VISUAL 	<p style="font-size: 0.8em;">PRO_AV_0062_A</p> <p style="font-size: 0.7em;">Emissor: Ana Laroca</p> <p style="font-size: 0.7em;">Validado: Tiago Campos</p> <p style="font-size: 0.7em;">Data Emissão: 15/07/2021</p>												
CURVADORA MANUAL - T.81191														
<u>1ª CURVA</u>														
<p style="font-size: 0.9em;">Utilizar curvadora manual identificada com 1</p> 	<p style="font-size: 0.9em;">Verificar que a curvadora manual está conforme a figura</p> 													
<u>2ª CURVA</u>														
<p style="font-size: 0.9em;">Utilizar curvadora manual identificada com 2</p> 	<p style="font-size: 0.9em;">Montar as 2 peças identificadas com F9330832 (T.81191)</p> 													
<p style="font-size: 0.9em;">Colocar o batente identificado com F9330832/F9330833 na POSIÇÃO 1</p> 														
<p style="font-size: 0.8em;">OBSERVAÇÕES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 55%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">000</td> <td style="text-align: center;">15/07/2021</td> <td style="text-align: center;">Edição inicial</td> <td style="text-align: center;">Ana Laroca</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ÍNDICE</td> <td style="text-align: center;">DATA</td> <td style="text-align: center;">MOTIVO DA MODIFICAÇÃO</td> <td style="text-align: center;">EMISSOR</td> </tr> </table> <p style="text-align: right; font-size: 0.8em;">REG238/A</p>							000	15/07/2021	Edição inicial	Ana Laroca	ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO	EMISSOR
000	15/07/2021	Edição inicial	Ana Laroca											
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO	EMISSOR											

Figura 162 - Ajuda visual para curvadora manual (T.81191)

	 AJUDA VISUAL 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">PRO_AV_0063_A</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Emissor: Ana Laroca</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Validado: Tiago Campos</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Data Emissão: 15/07/2021</td> </tr> </table>	PRO_AV_0063_A	Emissor: Ana Laroca	Validado: Tiago Campos	Data Emissão: 15/07/2021
PRO_AV_0063_A						
Emissor: Ana Laroca						
Validado: Tiago Campos						
Data Emissão: 15/07/2021						

CURVADORA MANUAL - T.81116 (1 CURVA)

Utilizar curvadora manual identificada com 2



Montar as 2 peças identificadas com F9330833 (T.81116)

Colocar o batente identificado com F9330832/F9330833 na **POSIÇÃO 2**





OBSERVAÇÕES:			
000	15/07/2021	Edição inicial	Ana Laroca
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO	EMISSOR

REG236/A

Figura 163 - Ajuda visual para curvadora manual (T.81116)

ANEXO G – IPS – DIV0152 ALTERADA

INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO STANDARD
I.P.S. - DIV0152



Equipamento		Código	DIV0152								
		Descrição	Máq. Furar								
Seq.	Descrição do Método de Trabalho										
	LIGAR A MÁQUINA										
10	Ligar conexão ar comprimido (Foto1) e rodar seletor de ar comprimido (Foto2)										
20	Ligar cabo de corrente elétrica (Foto3)										
30	Ligar cabo de corrente elétrica do aspirador (Foto4)										
40	Rodar Interruptor (Foto5)										
50	Carregar em "colocação em serviço" (Foto6a)										
50	Carregar em "reset" (Foto6b)										
60	Carregar em "início ciclo" (Foto6c)										
	SUBSTITUIR MORDAÇAS E COLOCADORES										
10	Desapertar todos os parafusos Indicados (Foto7)										
20	Retirar as mordanças e os dois colocadores (Foto7)										
30	Colocar o novo conjunto de mordanças e colocadores e apertar os parafusos (Foto7)										
	SUBSTITUIR BROCA										
10	Desapertar os parafusos indicados (Foto8)										
20	Desapertar o mandril com chave de bocas, Indicado pela seta (Foto8)										
30	Substituir a broca (Quadro1) e voltar a apertar pela ordem Inversa (Foto8)										
		<table border="1"> <tr> <td>001</td> <td>13/07/2021</td> <td>Adição do Quadro 1 com codificação das brocas</td> <td>Ana Laroca</td> </tr> <tr> <td>000</td> <td>04/03/2019</td> <td>Edição Inicial</td> <td></td> </tr> </table>		001	13/07/2021	Adição do Quadro 1 com codificação das brocas	Ana Laroca	000	04/03/2019	Edição Inicial	
001	13/07/2021	Adição do Quadro 1 com codificação das brocas	Ana Laroca								
000	04/03/2019	Edição Inicial									
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO									
		<input type="checkbox"/> ENGENHARIA/ <input type="checkbox"/> M.CONTINUA									
ASSINATURA		PRODUÇÃO	QUALIDADE								

REG211

Figura 164 - IPS da DIV0152 alterada (página 1)

INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO STANDARD
I.P.S. - DIV0152



Equipamento	Código	DIV0152																											
	Descrição	Máq. Furar																											
Seq.	Descrição do Método de Trabalho																												
7																													
8																													
<p>Quadro 1:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubo</th> <th>Ø Tubo</th> <th>Código Broca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F94308127</td> <td>ø 8</td> <td>2181 MD d4 L61.5</td> </tr> <tr> <td>F94308146</td> <td>ø 8</td> <td>20/ 0471</td> </tr> <tr> <td>P34310111</td> <td>ø 10</td> <td>FR_1097</td> </tr> <tr> <td>P34310113A</td> <td>ø 10</td> <td>21/0637</td> </tr> <tr> <td>P34310114A</td> <td>ø 10</td> <td>2100554200</td> </tr> <tr> <td>P3431881</td> <td>ø 18</td> <td>BRO_008</td> </tr> <tr> <td>P9431862</td> <td>ø 18</td> <td>21/0637</td> </tr> <tr> <td>P9431870</td> <td>ø 18</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Tubo	Ø Tubo	Código Broca	F94308127	ø 8	2181 MD d4 L61.5	F94308146	ø 8	20/ 0471	P34310111	ø 10	FR_1097	P34310113A	ø 10	21/0637	P34310114A	ø 10	2100554200	P3431881	ø 18	BRO_008	P9431862	ø 18	21/0637	P9431870	ø 18	
Tubo	Ø Tubo	Código Broca																											
F94308127	ø 8	2181 MD d4 L61.5																											
F94308146	ø 8	20/ 0471																											
P34310111	ø 10	FR_1097																											
P34310113A	ø 10	21/0637																											
P34310114A	ø 10	2100554200																											
P3431881	ø 18	BRO_008																											
P9431862	ø 18	21/0637																											
P9431870	ø 18																												

REG211

Figura 165 - IPS da DIV0152 alterada (página 2)