

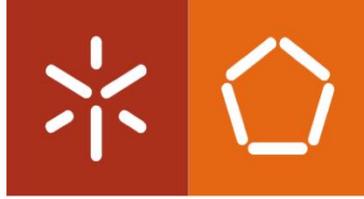


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana de Fátima Nunes da Silva

**Melhoria de uma célula de produção
aplicando princípios *Lean Thinking* numa
empresa de material elétrico**

Outubro de 2023



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Joana de Fátima Nunes da Silva

**Melhoria de uma célula de produção
aplicando princípios *Lean Thinking* numa
empresa de material elétrico**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão
Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Outubro de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste projeto marca o fim do meu percurso académico, todo ele repleto de momentos e pessoas que irei guardar para sempre. Gostaria de agradecer a todos os que me acompanharam ao longo desta jornada.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Gewiss Portugal pela oportunidade e pela forma como fui acolhida e integrada na empresa. Especialmente à minha orientadora, Tânia Leite, por todo o apoio incansável ao longo do projeto, partilha de conhecimento prático, disponibilidade constante e pelas palavras de conforto nos momentos mais difíceis. Gostaria de agradecer todo o companheirismo, disponibilidade e ajuda da equipa de engenharia de processo, em particular à Carla Coelho. Ao líder de célula, Adão Soares, e a todas as operadoras da célula MINI/MDIF, o meu agradecimento por toda a simpatia, ajuda e disponibilidade diária.

Agradeço à professora Anabela Alves, orientadora deste projeto, por toda a partilha de conhecimentos, dedicação e apoio em todas as etapas. Obrigada pela disponibilidade, motivação e conselhos, imprescindíveis para a conclusão deste projeto.

À minha família e aos meus amigos pela motivação, companheirismo e momentos de diversão, especialmente ao Nuno por toda a atenção, paciência e tranquilidade transmitida.

Por fim, o meu maior agradecimento vai para os meus pais que sempre me apoiaram e estiveram presentes em todos os momentos. À minha mãe por toda a força, carinho e compreensão. Ao meu pai, que apesar de não estar entre nós, sempre me iluminou ao longo desta caminhada. Sem vocês nada seria possível.

O meu eterno obrigada.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Melhoria de uma célula de produção aplicando princípios *Lean Thinking* numa empresa de material elétrico

RESUMO

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, com base na metodologia de investigação *Action-Research*. Desenvolvida em ambiente industrial na empresa Gewiss Portugal – Indústria de Material Elétrico, o principal objetivo passava pela melhoria do processo produtivo associado à produção de disjuntores através da aplicação de princípios e ferramentas *Lean*. Pretendia-se a reconfiguração do sistema produtivo, balanceamento dos postos de trabalho, normalização do processo, redução dos desperdícios, melhoria dos fluxos, do desempenho e das condições ergonómicas, aumentando a polivalência e motivação da equipa.

Numa primeira fase foram utilizadas ferramentas como análise ABC, diagrama de análise de processo e sequência de material, VSM, diagrama de *spaghetti*, identificação de desperdícios assim como duas ferramentas ergonómicas EWA e RULA. Adicionalmente foi realizado um estudo de tempos, observações diárias do chão de fábrica e atividades de *brainstorming*. A aplicação destas ferramentas permitiu detetar vários problemas, tais como: falta de balanceamento, *Lead-Time* e WIP elevado, *layout* desadequado, desperdícios associados a movimentações, transportes, esperas e *stock*, polivalência reduzida, falta de instruções de trabalho e normalização, realização de tarefas perigosas para as operadoras, entre outros.

Após a identificação dos problemas foram desenvolvidas as propostas de melhoria com a reconfiguração do sistema produtivo. Após a identificação das famílias a produzir, foram realizadas melhorias ao processo e equipamentos, seguindo-se a realocação dos recursos. Por sua vez, envolveu o balanceamento dos postos de trabalho, reformulação do processo de montagem dos aparelhos, alteração do *layout*, formação e envolvimento das operadoras, normalização do trabalho, organização da célula, aplicação da técnica 5S e gestão visual e ainda integração do abastecimento direto aos postos de trabalho.

A implementação das propostas permitiu uma melhoria considerável das condições ergonómicas, com um ganho de área de 8,5% e a criação de uma área livre útil de 15,43m², reduzindo a distância percorrida pelos aparelhos MINI (80,1%) e MDIF (78,8%) e as movimentações (75,8%). Foi possível uma redução do tempo desperdiçado em transportes (90,9% e 83,3%) e esperas (98% e 100%), diminuição de 76,9% do *stock* de MP, redução do WIP em 51% e 62,1% e do *Lead-Time* em 8,6 dias e 10,5 dias, aumentando o Rácio de Valor Acrescentado em 1,34% e 2,40%, para as tipologias seleccionadas. Os ganhos monetários previstos são na ordem dos 11 470,91 UM/ano, com retorno do investimento em seis meses.

PALAVRAS-CHAVE: Balanceamento, *Layout*, *Lean Thinking*, Melhoria Contínua, Reconfiguração

ABSTRACT

This dissertation was carried out within the scope of the Integrated Master's in Engineering and Industrial Management, based on the Action-Research methodology. It was developed in an industrial environment at "Gewiss Portugal – Indústria de Material Elétrico", with the main goal of improving a process dedicated to the production of switches, applying Lean principles and its tools. Specifically, the focus was the production system reconfiguration, working balance, standardize the production process, reducing waste and, improving flows, performance and ergonomic conditions, increasing the team's versatility and motivation.

In the first phase, tools such as ABC analysis, process analysis diagram and material sequence, VSM, spaghetti diagram, waste identification, as well as two ergonomic tools EWA and RULA were used. Additionally, a Time Study was carried out, daily observations of the real work and brainstorming activities. Through the application of these tools, it was possible to detect several problems such as: lack of working balance, high Lead-Time and WIP, bad layout, movements, transport, waiting and stock, reduced versatility, lack of work instructions and standard work, dangerous tasks performed by the operators, among others.

After identifying the problems, improvement proposals were developed with the reconfiguration of the production system. Once the product families were identified, process and equipment improvements were carried out, followed by the reallocation of resources. Thus, it involved a new working balance, a reformulation of the device assembly process, a layout reconfiguration, operator training and involvement, standardized work, cell organization, application of 5S technique and visual management and also integrating direct supply of workstations.

The implementation of these proposals allowed a considerable improvement in ergonomic conditions, an area gain of 8,5% and the creation of a usable free area of 15,43m², reducing the distance covered by MINI (80,1%) and MDIF (78,8%) devices and 75,8% of movements. It was possible to reduce time wasted in transport (90,9% and 83,3%) and waiting (98% and 100%), and also a 76,9% reduction in raw material stock. There was a 51% and 62,1% WIP reduction, a decrease of 8,6 days and 10,5 days in Lead-Time, increasing Added Value Ratio in 1,34% and 2,40%, for the selected families. The expected monetary gains are in the order of 11 470,91 UM/year, with a return on investment in six months.

KEYWORDS: Balancing, Layout, Lean Thinking, Continuous Improvement, Reconfiguration

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas.....	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	6
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1 Evolução dos modelos de produção.....	7
2.2 <i>Lean Production</i>	8
2.2.1 História do <i>Lean Production</i>	8
2.2.2 <i>Toyota Production System</i>	9
2.2.3 Princípios <i>Lean Thinking</i>	11
2.2.4 Tipos de desperdícios.....	12
2.2.5 Ferramentas <i>Lean</i>	14
2.3 Benefícios, forças a favor e contra a implementação do <i>Lean</i>	19
2.3.1 Principais benefícios da implementação <i>Lean</i>	19
2.3.2 Forças a favor e contra a implementação <i>Lean</i>	20
2.4 Sinergia entre <i>Lean</i> e Ergonomia.....	21
2.4.1 Ergonomia.....	21
2.4.2 Fatores de risco associados a LMERT.....	21
2.4.3 Ferramentas ergonómicas.....	23
2.4.4 Benefícios da sinergia <i>Lean</i> e Ergonomia.....	24
2.5 Reconfiguração dos sistemas de produção.....	25

2.5.1	Oficinas, linhas e células de produção.....	26
2.5.2	Células de produção	27
2.5.3	Projeto detalhado de células	27
3.	Apresentação da empresa.....	30
3.1	Grupo Gewiss.....	30
3.2	Gewiss Portugal	31
3.3	Missão, Visão e Valores	32
3.4	Estrutura organizacional.....	33
3.5	Produtos, clientes e fornecedores	33
3.6	Descrição geral das áreas de produção.....	35
3.6.1	Nave 1 – Área produtiva	36
3.6.2	Nave 2 – Laboratório de controlo de qualidade e expedição.....	36
3.6.3	Nave 3 – Área produtiva	36
3.6.4	Armazém.....	36
4.	Descrição e análise crítica da situação atual.....	37
4.1	Tipos de produtos	37
4.2	<i>Layout</i> e descrição da célula.....	38
4.3	Abastecimento de matéria-prima e recolha do produto final	41
4.4	Fluxo de informação	44
4.5	Escolha dos produtos	44
4.5.1	Família MINI 1P+N SYSTEM	46
4.5.2	Família MINI 2P SYSTEM.....	55
4.5.3	Família MDIF 1P+N SYSTEM	61
4.6	Análise crítica e identificação de problemas	66
4.6.1	Processo pouco fluído.....	67
4.6.2	Elevada percentagem de não conformidades no teste térmico	68
4.6.3	Estudo de tempos.....	69
4.6.4	Falta de balanceamento dos postos de trabalho	71
4.6.5	VSM do estado atual.....	73
4.6.6	<i>Layout</i> desadequado e elevadas movimentações.....	78
4.6.7	Reduzida polivalência da equipa	80

4.6.8	Inexistência de instruções de trabalho, falta de normalização e desorganização geral..	81
4.6.9	Abastecimento desadequado dos postos de trabalho e excesso de matéria-prima	85
4.6.10	Condições de trabalho desadequadas, tarefas repetitivas e más posturas	89
4.6.11	Medidas de desempenho irrealistas	91
4.7	Síntese dos problemas encontrados	93
5.	Apresentação das propostas de melhoria	95
5.1	Reconfiguração do sistema de produção	97
5.1.1	Identificação das famílias	97
5.1.2	Instanciação de células	98
5.1.3	Instanciação dos postos de trabalho	105
5.1.4	Organização intracelular e controlo da célula	109
5.1.5	Integração e organização intercelular	123
5.2	Aplicação do programa 5S e gestão visual	128
6.	Análise e discussão de resultados	131
6.1	Redução do tempo de processamento e melhor utilização dos equipamentos	131
6.2	Melhor balanceamento dos postos de trabalho e aumento de capacidade	133
6.3	Redução do <i>lead-time</i> e do WIP e aumento do rácio de valor acrescentado	135
6.4	Redução da área ocupada, simplificação do fluxo e redução de transportes, sobreprodução e movimentações	136
6.4.1	Redução da área ocupada	136
6.4.2	Simplificação do fluxo de materiais e redução da distância percorrida pelos aparelhos	137
6.4.3	Redução dos desperdícios associados a transportes e sobreprodução	138
6.4.4	Redução das movimentações das operadoras	138
6.5	Aumento da polivalência e motivação das operadoras e redução de esperas	139
6.6	Normalização do trabalho e melhor organização da célula	140
6.7	Melhorias ao nível dos postos de trabalho e redução das atividades de risco	142
6.8	Previsão dos ganhos com a proposta de eliminação das caixas exteriores	145
6.9	Previsão de melhoria das medidas de desempenho	145
6.9.1	Eficiência	145

6.9.2	Rejeição	146
6.9.3	Produtividade	146
6.10	Síntese dos resultados	147
7.	Conclusão	150
7.1	Considerações finais	150
7.2	Trabalho futuro	153
	Referências Bibliográficas	155
	Anexos	159
	Anexo 1 – Folha de observações normalizada	160
	Anexo 2 – Código de cores da Gewiss Portugal	161
	Apêndices	162
	Apêndice 1 – Diversidade de produtos	163
	Apêndice 2 – Análise da representatividade na produção de 2021	164
	Apêndice 3 – <i>Layout</i> inicial com cálculos de área.....	169
	Apêndice 4 – Equipamentos utilizados na célula	171
	Apêndice 5 – Identificação e localização dos elétrodos	172
	Apêndice 6 – Identificação e localização dos dispositivos <i>poka-yoke</i>	173
	Apêndice 7 – Análise ABC por quantidade produzida em 2021	174
	Apêndice 8 – Gama operatória MINI 1P+N SYSTEM	177
	Apêndice 9 – Diagrama de análise de processo e sequência de material MINI 1P+N SYSTEM	179
	Apêndice 10 – Gama operatória MINI 2P SYSTEM	183
	Apêndice 11 – Diagrama de análise de processo e sequência de material MINI 2P SYSTEM	185
	Apêndice 12 – Gama operatória MDIF 1P+N SYSTEM	188
	Apêndice 13 – Diagrama de análise de processo e sequência de material MDIF 1P+N SYSTEM	190
	Apêndice 14 – Estudo de não conformidades nos testes dos aparelhos MINI.....	193
	Apêndice 15 – Estudo de não conformidades nos testes dos aparelhos MDIF	195
	Apêndice 16 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo.....	196
	Apêndice 17 – Exemplo de aplicação da folha de observações normalizada Gewiss.....	198
	Apêndice 18 – VSM Inicial MINI 1P+N SYSTEM	199
	Apêndice 19 – VSM Inicial MINI 2P SYSTEM	201
	Apêndice 20 – VSM Inicial MDIF 1P+N SYSTEM.....	203

Apêndice 21 – Matriz de polivalência	206
Apêndice 22 – <i>Checklist</i> 5S	208
Apêndice 23 – <i>Stock</i> de matéria-prima inicial.....	211
Apêndice 24 – Questionário adaptado do método EWA	216
Apêndice 25 – Resultados da avaliação inicial da analista (Método EWA).....	218
Apêndice 26 – Posturas selecionadas para aplicação do método RULA	219
Apêndice 27 – Aplicação do método RULA.....	226
Apêndice 28 – Propostas de balanceamento MINI	251
Apêndice 29 – Diferenças processuais das propostas de balanceamento MINI	259
Apêndice 30 – Propostas de balanceamento MDIF.....	260
Apêndice 31 – Diferenças processuais das propostas de balanceamento MDIF	263
Apêndice 32 – Cálculo do número de operadoras	264
Apêndice 33 – Matriz de polivalência após implementação	265
Apêndice 34 – <i>Stock</i> de matéria-prima final	266
Apêndice 35 – VSM Após implementação MINI 1P+N SYSTEM	270
Apêndice 36 – VSM Após implementação MDIF 1P+N SYSTEM.....	271
Apêndice 37 – Cálculo de área livre e ocupada após implementação	273
Apêndice 38 – Resultados da avaliação da analista após implementação (Método EWA).....	275
Apêndice 39 – Posturas selecionadas para aplicação do método RULA após implementação.....	276
Apêndice 40 – Aplicação do método RULA após implementação.....	278
Apêndice 41 – Cálculos detalhados do <i>cash flow</i> do tempo de recuperação	285

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da metodologia Action-Research	4
Figura 2 – Casa TPS.....	9
Figura 3 – Princípios Lean Thinking	11
Figura 4 – Etapas da metodologia 5S.....	14
Figura 5 – Ciclo PDCA	16
Figura 6 – Exemplo de um VSM.....	18
Figura 7 – Forças a favor e contra o Lean	20
Figura 8 – Projeto detalhado de células	28
Figura 9 – Sede da Gewiss Itália	30
Figura 10 – Principais marcos históricos do grupo Gewiss.....	31
Figura 11 – Instalações da Gewiss Portugal	31
Figura 12 – Logótipo da Gewiss	32
Figura 13 – Principais marcos históricos da Gewiss Portugal.....	32
Figura 14 – Valores da Gewiss.....	32
Figura 15 – Organograma da Gewiss Portugal.....	33
Figura 16 – Interruptores diferenciais	34
Figura 17 – Disjuntores magneto-térmicos	34
Figura 18 – Disjuntores diferenciais	34
Figura 19 – Disjuntores RESTART	35
Figura 20 – Layout geral da Gewiss Portugal.....	35
Figura 21 – (a) MINI 2P SYSTEM; (b) MINI 1P+N SYSTEM; (c) MDIF 1P+N SYSTEM; (d) MPRESA 1P+N	37
Figura 22 – Layout da célula	39
Figura 23 – Célula MINI/MDIF.....	39
Figura 24 – Layout geral com identificação do local do laser	40
Figura 25 – Posto de soldadura SOL2 com indicação dos elétrodos	40
Figura 26 – (a) Dispositivo poka-yoke incorporado no SOL4; (b) Dispositivo com os componentes colocados.....	41
Figura 27 – Petit-train.....	41
Figura 28 – Etiqueta de identificação dos contentores	42

Figura 29 – Rota e pontos de paragem do petit-train na nave 3	42
Figura 30 – (a) Ponto de recolha B; (b) Rack de recolha de caixas de cartão	43
Figura 31 – (a) Rota e pontos de recolha de PF; (b) Estante de PF	43
Figura 32 – (a) Etiqueta de Início de Lote (EIL); (b) Sequenciador.....	44
Figura 33 – Análise ABC por quantidade produzida dos produtos da célula MINI/MDIF	45
Figura 34 – MINI 1P+N SYSTEM C16	46
Figura 35 – Componentes e quantidades de um aparelho MINI 1P+N SYSTEM	46
Figura 36 – (a) Conjunto obtido no SOL1; (b) Contentor de transporte L60.....	48
Figura 37 – (a) Conjunto obtido no SOL2; (b) Conjunto obtido no SOL3.....	48
Figura 38 – (a) Contentor dividido; (b) Conjunto obtido no SOL4; (c) Conjunto obtido no SOL5	49
Figura 39 – Conjunto obtido no SOL6	49
Figura 40 – a) Tabuleiro à saída do posto SOL6.1; (b) Inserção da mola; (c) Bobina montada	49
Figura 41 – (a) Tabuleiros à saída do posto SOL7; (b) Conjunto obtido no SOL7	50
Figura 42 – (a) Tabuleiro de neutros; (b) Conjunto obtido no SOL8.....	50
Figura 43 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON2	50
Figura 44 – Pré-montagem MINI 1P+N SYSTEM	51
Figura 45 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON3.....	51
Figura 46 – Montagem final MINI 1P+N SYSTEM	51
Figura 47 – Tabuleiro à saída do posto de montagem MON3	52
Figura 48 – (a) Teste térmico; (b) Ventilador; (c) MINI com lacre e letra.....	52
Figura 49 – (a) Teste magnético; (b) Aparelho sem janela vs. com janela	52
Figura 50 – (a) Teste de alta tensão; (b) Cavidades do teste de alta tensão	53
Figura 51 – (a) Desapertar bornes; (b) Cavidade para colocação do aparelho; (c) Bornes apertados vs. desapertados.....	53
Figura 52 – Embalagem MINI 1P+N SYSTEM	54
Figura 53 – Fluxo de materiais MINI 1P+N SYSTEM.....	54
Figura 54 – Análise do processo - MINI 1P+N SYSTEM	55
Figura 55 – MINI 2P SYSTEM	56
Figura 56 – Componentes e quantidades de um aparelho MINI 2P SYSTEM.....	56
Figura 57 – Desperdício de pasta de solda.....	57
Figura 58 – Sequência de etapas MINI 2P SYSTEM	58
Figura 59 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON2.....	58

Figura 60 – Pré-montagem MINI 2P SYSTEM.....	58
Figura 61 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON3.....	59
Figura 62 – Montagem final MINI 2P SYSTEM.....	59
Figura 63 – (a) Posto de desapertar bornes; (b) Teste MINI 2P SYSTEM.....	59
Figura 64 – Fluxo de materiais MINI 2P SYSTEM	60
Figura 65 – Análise do processo - MINI 2P SYSTEM.....	61
Figura 66 – MDIF 1P+N SYSTEM C16	61
Figura 67 – Componentes e quantidades do MDIF 1P+N SYSTEM	62
Figura 68 – (a) Primários soldados no SOL MDIF; (b) Primários com bornes montados no MON1	63
Figura 69 – Montagem da parte diferencial.....	63
Figura 70 – (a) Teste DIF e Teste MDIF; (b) DIF a aguardar teste	63
Figura 71 – DIF a aguardar pelo MINI.....	64
Figura 72 – (a) MINI + DIF separados; (b) MINI + DIF acoplados.....	64
Figura 73 – (a) Teste MDIF; (b) Encaixe das peças de acoplar; (c) Bornes desapertados.....	64
Figura 74 – Embalagem MDIF 1P+N SYSTEM.....	65
Figura 75 – Fluxo de materiais MDIF 1P+N SYSTEM	65
Figura 76 – Análise do processo – MDIF 1P+N SYSTEM	66
Figura 77 – (a) Balanceamento inicial - MINI 1P+N SYSTEM; (b) TC vs. TT – MINI 1P+N SYSTEM	72
Figura 78 – (a) Balanceamento inicial - MINI 2P SYSTEM; (b) TC vs. TT – MINI 2P SYSTEM	72
Figura 79 – (a) Balanceamento inicial – MDIF 1P+N SYSTEM; (b) TC vs. TT – MDIF 1P+N SYSTEM ..	73
Figura 80 – (a) WIP de contactos SOL2; (b) WIP de bornes SOL3; (c) WIP de bornes MON2; (d) WIP de mostrinas Embalagem.....	76
Figura 81 – (a) WIP de aparelhos a enviar no dia seguinte; (b) WIP de aparelhos no ventilador	76
Figura 82 – (a) WIP MON2; (b) WIP MON3.....	76
Figura 83 – WIP de primários	77
Figura 84 – Diagrama de spaghetti da célula MINI/MDIF	79
Figura 85 – Gráfico radar - auditoria 5S inicial.....	82
Figura 86 – Kanban do posto Presa.....	83
Figura 87 – Posto de soldadura SOL1.....	83
Figura 88 – (a) Contentores de WIP sem identificação; (b) WIP em contentores errados	84
Figura 89 – Tabuleiro de transporte estragado.....	84
Figura 90 – Deslocações até ao ponto de recolha	86

Figura 91 – Rota de abastecimento documentada.....	87
Figura 92 – Rota de abastecimento utilizada.....	87
Figura 93 – Corredor de abastecimento e respetiva largura.....	88
Figura 94 – (a) Posto de montagem MON3; (b) Posto de montagem MON MDIF	89
Figura 95 – Resultados do questionário EWA realizado às operadoras	89
Figura 96 – Eficiência da célula MINI/MDIF no mês de fevereiro de 2022	92
Figura 97 – Novo equipamento de arrefecimento dos aparelhos.....	100
Figura 98 – (a) Sequenciador na linha manual de testes IDP; (b) Sequenciador na célula MINI/MDIF	102
Figura 99 – Entrada de mostrinas no MINI/MDIF.....	102
Figura 100 – Setup rápido.....	104
Figura 101 – Teste de Alta Tensão e Desapertar bornes.....	105
Figura 102 – Balanceamento MINI	107
Figura 103 – Balanceamento MDIF	108
Figura 104 – Exemplos de layouts 2D.....	110
Figura 105 – Novo layout	111
Figura 106 – (a), (b) área de produção MINI; (c) área de produção MDIF/MPRESA	112
Figura 107 – Novo tabuleiro de transporte.....	113
Figura 108 – Rack para colocação de stock MINI.....	114
Figura 109 – (a) Abastecimento da rack de stock MINI; (b) Rack com o stock máximo de MINI.....	115
Figura 110 – Fluxo de materiais após implementação.....	116
Figura 111 – Sistema de rolamentos	117
Figura 112 – Excerto do JBS do PT2	118
Figura 113 – Tampo de um posto de trabalho standard	119
Figura 114 – Microlayout do PT3.....	119
Figura 115 – Exemplos de contentores com fundos	120
Figura 116 – Estruturas criadas para as caixas do PT3	121
Figura 117 – Estruturas criadas na Embalagem.....	121
Figura 118 – Organização dos componentes da embalagem por tipologia	122
Figura 119 – Suporte para componentes com abastecimento diferente	123
Figura 120 – Localização da célula MINI/MDIF após reconfiguração	124
Figura 121 – Nova rota de recolha de PF.....	124

Figura 122 – Nova rota do petit-train	125
Figura 123 – Indicação de paragem e recolha	126
Figura 124 – Identificação no posto e no contentor	126
Figura 125 – Localização do laser na nova linha manual de testes IDP.....	127
Figura 126 – Nova EIL.....	127
Figura 127 – Transporte da EIL no tabuleiro	128
Figura 128 – Exemplos de gestão visual (dispositivos/equipamentos, ferramentas, sucata e retrabalho)	129
Figura 129 – Exemplos de gestão visual (WIP, entrada/saída de material, rack PF)	129
Figura 130 – (a) Balanceamento MINI Antes; (b) Balanceamento MINI Depois	134
Figura 131 – (a) Balanceamento MDIF Antes; (b) Balanceamento MDIF Depois.....	134
Figura 132 – Comparação entre capacidade inicial, capacidade proposta e capacidade possível	135
Figura 133 – WIP total antes e depois da implementação	136
Figura 134 – Diagrama de Spaghetti após implementação.....	138
Figura 135 – Comparação dos resultados obtidos nas auditorias 5S antes e depois da implementação	142
Figura 136 – Comparação dos resultados do questionário EWA antes e depois da implementação ..	143
Figura 137 – Previsão de crescimento da eficiência	146
Figura 138 – Cash Flow do tempo de recuperação do investimento	149
Figura 139 – Folha Excel de observações normalizada	160
Figura 140 – Diversidade de produtos	163
Figura 141 – Layout inicial com medidas.....	169
Figura 142 – Legenda do diagrama de análise de processo	179
Figura 143 – Diagrama de análise de processo MINI 1P+N SYSTEM	180
Figura 144 – Diagrama de análise de processo MINI 2P SYSTEM	186
Figura 145 – Diagrama de análise de processo MDIF 1P+N SYSTEM	190
Figura 146 – Estudo de tempos para o posto de montagem MON2 – MINI 1P+N SYSTEM	198
Figura 147 – VSM Inicial MINI 1P+N SYSTEM.....	199
Figura 148 – VSM Inicial MINI 2P SYSTEM	201
Figura 149 – VSM Inicial MDIF 1P+N SYSTEM.....	203
Figura 150 – Resultado visual da auditoria 5S (Gráfico Radar).....	210
Figura 151 – Método RULA SOL1 – Tarefa 1	226

Figura 152 – Método RULA SOL2 – Tarefa 2	227
Figura 153 – Método RULA SOL3 – Tarefa 3	228
Figura 154 – Método RULA SOL4 – Tarefa 4	229
Figura 155 – Método RULA SOL5 – Tarefa 5	230
Figura 156 – Método RULA SOL6 – Tarefa 6	231
Figura 157 – Método RULA SOL6.1 – Tarefa 7	232
Figura 158 – Método RULA SOL7 – Tarefa 8	233
Figura 159 – Método RULA SOL8 – Tarefa 9	234
Figura 160 – Método RULA MON1 – Tarefa 10.....	235
Figura 161 – Método RULA MON1 – Tarefa 11.....	236
Figura 162 – Método RULA MON2 – Tarefa 12.....	237
Figura 163 – Método RULA MON2 – Tarefa 13.....	238
Figura 164 – Método RULA MON3 – Tarefa 14.....	239
Figura 165 – Método RULA TESTE TÉRMICO – Tarefa 15.....	240
Figura 166 – Método RULA TESTE MAGNÉTICO – Tarefa 16.....	241
Figura 167 – Método RULA TESTE ALTA TENSÃO – Tarefa 17	242
Figura 168 – Método RULA DESAPERTAR BORNES – Tarefa 18.....	243
Figura 169 – Método RULA EMBALAGEM – Tarefa 19	244
Figura 170 – Método RULA SOL MDIF – Tarefa 20	245
Figura 171 – Método RULA MON MDIF – Tarefa 21.....	246
Figura 172 – Método RULA MON MDIF – Tarefa 22.....	247
Figura 173 – Método RULA TESTE DIF – Tarefa 23	248
Figura 174 – Método RULA TESTE MDIF – Tarefa 24.....	249
Figura 175 – Método RULA ACOPLAR – Tarefa 25.....	250
Figura 176 – VSM Após implementação MINI 1P+N SYSTEM.....	270
Figura 177 – VSM Após implementação MDIF 1P+N SYSTEM.....	271
Figura 178 – Novo layout com medidas.....	273
Figura 179 – Método RULA PT4 – Tarefa 7.....	278
Figura 180 – Método RULA PT3	279
Figura 181 – Método RULA PT5 - Tarefa 10.....	280
Figura 182 – Método RULA PT2 - Tarefa 12.....	281
Figura 183 – Método RULA PT7 (Teste Alta Tensão) - Tarefa 17.....	282

Figura 184 – Método RULA PT7 (Desapertar Bornes) - Tarefa 18	283
Figura 185 – Método RULA PT7 (Teste MDIF) - Tarefa 25	284

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de ação do método RULA.....	24
Tabela 2 – Versões dos produtos	37
Tabela 3 – Produtos que constituem a classe A	45
Tabela 4 – Componentes e quantidades da embalagem MINI 1P+N SYSTEM	47
Tabela 5 – Componentes diferentes dependendo da amperagem.....	47
Tabela 6 – Componentes da embalagem MDIF 1P+N SYSTEM	62
Tabela 7 – Resumo do estudo de não conformidades nas máquinas de teste	68
Tabela 8 – Tempo de ciclo por posto de trabalho	70
Tabela 9 – Tempo disponível por dia	71
Tabela 10 – Volume de produção de 2021	71
Tabela 11 – Resultados VSM do estado atual (VNA, VA, LT, RVA)	74
Tabela 12 – Valores médios de WIP para cada tipologia	75
Tabela 13 – Tempo de atravessamento e esperas.....	77
Tabela 14 – Distância percorrida e tempo gasto pelas operadoras	80
Tabela 15 – (a) Movimentações rack de recolha A; (b) Movimentações rack de recolha B.....	86
Tabela 16 – Resumo dos resultados obtidos com a aplicação do método RULA.....	90
Tabela 17 – Síntese dos problemas encontrados	93
Tabela 18 – Plano de ação 5W2H.....	95
Tabela 19 – Tipologia das máquinas de soldar.....	103
Tabela 20 – Distribuição das tarefas com a eliminação da SOL1 e SOL MDIF	103
Tabela 21 – Distribuição das tarefas com a eliminação da SOL4.....	104
Tabela 22 – Impacto do balanceamento nos recursos.....	108
Tabela 23 – Distribuição dos postos de trabalho em pé/sentado.....	113
Tabela 24 – Identificação das estruturas nos postos de trabalho	120
Tabela 25 – Ganho obtido com adequação da prensa da embalagem	131
Tabela 26 – Ganho obtido com a alteração do processo de soldadura dos primários	132
Tabela 27 – Ganho obtido com a alteração do procedimento no teste térmico.....	132
Tabela 28 – Melhorias nos equipamentos e no processo.....	133
Tabela 29 – Resultados VSM depois da implementação (VNA, VA, LT, RVA).....	135
Tabela 30 – LT e RVA antes e depois da implementação.....	135
Tabela 31 – Ganhos na área ocupada e área livre útil	137

Tabela 32 – Comparação da distância percorrida pelos aparelhos antes e depois da implementação	137
Tabela 33 – Comparação do tempo desperdiçado em transportes antes e depois da implementação	138
Tabela 34 – Comparação das movimentações das operadoras e tempo gasto antes e depois da implementação.....	139
Tabela 35 – Stock MP antes e depois da implementação	141
Tabela 36 – Comparação dos resultados obtidos com a aplicação do método RULA antes e depois da implementação.....	144
Tabela 37 – Ganho monetário obtido com a eliminação da caixa exterior	145
Tabela 38 – Ganho obtido com a eliminação da caixa exterior	145
Tabela 39 – Comparação da produtividade antes e depois da implementação.....	147
Tabela 40 – Ganhos anuais em MDO.....	147
Tabela 41 – Síntese dos resultados obtidos	147
Tabela 42 – Síntese dos resultados esperados.....	149
Tabela 43 – Código de cores - Gewiss Portugal	161
Tabela 44 – Produção de 2021	164
Tabela 45 – Análise da produção de 2021 de acordo com a designação	167
Tabela 46 – Análise da produção de 2021 de acordo com a tipologia	167
Tabela 47 – Análise da produção de 2021 de acordo com a amperagem.....	168
Tabela 48 – Análise da produção de 2021 de acordo com o número de polos.....	168
Tabela 49 – Cálculo da área total e ocupada.....	170
Tabela 50 – Equipamentos utilizados na célula	171
Tabela 51 – Identificação e localização dos elétrodos.....	172
Tabela 52 – Identificação e localização dos dispositivos poka-yoke	173
Tabela 53 – Análise ABC por quantidade produzida em 2021	174
Tabela 54 – Gama Operatória MINI 1P+N SYSTEM	177
Tabela 55 – Diagrama de sequência de material MINI 1P+N SYSTEM	181
Tabela 56 – Gama operatória MINI 2P SYSTEM	183
Tabela 57 – Diagrama de sequência de material MINI 2P SYSTEM.....	186
Tabela 58 – Gama operatória MDIF 1P+N SYSTEM.....	188
Tabela 59 – Diagrama de sequência de material DIF	190

Tabela 60 – Diagrama de sequência de material MINI (a acoplar ao DIF)	191
Tabela 61 – Conclusão Diagrama Sequência de Material MDIF 1P+N SYSTEM.....	192
Tabela 62 – Estudo de não conformidades no teste térmico.....	193
Tabela 63 – Estudo de não conformidades no teste magnético	194
Tabela 64 – Estudo de não conformidades no teste alta tensão.....	194
Tabela 65 – Estudo de não conformidades no teste MINI 2P.....	194
Tabela 66 – Estudo de não conformidades no teste DIF.....	195
Tabela 67 – Estudo de não conformidades no teste MDIF	195
Tabela 68 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo para a tipologia MINI 1P+N SYSTEM	196
Tabela 69 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo para a tipologia MINI 1P SYSTEM.....	196
Tabela 70 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo para a tipologia MDIF 1P+N SYSTEM.....	197
Tabela 71 – Legenda da matriz de polivalência	206
Tabela 72 – Matriz de polivalência.....	206
Tabela 73 – Checklist para auditoria 5S.....	208
Tabela 74 – Pontuação obtida na auditoria 5S.....	210
Tabela 75 – Stock de matéria-prima inicial da célula MINI/MDIF.....	211
Tabela 76 – Questionário adaptado do método EWA	216
Tabela 77 – Avaliação inicial da analista (Método EWA).....	218
Tabela 78 – Posturas selecionadas para aplicação do método RULA.....	219
Tabela 79 – Proposta de balanceamento 1 - MINI.....	251
Tabela 80 – Proposta de balanceamento 2 - MINI.....	253
Tabela 81 – Proposta de balanceamento 3 - MINI.....	255
Tabela 82 – Proposta de balanceamento 4 - MINI.....	257
Tabela 83 – Diferenças processuais das propostas de balanceamento MINI	259
Tabela 84 – Proposta de balanceamento 1 - MDIF	260
Tabela 85 – Proposta de balanceamento 2 - MDIF	261
Tabela 86 – Diferenças processuais das propostas de balanceamento MDIF	263
Tabela 87 – N° de operadoras (produção atual)	264
Tabela 88 – Matriz de polivalência após implementação	265
Tabela 89 – Stock de matéria-prima final da célula MINI/MDIF.....	266
Tabela 90 – Cálculo da área total, área ocupada e área livre útil	274
Tabela 91 – Avaliação da analista após implementação (Método EWA).....	275

Tabela 92 – Posturas selecionadas para aplicação do método RULA após implementação	276
Tabela 93 – Previsão do ganho semanal em MDO nas primeiras 12 semanas após reconfiguração (MINI)	285
Tabela 94 – Previsão do ganho mensal em MDO após reconfiguração (MINI)	286
Tabela 95 – Previsão do ganho semanal em MDO nas primeiras 12 semanas após reconfiguração (MDIF)	286
Tabela 96 – Previsão do ganho mensal em MDO após reconfiguração (MDIF)	287
Tabela 97 – Cash Flow do tempo de recuperação do investimento	287

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

1P – 1 Polo

1P+N – 1 Polo, Neutro

2P – 2 Polos

EIL – Etiqueta de Início de Lote

EWA – *Ergonomic Workplace Analysis*

FIOH – *Finnish Institute of Occupational Health*

IEA – *International Ergonomics Association*

IO – *Intercompany Order*

JBS – *Job Breakdown Sheet*

JIT – *Just-in-Time*

LMERT – Lesão Musculoesquelética Relacionada com o Trabalho

LT – *Lead Time*

OSHA – *Occupational Safety and Health Act*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PO – *Production Order*

PT – Posto de Trabalho

RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

RVA – Rácio de Valor Acrescentado

SPOF – Sistema de Produção Orientado à Função

SPOP – Sistema de Produção Orientado ao Produto

TC – Tempo de Ciclo

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

UM – Unidades Monetárias

VA – Valor Acrescentado

VNA – Valor Não Acrescentado

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo introduz o tema do projeto desenvolvido na Gewiss Portugal, iniciando com o enquadramento teórico e os principais objetivos. É ainda descrita a metodologia de investigação utilizada e, por fim, a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

Com o crescente desenvolvimento tecnológico e globalização dos mercados, tem-se assistido a uma mudança nas expectativas e exigências dos clientes, confrontando as empresas com uma competição e desafios sem precedentes (Wang, Ma, Yang, & Wang, 2017). A busca por produtos customizáveis, de maior complexidade e qualidade, associado a custos e prazos reduzidos, tem levado a que as empresas sintam a necessidade de recorrer a estratégias inovadoras para atender aos requisitos dos seus clientes e manter uma posição competitiva.

A necessidade de obter melhores resultados leva a que as empresas adotem práticas inseridas na filosofia *Lean Production*, que surgiu associada ao *Toyota Production System* (TPS), o sistema de produção idealizado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno após a II Guerra Mundial (Womack, Jones, & Roos, 1990). Esta filosofia de produção tem por base a premissa “*doing more with less*”, que significa utilizar o mínimo de recursos enquanto se oferece exatamente aquilo que o cliente deseja (Womack & Jones, 1996). Segundo Womack, Jones e Roos (1990) a adoção de uma filosofia *Lean Production* implica a busca contínua pela perfeição e eliminação de desperdícios, ou seja, zero defeitos, zero inventário, variedade de produtos e custos reduzidos. As evidências atuais indicam que este paradigma de produção não só melhora a competitividade das empresas como também reduz *stocks* e prazos de entrega melhorando a produtividade, qualidade e capacidade de resposta ao cliente (Garza-Reyes, 2015).

Neste sentido, para eliminar tais desperdícios é importante seguir os princípios do *Lean Thinking* enunciados por Womack e Jones (1996). O primeiro consiste em determinar valor do ponto de vista do cliente, seguindo-se a importância de mapear a cadeia de valor com indicação dos processos necessários para que o produto chegue ao cliente. O terceiro princípio relaciona-se com a criação de um fluxo de valor eliminando os desperdícios, ou seja, tudo aquilo que não contribui diretamente para adicionar valor ao produto na perspetiva das necessidades do cliente (Alves, 2007). Ohno (1988) classificou os desperdícios em sete categorias principais: sobreprodução, esperas, transportes, sobre processamento,

stock, movimentações e defeitos. O quarto princípio está associado à implementação da produção puxada e por último a busca contínua pela perfeição.

A implementação *Lean* compreende um conjunto de ferramentas que aplicadas corretamente ajudam a combater os desperdícios e a melhorar o desempenho do sistema. Alguns exemplos dessas ferramentas são: Técnica 5S, *Standard Work*, *Kaizen*, Gestão Visual, VSM (*Value Stream Mapping*), entre outras.

A implementação de ferramentas *Lean* requer mudanças nos sistemas de produção, que muitas das vezes se encontram desatualizados e com o mesmo *layout* desde o início da empresa (Alves, Sousa, & Dinis-Carvalho, 2016). Surge assim a necessidade da implantação de células de produção, um sistema versátil, evolutivo e reconfigurável, capaz de se adaptar ao mercado e a tecnologias de produção (Alves et al., 2015).

Este projeto realizou-se na empresa Gewiss Portugal – Indústria de Material Elétrico, enquadrando-se num contexto de melhoria contínua. Foi desenvolvido numa célula de produção que se dedica à produção de disjuntores magneto-térmicos e diferenciais, onde nunca foram realizados projetos *Lean*. Neste sentido, era a única célula da empresa que ainda trabalhava de uma forma antiga sem procedimentos normalizados, concentrando-se uma grande quantidade de desperdícios. Com este projeto pretendia-se combater as principais fontes de desperdício que condicionavam a fluidez do trabalho, com o objetivo de melhorar o desempenho do processo e as condições de trabalho, aumentando a dinâmica e motivação dos trabalhadores.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste projeto consistiu em aplicar conceitos *Lean Production* no sentido de melhorar o desempenho de uma célula associada à produção de disjuntores magneto-térmicos e diferenciais. Para isso, foi necessário:

- Analisar o estado atual da célula em termos de *layout*, fluxo de materiais e informação;
- Identificar os principais desperdícios existentes na célula;
- Realizar um estudo de tempos de modo a analisar o balanceamento atual;
- Avaliar as condições ergonómicas dos postos de trabalho;
- Rever o processo de montagem dos aparelhos;
- Criar procedimentos normalizados;
- Investir na formação e envolvimento das operadoras;
- Integrar o abastecimento direto aos postos de trabalho.

Com a concretização do projeto pretendeu-se:

- Melhorar e normalizar o processo de montagem dos aparelhos;
- Melhorar o balanceamento dos postos de trabalho e com isso aumentar a capacidade;
- Reduzir atividades que não acrescentam valor, WIP e *Lead-Time*, aumentando o Rácio de Valor Acrescentado;
- Reduzir a área ocupada;
- Simplificar o fluxo de materiais e minimizar a distância percorrida pelos aparelhos;
- Minimizar as movimentações das operadoras;
- Tornar a célula de produção mais organizada, com uma equipa mais polivalente, dinâmica e motivada;
- Melhorar as condições dos postos de trabalho e reduzir atividades de risco para as operadoras;
- Melhorar o desempenho da célula.

1.3 Metodologia de investigação

De modo a garantir a coerência do projeto e a correta implementação das ferramentas, o primeiro passo foi a revisão da literatura. Esta revisão constitui a base do projeto de investigação, permitindo aprofundar o conhecimento associado à filosofia e ferramentas *Lean*. Esta etapa iniciou com a definição dos parâmetros de pesquisa e palavras-chave que foram refinados ao longo da pesquisa. Posteriormente foi feita pesquisa intensiva em fontes bibliográficas primárias, secundárias e terciárias incluindo revistas científicas, livros, jornais, relatórios, dissertações e documentos da empresa. Em cada documento registou-se a informação mais importante, sendo feita uma análise crítica, relacionando com outras leituras realizadas anteriormente no sentido de filtrar a informação e evitar redundâncias. Esta foi uma fase crucial do projeto permitindo contextualizar a investigação, esclarecer quanto à forma mais correta de implementação das ferramentas necessárias e perceber os principais contributos.

De acordo com Saunders, Lewis e Thornhill (2009), o processo de investigação é composto por diversas camadas sendo importante definir o conteúdo de cada uma delas. A filosofia de investigação é a primeira camada e a mais importante, uma vez que vai influenciar a estratégia em relação ao plano e métodos adotados ao longo da investigação. A filosofia positivista foi adotada neste projeto porque todo ele se baseou numa realidade observável. Tendo em conta que a teoria explicativa seria formulada após recolha e análise de dados, optou-se por uma abordagem indutiva. A estratégia adotada foi *Action-Research* (Investigação-Ação) que, segundo O'Brien (1998), tem por base a filosofia "*learning by doing*" onde se

identifica um problema, é feito algo para o resolver e caso o resultado não seja satisfatório tenta-se novamente. O carácter ativo do projeto, a natureza iterativa do processo de diagnóstico, planeamento, ação e avaliação bem como a necessidade de criar modificações na empresa envolvendo os colaboradores levou à escolha desta estratégia (O'Brien, 1998). Ao longo do projeto previa-se a utilização de técnicas de recolha e análise de dados quantitativos e qualitativos, tendo sido deste modo escolhido o método misto. Por fim, é importante clarificar que foram recolhidos dados através de observação participativa bem como utilizados dados documentais existentes na empresa. O projeto desenvolveu-se num horizonte temporal longitudinal, no sentido de analisar as mudanças que ocorreram ao longo do tempo. De acordo com Susman e Evered (1978) a metodologia de investigação referida anteriormente envolve cinco fases, como se pode observar na Figura 1.

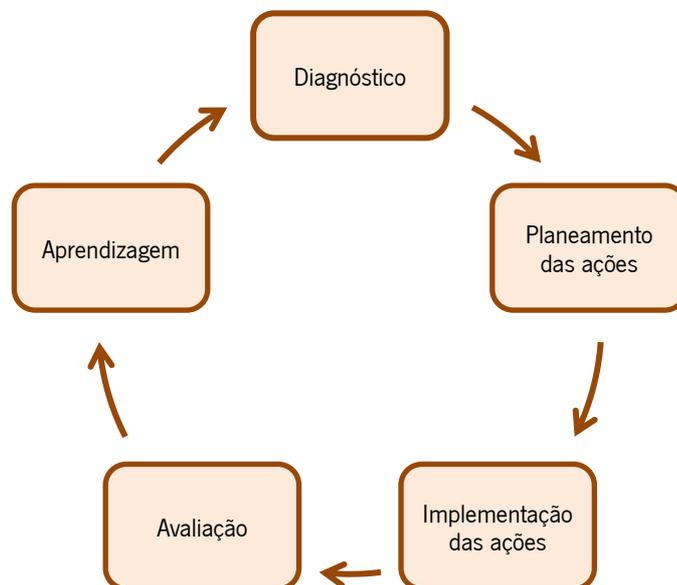


Figura 1 – Fases da metodologia Action-Research (adaptado de O'Brien (1998))

A primeira etapa desta metodologia é a análise e diagnóstico da situação atual da célula, de modo a identificar os principais problemas a resolver. Para tal foi necessário analisar documentos da empresa e realizar uma recolha de dados intensiva ao longo do processo produtivo, dialogando com os colaboradores para melhor perceber as dificuldades percebidas pelos mesmos.

Os documentos da empresa permitiram identificar todas as famílias de produtos que a célula produziu no ano anterior, e através da realização de uma análise ABC por quantidade, foram identificadas aquelas que seriam alvo de estudo ao longo do projeto com base na regra de Pareto 80/20. Realizada esta análise foi possível definir a gama operatória, lista de materiais e fluxos de produção e informação, recorrendo a ferramentas como diagramas de análise de processo e diagrama de sequência de material. Foram registadas todas as operações realizadas em cada posto de trabalho bem como as condições

ergonómicas do mesmo, permitindo identificar tarefas que não estavam a acrescentar valor ao produto e problemas posturais. Paralelamente foram aplicadas duas ferramentas ergonómicas: *Ergonomic Workplace Analysis* (EWA) que permitia avaliar as condições ergonómicas dos postos, e ainda o *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) para avaliar o risco musculoesquelético.

Para além disto tornou-se importante realizar um estudo de tempos para definir o tempo de ciclo de cada posto e com isso analisar o balanceamento inicial, identificando o *bottleneck*. Também foram alvo de estudo alguns indicadores de desempenho como quantidade de WIP, *lead-time*, tempo de atravessamento, eficiência, rejeição, produtividade, entre outros. Ao longo desta etapa era imprescindível registar todos os desperdícios encontrados, utilizando ferramentas como *checklist* 5S, diagrama de *spaghetti* e VSM. Para além disto foram registadas numa matriz de competências as qualificações que cada operador tinha em todos os postos da célula, de modo a perceber qual o nível de polivalência e de que forma isso poderia condicionar a fluidez do trabalho.

O passo seguinte foi a elaboração de propostas de melhoria que permitiam colmatar os problemas encontrados anteriormente. No caso do projeto foi essencialmente a reconfiguração do sistema produtivo, balanceamento dos postos de trabalho, reformulação do processo de montagem, definição de um novo *layout* e melhoria das condições ergonómicas. Para além disto foi necessária a formação dos trabalhadores e a criação de procedimentos normalizados de modo a garantir a correta implementação e assegurar a sua continuidade. O abastecimento da célula também foi alvo de modificações uma vez que, era realizado apenas em dois pontos pouco estratégicos e com pouco espaço, tendo sido integrado na rota do *petit-train* de forma a abastecer diretamente todos os postos. Por fim, foi extremamente importante motivar todos os trabalhadores a colaborar para que se sentissem valorizados e ainda colocar em evidência os benefícios que todos poderiam usufruir no futuro.

Reunidas todas as condições procedeu-se à implementação das propostas de melhoria e, posteriormente foi realizada a avaliação, onde se analisou o impacto da implementação das propostas, comparando o desempenho inicial com o desempenho obtido. Desta forma tornou-se possível identificar os objetivos que foram atingidos e quantificar os ganhos para a empresa. Nesta fase foi importante reconhecer os objetivos que ficaram por alcançar e perceber os motivos que impediram a sua concretização com sucesso.

A etapa seguinte constitui a aprendizagem onde se retiraram as principais conclusões do projeto, servindo de base para trabalhos futuros, o que permitirá iniciar um novo ciclo de melhoria contínua. Por fim, a última etapa do projeto consistiu na redação da dissertação, uma etapa morosa que requer

concentração. Para que seja realizada com sucesso deve ser vista como algo contínuo, iniciando-se aquando do início do projeto e acompanhando todas as etapas.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. O primeiro capítulo tem como objetivo introduzir o tema do projeto, apresentando os principais objetivos, a metodologia de investigação utilizada bem como a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica sobre o *Lean Production* que constitui a base do projeto de investigação. É abordada a origem do conceito, princípios, desperdícios assim como as principais ferramentas essenciais para este projeto. Os benefícios, forças a favor e contra a implementação *Lean* também são apresentados neste capítulo. Posteriormente é apresentada a sinergia entre *Lean* e Ergonomia terminando com uma revisão acerca dos tipos de sistemas de produção.

O terceiro capítulo dedica-se à apresentação da empresa onde decorreu o projeto, em termos de história, localização, missão, visão e valores. É ainda descrita a estrutura organizacional bem como os principais produtos e, por fim, as principais áreas que compõem o sistema produtivo da Gewiss Portugal.

De seguida, no capítulo quatro, é feita a descrição e análise crítica da situação atual, onde se expõe detalhadamente o processo de produção, identificando os principais problemas encontrados através das observações diárias do chão de fábrica.

Ao longo do capítulo cinco são apresentadas as propostas de melhoria para reduzir ou eliminar os problemas expostos no capítulo anterior.

No sexto capítulo são analisados e discutidos os resultados obtidos com a implementação das propostas de melhoria, comparando com a situação inicial.

Por fim, no sétimo capítulo são apresentadas as principais conclusões do projeto assim como sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos principais conceitos que fundamentam esta dissertação, iniciando com uma breve descrição acerca da evolução dos modelos de produção, de modo a introduzir o *Lean Production*. De seguida é abordada a história do *Lean Production* bem como o *Toyota Production System* através da sua representação em forma de casa. Posteriormente, descrevem-se os princípios *Lean Thinking*, os principais desperdícios assim como as ferramentas preponderantes para a realização deste projeto, seguindo-se os benefícios, forças a favor e contra a implementação *Lean*. A ergonomia também terá ênfase neste capítulo, onde serão abordadas algumas ferramentas utilizadas neste projeto, assim como a sinergia *Lean* e Ergonomia. O capítulo termina com a reconfiguração dos sistemas de produção, incluindo uma breve revisão acerca dos tipos de sistemas e do projeto detalhado de células.

2.1 Evolução dos modelos de produção

Em finais do século XVIII, na Inglaterra, ter-se-ia iniciado a 1ª Revolução Industrial que transformou por completo os processos de produção. Até à data eram produzidos produtos únicos, de forma artesanal, por pessoas habilidosas e com muitas competências, capazes de executar todas as operações necessárias para produzir um produto. No entanto, através do uso do carvão e da máquina a vapor, passou a ser possível transformar a matéria-prima em produtos de valor acrescentado em locais próprios, as fábricas (Wang et al., 2017).

Frederick Taylor apercebeu-se que a forma tradicional dos operários trabalhar não era a mais produtiva, tendo publicado em 1911 as suas ideias no livro "*The Principles of Scientific Management*", onde considerava que cada trabalhador deveria desenvolver-se de forma a conseguir a sua maior eficiência e prosperidade (Taylor, 1911). Taylor começou por estabelecer uma norma científica para cada operação realizada pelos trabalhadores, utilizando um método científico para os selecionar, treinar e desenvolver. De seguida, era estabelecido um espírito de cooperação entre os trabalhadores e os gestores, de modo a garantir que o trabalho era levado a cabo de acordo com o que estava planeado. Por fim, a responsabilidade do trabalho era dividida de igual forma entre trabalhadores e gestores, de acordo com as qualificações de cada um.

Motivado pelas ideias de Taylor, Henry Ford reorganizou a produção ao longo de uma linha de montagem dispondo as máquinas de acordo com a sequência de processos, o que permitia um fluxo direto. Assim surgiu a produção em massa, caracterizada pela produção de uma grande quantidade de produtos com

custos mínimos e pouca variedade, realizada por trabalhadores pouco qualificados, que apenas executavam uma tarefa repetidamente ao longo do dia.

Apesar de estar presente em quase todas as indústrias Norte Americanas e Europeias, este estilo de produção não chegou ao Japão devido à escassez de recursos resultante da II Guerra Mundial. Eiji Toyoda e Taiichi Ohno adotaram uma nova estratégia de produção, o *Lean Production*, tendo um papel preponderante no desenvolvimento de um sistema de produção eficiente que ficou conhecido como o *Toyota Production System* (Womack et al., 1990). Este método de produção, caracterizado pela redução do custo através da eliminação de desperdícios (Sugimori et al., 1977), está presente até aos dias de hoje e será abordado detalhadamente ao longo deste capítulo.

2.2 *Lean Production*

Esta secção apresenta uma breve revisão sobre as origens do *Lean*, o *Toyota Production System*, os princípios *Lean Thinking*, tipos de desperdícios e ferramentas.

2.2.1 História do *Lean Production*

O termo “*Lean Production*” surgiu pela primeira vez associado ao artigo “*Triumph of the Lean Production System*” publicado por John F. Krafcik em 1988, tornando-se popular apenas com o lançamento do livro “*The Machine that Changed the World*” dos autores Womack, Jones e Roos (1990). Estas publicações destacavam o sucesso das empresas japonesas ao aplicar este modelo de produção, quando comparadas com os sistemas tradicionais de produção em massa das empresas ocidentais. O termo “*Lean*” justifica-se pelo facto de se utilizar menos de tudo em comparação com a produção em massa: menos esforço humano, menos equipamentos, menos espaço e menos tempo necessário para produzir um produto (Womack et al., 1990).

Segundo Melton (2005) o nascimento do *Lean* deu-se no Japão através da Toyota por volta de 1940. Nesta altura o Japão deparou-se com uma grande desvantagem competitiva devido à escassez de recursos que levava à necessidade de importar uma grande quantidade de materiais, aumentando os custos associados à matéria-prima quando comparados com a América e a Europa (Sugimori et al., 1977).

Perante o reconhecimento de que apenas uma pequena parte do tempo e esforço de um processo adicionavam valor ao cliente final, a Toyota desenvolveu o sistema de produção designado de *Toyota Production System* (TPS) (Melton, 2005). Este sistema permitia aumentar a eficiência através da

eliminação constante de desperdícios, baseando-se no desejo de produzir através de um fluxo contínuo que não dependesse de longos ciclos de produção para ser eficiente (Holweg, 2007; Melton, 2005; Ohno, 1988). Desta forma, era possível aumentar a produtividade, entregar produtos de maior qualidade, com maior valor acrescentado ao longo do processo produtivo, reduzindo significativamente os custos (Liker, 2004; Sugimori et al., 1977).

Por ser um sistema eficiente, o *Lean Production* passou a ser implementado nas mais variadas indústrias e serviços em todo o mundo, como forma de alcançar o sucesso e a excelência organizacional (Lander & Liker, 2007; Liker & Morgan, 2006).

2.2.2 Toyota Production System

A Toyota começou a destacar-se no início dos anos 70, após a primeira crise de petróleo, isto porque conseguia recuperar-se de uma crise muito mais rápido do que os seus concorrentes (Lander & Liker, 2007). A chave para o sucesso foi o *Toyota Production System*, que se baseava em dois conceitos básicos: “Redução dos custos através da eliminação de desperdícios” e “Utilização da capacidade total dos trabalhadores” (Sugimori et al., 1977). Este sistema de produção tornou-se um modelo de competitividade entre as empresas em todo o mundo (Liker & Morgan, 2006).

Os princípios do TPS podem ser representados por uma casa (Figura 2), designada de “casa TPS”, que se tornou um ícone na produção moderna e representa a importância de um sistema estrutural, onde todas as partes são essenciais e se complementam, sendo a estabilidade dependente da robustez de todas elas (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006).

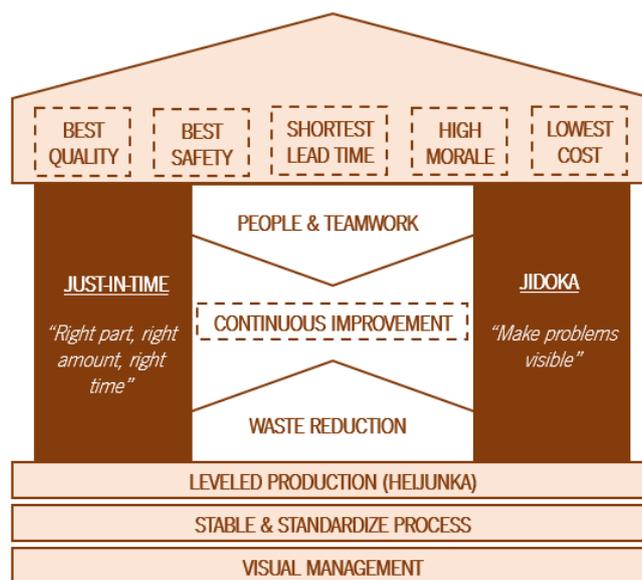


Figura 2 – Casa TPS
(adaptado de (Liker & Morgan, 2006))

A implementação de sistemas de gestão visual, nivelamento da produção (*heijunka*), estabilidade e normalização dos processos constituem a base da casa. O objetivo consiste em criar ordens de produção niveladas bem como a carga de trabalho, de modo a que seja possível normalizar os processos (Liker & Morgan, 2006). Desta forma fornece a estabilidade necessária permitindo construir os dois pilares fundamentais *Just-in-Time* (JIT) e *Jidoka*.

O primeiro pilar caracteriza-se por produzir apenas o que é necessário, na quantidade necessária e no momento certo, permitindo reduzir o inventário (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006; Monden, 1998; Sugimori et al., 1977). A implementação JIT permite às empresas tornarem-se mais competitivas devido à capacidade de produzirem uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades, mantendo custos de produção baixos, aumentando a qualidade dos produtos com um *lead-time* curto que vai de encontro com as necessidades do cliente (Productivity Press Development Team, 1998).

A implementação do primeiro pilar requer o recurso à produção *pull*, que se caracteriza pela produção de produtos apenas quando são exigidos pelo cliente (Productivity Press Development Team, 2002a). Desta forma, a produção é desencadeada pelo cliente, o que significa que o processo subsequente puxa a produção do posto anterior. Para tal é necessário planear a produção de acordo com o *Takt-Time* (TT), que representa a frequência com que o mercado pede um produto, ou seja, de quanto em quanto tempo devemos produzir um produto de modo a satisfazer as necessidades do cliente (Feld, 2001; Productivity Press Development Team, 1998). É importante distinguir o *Takt-Time* do Tempo de Ciclo (TC), pois este corresponde ao tempo necessário para concluir o ciclo de uma operação (Feld, 2001). Neste sentido, o tempo de ciclo marca o ritmo da produção, correspondendo ao posto de trabalho mais demorado designado de estrangulamento da produção ou "*bottleneck*". É essencial que o tempo de ciclo esteja o mais alinhado possível com o *takt-time*, sem nunca o ultrapassar (Pinto, 2008).

O segundo pilar designa-se de *Jidoka* ou *Autonomation*, também conhecido como "automação com toque humano" (Liker, 2004; Monden, 1998). Na sua essência este pilar permite um controlo automático de defeitos, dotando a máquina com inteligência, capaz de detetar um defeito e impedir que peças defeituosas de um processo precedente passem para o processo subsequente (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006; Monden, 1998). De modo a impedir a propagação de defeitos podem ser utilizadas técnicas como 5 *Whys* que permitem identificar a causa-raiz dos problemas ou sistemas *Poka-Yoke*, que são sistemas anti-erro que impedem a passagem física dos defeitos (Sayer & Williams, 2007).

No centro da casa encontra-se a melhoria contínua, através da qual se pretende reduzir os desperdícios, apenas conseguido com o envolvimento de todas as pessoas e equipas de trabalho.

Os objetivos do TPS encontram-se representados no telhado da casa sendo eles a obtenção de produtos de maior qualidade com menores tempos de entrega, associado a menores custos, mais segurança, mais envolvimento e motivação das pessoas.

2.2.3 Princípios *Lean Thinking*

Segundo Womack e Jones (1996) o *Lean Thinking* é constituído por cinco princípios chave identificados pelos autores como sendo o “antídoto para o desperdício”. Através do pensamento *Lean* é possível fazer mais com menos, usando o mínimo de recursos em termos de esforço humano, equipamentos, espaço e tempo enquanto se oferece exatamente aquilo que o cliente deseja (Womack & Jones, 1996). Esses cinco princípios estão representados na Figura 3 e definidos de seguida.



Figura 3 – Princípios *Lean Thinking*

- **Valor** – Definir valor na perspectiva do cliente, sendo ele a especificar as características que pretende e pelas quais está disposto a pagar. Neste sentido, tudo aquilo que não for do interesse do cliente é considerado desperdício e deve ser eliminado;
- **Cadeia de valor** – Para definir a cadeia de valor é necessário analisar todos os processos desde o *design* à entrega do produto final. Deste modo será possível identificar todas as atividades que não acrescentam valor ao produto, sendo consideradas desperdício e por consequência devem ser eliminadas. Num processo existem três tipos de atividades: atividades que acrescentam valor, atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias e atividades que não acrescentam valor e não são necessárias, devendo por isso ser eliminadas pois constituem um desperdício (Melton, 2005; Shingo, 1989). Segundo Melton (2005), apenas 5% das atividades acrescenta realmente valor ao produto, correspondendo 35% e 60% aos outros dois tipos de atividades, respetivamente;

- **Fluxo contínuo** – Depois de identificadas todas as atividades que acrescentam valor passa a ser possível produzir através de um fluxo contínuo sem interrupções, esperas, retrocessos no processo aumentando a capacidade de resposta ao cliente (Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2008);
- **Produção pull** – O cliente puxa a produção, ou seja, apenas se produz exatamente aquilo que o cliente quer, na quantidade e momento pretendido. Desta forma é possível evitar desperdícios como excesso de produção e acumulação de *stocks*;
- **Perfeição** – A busca constante pela perfeição constitui o último princípio. Uma vez implementados os quatro princípios anteriores é necessário manter e melhorar continuamente, sempre com foco na eliminação de desperdícios e tudo aquilo que não acrescenta valor.

2.2.4 Tipos de desperdícios

Desperdício ou *muda* (palavra japonesa) é tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto sob o ponto de vista das necessidades e requisitos do cliente (Alves, Dinis-Carvalho, & Sousa, 2012; Ohno, 1988).

Ohno (1988) identificou sete principais tipos de desperdícios que podem ser encontrados num sistema de produção, tendo-os definido da seguinte forma:

- **Sobreprodução** – Produzir mais do que o necessário, mais rápido e sem necessidade, ou seja, sem que o cliente tenha pedido. Este desperdício é considerado como sendo um dos piores, agravando todos os outros, uma vez que o *stock* gerado esconde a verdadeira causa do desperdício e aumenta o custo de produção devido ao espaço necessário para acomodar todos os produtos (Liker, 2004; Sugimori et al., 1977; Wilson, 2010). A sobreprodução resulta numa utilização excessiva dos recursos, aumento do *lead-time* e diminuição da capacidade de resposta ao cliente (Rother & Shook, 1999);
- **Esperas** – Períodos de inatividade por parte de pessoas, máquinas ou informação, resultando num aumento do *lead-time* (Hines et al., 2008). Este desperdício pode ser causado por processos não balanceados, falta de material, entre outros;
- **Transporte** – Este desperdício corresponde ao transporte de produtos. Enquanto os produtos estão a ser transportados não está a ser acrescentado valor, para além de poderem ser danificados (Melton, 2005);

- **Sobre processamento** – Atividades desnecessárias ou realizadas de forma incorreta como por exemplo o retrabalho ou utilização errada de ferramentas. Este desperdício pode ser causado por instruções de trabalho mal elaboradas, existindo casos em que se geram produtos com excesso de qualidade, não pedido pelo cliente (Liker, 2004);
- **Inventário (*stock*)** – Armazenamento de produtos em excesso, incluindo produto final, *work-in-process* (WIP) e matéria-prima (Melton, 2005). A acumulação de inventário pode danificar os produtos e torná-los obsoletos, aumentando o custo para a empresa devido ao espaço necessário para os guardar (Liker, 2004). Segundo o mesmo autor, este desperdício pode esconder problemas como atrasos nas entregas dos clientes, defeitos nos produtos e tempos de *setup* elevados;
- **Movimentações** – Corresponde a movimentações desnecessárias dos trabalhadores, causadas por *layouts* desadequados e desorganização do espaço de trabalho. Os trabalhadores cometem este tipo de desperdício quando vão buscar materiais ou procuram ferramentas e documentos, por exemplo. Segundo Melton (2005), a movimentação excessiva de informação, dados e decisões é também um desperdício;
- **Defeitos** – Erros durante o processo resultando em produtos não conformes com as especificações do cliente. Os defeitos podem ser causados por instruções de trabalho erradas, falta de controlo de processos, falhas dos trabalhadores, entre outros. Por consequência, existe a necessidade de retrabalhar os produtos, inspecioná-los ou criar *stock* para compensar os produtos defeituosos (Liker, 2004).

Para além destes sete desperdícios, Liker (2004) identificou um oitavo desperdício designado “Não aproveitamento do potencial humano” que se caracteriza por perdas de tempo, ideias, competências, oportunidades de melhoria e de aprendizagem devido ao facto de não envolverem os operadores nos processos de melhoria, ignorando as suas opiniões.

Todos os desperdícios abordados anteriormente são designados por *Muda*, e constituem, juntamente com o *Muri* e *Mura*, os 3M's. *Muri* corresponde à sobrecarga do sistema produtivo tanto de trabalhadores como de máquinas podendo resultar em problemas em ambas as situações. No caso da sobrecarga de trabalhadores pode gerar problemas de segurança e qualidade, a passo que a sobrecarga dos equipamentos pode provocar falhas no sistema e defeitos. *Mura* relaciona-se com situações de variabilidade no processo produtivo como por exemplo trabalhadores que ficam à espera de trabalho por serem mais rápidos do que aqueles que se encontram no posto anterior. Neste sentido, o trabalho de

todos deve ser ajustado de acordo com o trabalhador mais lento para que o ritmo de trabalho seja equilibrado entre todos (Imai, 2012).

2.2.5 Ferramentas *Lean*

Ao longo desta secção são abordadas algumas ferramentas *Lean Production* essenciais para o desenvolvimento do projeto, tais como: Técnica 5S, Gestão Visual, *Kaizen*, *Standard Work* e *Value Stream Mapping* (VSM).

2.2.5.1 Técnica 5S

A técnica 5S foi desenvolvida por Takasi Osada e visa a identificação e eliminação de desperdícios através da arrumação, organização e limpeza do espaço de trabalho. Desta forma, é possível obter um sistema de maior qualidade, mais eficiente e seguro, cultivando a responsabilidade e motivação dos trabalhadores, ao mesmo tempo que se ganha a credibilidade dos clientes (Monden, 1998; Randhawa & Ahuja, 2017).

De acordo com Randhawa e Ahuja (2017) esta ferramenta pressupõe a implementação de um conjunto de cinco etapas designadas por palavras japonesas, que se encontram representadas na Figura 4 e descritas de seguida.



Figura 4 – Etapas da metodologia 5S

- **Seiri** (Separar) – Consiste em separar todos os materiais necessários daqueles que são dispensáveis e devem por isso ser removidos. Desta forma, apenas se mantém no posto o que for essencial, permitindo poupar e aproveitar melhor o espaço (Feld, 2001; Monden, 1998);
- **Seiton** (Organizar) – De seguida é atribuído um local específico para cada material, devendo estar rotulado para que seja mais fácil a sua identificação e acesso ao mesmo (Monden, 1998).

Deve ser tida em consideração a máxima “um lugar para tudo e tudo no seu lugar”, evitando o desperdício de tempo a procurar aquilo que se precisa;

- **Seiso** (Limpar) – Uma vez implementadas as etapas anteriores, surge a necessidade de limpar e arrumar o posto de trabalho com regularidade, de preferência todos os dias usando um máximo de 2% do tempo de trabalho diário (Feld, 2001). Assim, todas as irregularidades serão facilmente detetadas e corrigidas;
- **Seiketsu** (Normalizar) – Corresponde à criação de regras que devem ser documentadas de forma clara e facilmente compreendidas que permitam monitorizar as etapas anteriores (Veres et al., 2018). Com a normalização dos procedimentos é possível sustentar os ganhos obtidos com os primeiros 3S's;
- **Shitsuke** (Disciplina) – A última etapa representa a disciplina necessária para cumprir as regras definidas, tornando a organização e limpeza um hábito integrado na cultura da empresa (Imai, 2012; Veres et al., 2018). Cabe aos líderes motivar os seus colaboradores criando neles o espírito de melhoria contínua (Feld, 2001; Monden, 1998).

A implementação desta ferramenta torna-se essencial para qualquer organização que pretenda iniciar projetos *Lean* com sucesso, uma vez que, através de uma ferramenta simples e facilmente implementável, é possível obter bons resultados (Randhawa & Ahuja, 2017). Destacam-se uma maior qualidade dos produtos e serviços, maior segurança, eficácia e eficiência do processo, criando disciplina no trabalho, aumentando o sentido de responsabilidade, ao mesmo tempo que reduz desperdícios, custos e *lead-time* (Monden, 1998; Randhawa & Ahuja, 2017; Veres et al., 2018). Segundo Imai (2012), a não implementação desta ferramenta torna-se, aos olhos dos clientes, um indicador de ineficiência, devendo por isso ser o ponto de partida para a caminhada *Lean*.

2.2.5.2 Gestão Visual

A gestão visual ou “controlo visual” é uma ferramenta que, através de sinais sonoros ou visuais, permite informar os trabalhadores do que fazer e quando fazer, o que está a acontecer de forma errada e quem precisa de ajuda (Pinto, 2008). De acordo com o mesmo autor, a gestão visual deve mostrar a forma como o trabalho deve ser feito, de que forma materiais e ferramentas são guardadas, quais os níveis de controlo de inventário assim como o estado do processo. Através de estímulos visuais é possível transmitir informação importante de forma clara e direta tornando o local de trabalho explicativo, ordenado, regulado e melhorado autonomamente (Galsworth, 1977; Tezel et al., 2009).

São vários os mecanismos de controlo visual, dos quais Shingo (1989) destaca a delimitação de áreas, quadros informativos de medidas de desempenho e de qualidade, folhas de trabalho normalizadas e ainda sistemas *Andon*.

Um sistema *Andon* é um indicador luminoso composto por três cores (verde, amarelo e vermelho), que deve ser colocado na parte superior dos equipamentos de forma a avisar os trabalhadores de qualquer problema. De uma forma geral, a luz verde corresponde a situações normais, a luz amarela a situações em que o trabalhador precisa de realizar ajustes e por esse motivo pede ajuda, e, por fim, a luz vermelha corresponde a paragens da linha para solucionar problemas (Ohno, 1988).

De acordo com Pinto (2008), a grande vantagem do controlo visual está na capacidade de tornar os trabalhadores autónomos, capazes de controlar o processo produtivo, permitindo evitar erros e desperdiçar tempo.

2.2.5.3 Kaizen

O termo *Kaizen* teve a sua origem no Japão através do livro “*Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*” publicado por Masaaki Imai no ano 1986. *Kaizen* significa melhoria contínua e tem como objetivo eliminar desperdícios ao longo da cadeia de valor, envolvendo todos os colaboradores (Imai, 2012). Colocar as pessoas em primeiro lugar é uma prioridade do *Kaizen*, focando-se em humanizar o espaço de trabalho eliminando o trabalho pesado, seja físico ou mental (Sayer & Williams, 2007).

Esta filosofia deve estar integrada nas atividades diárias sempre com foco na eliminação de desperdícios e criação de *standards* possibilitando um local de trabalho limpo e organizado (Ortiz, 2006). Segundo o mesmo autor, as melhorias obtidas através desta ferramenta podem parecer pequenas, mas irão refletir-se em resultados duradouros ao longo do tempo.

O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), difundido por Deming e representado na Figura 5, é muito utilizado para orientar processos de melhoria contínua, uma vez que permite controlar e garantir as melhorias obtidas ao longo da implementação (Van Scyoc, 2008).

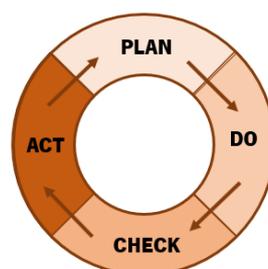


Figura 5 – Ciclo PDCA
(adaptado de (Van Scyoc, 2008))

Segundo Imai (2012) este ciclo pode ser definido da seguinte forma:

- **Plan** (Planear) – A primeira etapa consiste em analisar a situação atual, definir os objetivos a alcançar e as melhorias necessárias para alcançar esses objetivos. Devem ser definidos todos os passos necessários no sentido de estabelecer o melhor plano de implementação (Hamel, 2010; Sayer & Williams, 2007; Van Scyoc, 2008);
- **Do** (Fazer) – A fase seguinte consiste em implementar o plano definido anteriormente, seja numa versão de teste ou aplicado a um caso real (Van Scyoc, 2008);
- **Check** (Verificar) – Após a implementação, é necessário recolher dados de modo a verificar se estão a ser alcançados os objetivos pretendidos (Hamel, 2010; Van Scyoc, 2008);
- **Act** (Agir) – Se os resultados esperados forem alcançados, a última etapa é a normalização dos procedimentos no sentido de sustentar os ganhos e evitar que o problema inicial ocorra novamente (Hamel, 2010).

O ciclo PDCA deve ser visto como algo contínuo, ou seja, sempre que uma melhoria seja alcançada devem ser definidos novos objetivos, iniciando-se um novo ciclo de melhoria contínua. Tal como define Imai (2012), o *Kaizen* deve ser visto como “*Everyday, everybody, and everywhere improvement*”, sendo as pessoas e as suas ações a garantia do sucesso desta ferramenta (Ortiz, 2006).

2.2.5.4 Standard Work

O *Standard Work* ou trabalho normalizado pode ser definido como um conjunto de procedimentos de trabalho que estabelecem os melhores métodos e sequências de cada processo para cada trabalhador (Monden, 1998; Productivity Press Development Team, 2002b). A normalização dos processos consiste na elaboração de documentos que descrevam detalhadamente todas as tarefas realizadas em cada posto de trabalho, estando colocada no respetivo posto de forma a garantir que todos os trabalhadores seguem o mesmo procedimento e utilizam da mesma forma as mesmas ferramentas (Liker, 2004; Pinto, 2008). É importante salientar que não é um método estático uma vez que representa a melhor forma de trabalhar num determinado momento, sendo atualizado sempre que se encontre uma forma mais segura, mais rápida e melhor (Emiliani, 2008; Markovitz, 2012).

De acordo com Monden (1998), esta ferramenta possui três elementos fundamentais:

- **Tempo de ciclo normalizado:** tempo necessário para produzir um produto de modo a satisfazer a procura do cliente;

- **Sequência de trabalho normalizado:** ordem pela qual devem ser realizadas as tarefas ao longo do processo produtivo, representando a melhor sequência;
- **Quantidade de WIP normalizado:** quantidade de *stock* mínimo que garante um fluxo de produção contínuo.

A implementação desta ferramenta permite ter um maior controle do processo reduzindo a variabilidade, a quantidade de defeitos e os custos associados. Desta forma é possível melhorar a qualidade e reduzir prazos de entrega, constituindo uma plataforma de aprendizagem para novos processos de melhoria (Emiliani, 2008; Hamel, 2010; Markovitz, 2012; Productivity Press Development Team, 2002b).

Para além da normalização do processo produtivo, esta ferramenta também deve ser aplicada à comunicação, assegurando que todos os colaboradores são ouvidos e motivados a contribuir para a melhoria contínua (Ribeiro et al., 2013).

2.2.5.5 Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta visual que permite representar todas as atividades necessárias para transformar um produto desde a matéria-prima até ao produto pelo qual o cliente está disposto a pagar. A cadeia de valor deve incluir não só as atividades com valor acrescentado como também as que não acrescentam valor, assim como os fluxos de informação e materiais. Desta forma é possível visualizar e compreender o processo na sua totalidade (Rother & Shook, 1999; Tapping & Shuker, 2003). A Figura 6 é um exemplo de um VSM aplicado num contexto real.

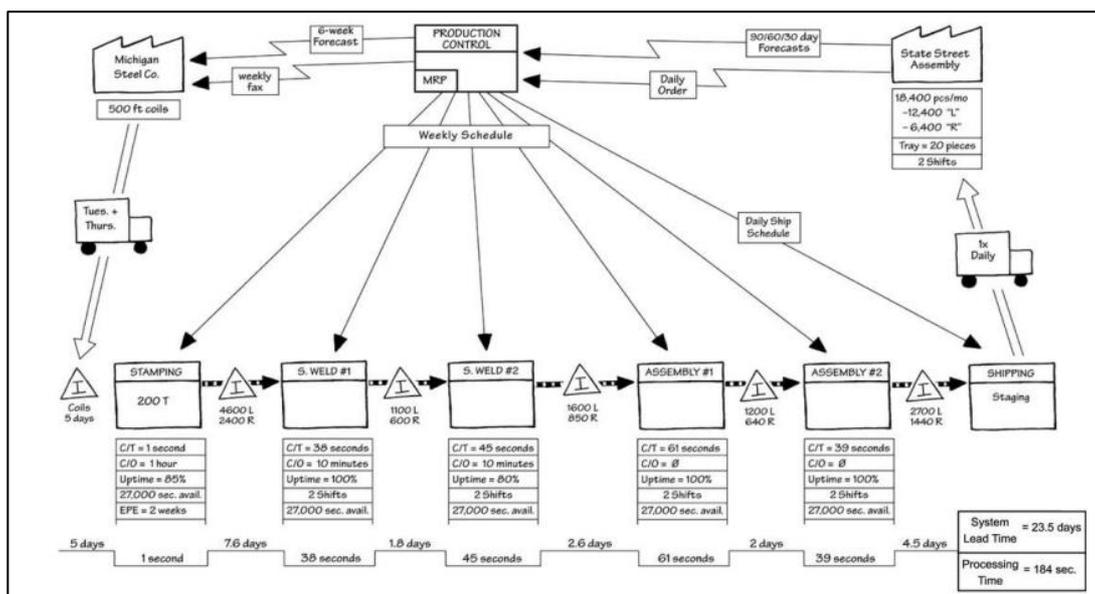


Figura 6 – Exemplo de um VSM
(retirado de (Shararah, El-Kilany, & El-Sayed, 2010))

De acordo com Rother e Shook (1999), são necessárias quatro etapas para elaborar um VSM:

1. **Identificar a família de produtos que se pretende mapear:** torna-se impraticável mapear todos os produtos existentes numa empresa e por isso deve ser selecionada a família de produtos que tem um maior impacto;
2. **Desenhar o VSM do estado atual:** recolher informação da situação atual através do acompanhamento do fluxo no chão de fábrica. Devem ser documentados alguns dados como tempos de ciclo, tempos de *setup*, número de operadores, tempo de trabalho disponível por cada turno, locais de acumulação de *stock* e respetiva quantidade. Uma vez desenhado o VSM do estado atual, é possível identificar tudo aquilo que é desperdício e não acrescenta valor ao produto, constituindo assim oportunidades de melhoria;
3. **Desenhar o VSM do estado futuro:** nesta etapa define-se aquilo que se quer atingir desenhando um novo VSM para essa situação;
4. **Definir o plano de ação e implementá-lo:** este plano deve contemplar as ações necessárias para alcançar o estado futuro desenhado anteriormente.

Através da implementação do VSM é possível identificar os desperdícios ao longo da cadeia de valor assim como a fonte dos mesmos e as oportunidades de melhoria, o que permitirá reduzir as atividades que não acrescentam valor e consomem recursos desnecessariamente (Patel, Chauhan, & Trivedi, 2015).

2.3 Benefícios, forças a favor e contra a implementação do *Lean*

Nesta secção são apresentados os principais benefícios obtidos com a implementação *Lean* assim como as forças a favor e contra a sua implementação, demonstrando casos reais de projetos realizados em várias indústrias portuguesas.

2.3.1 Principais benefícios da implementação *Lean*

Segundo Melton (2005) são vários os benefícios que se podem obter através da implementação *Lean*, dos quais destaca a diminuição do *lead-time*, a diminuição dos *stocks*, a melhor compreensão do processo tornando-os mais robustos e com menos desperdícios ao mesmo tempo que reduz os custos.

Vários alunos da Universidade do Minho implementaram esta metodologia nas mais variadas indústrias portuguesas com resultados muito benéficos para as empresas. Destacam-se a redução do WIP, redução

do espaço ocupado, a simplificação do fluxo de materiais, aumento da produtividade, redução das movimentações, redução do *lead-time* e dos tempos de *setup* e ainda melhoria das condições ergonómicas (Alves et al., 2011; Alves et al., 2014).

2.3.2 Forças a favor e contra a implementação *Lean*

São várias as forças que motivam a implementação *Lean*. Num ambiente cada vez mais competitivo, torna-se essencial a proximidade com o cliente e a capacidade de compreender as suas necessidades. Para isso é importante formar equipas multifuncionais, que permitirão aumentar o conhecimento de todos os processos de fabrico ao longo da cadeia de valor. Por sua vez, estes processos serão cada vez mais robustos, com menos erros e desperdícios, levando a uma redução de custos.

No entanto, e apesar de todos os benefícios mencionados anteriormente, a implementação desta filosofia ainda encontra algumas barreiras. A resistência à mudança e a cultura de produção são as principais forças de resistência ao *Lean*. Por vezes é vista apenas como mais uma estratégia de melhoria que irá fracassar como todas as anteriores levando ao ceticismo quanto à validade da filosofia *Lean*. Para além disso, a cultura de produção em grandes lotes, com o menor número de mudanças e sem nunca parar, está de tal forma enraizada nas empresas, que não lhes permite perceber o valor que advém da implementação *Lean*. Na Figura 7 encontram-se as principais forças que suportam e resistem ao *Lean*, descritas anteriormente.

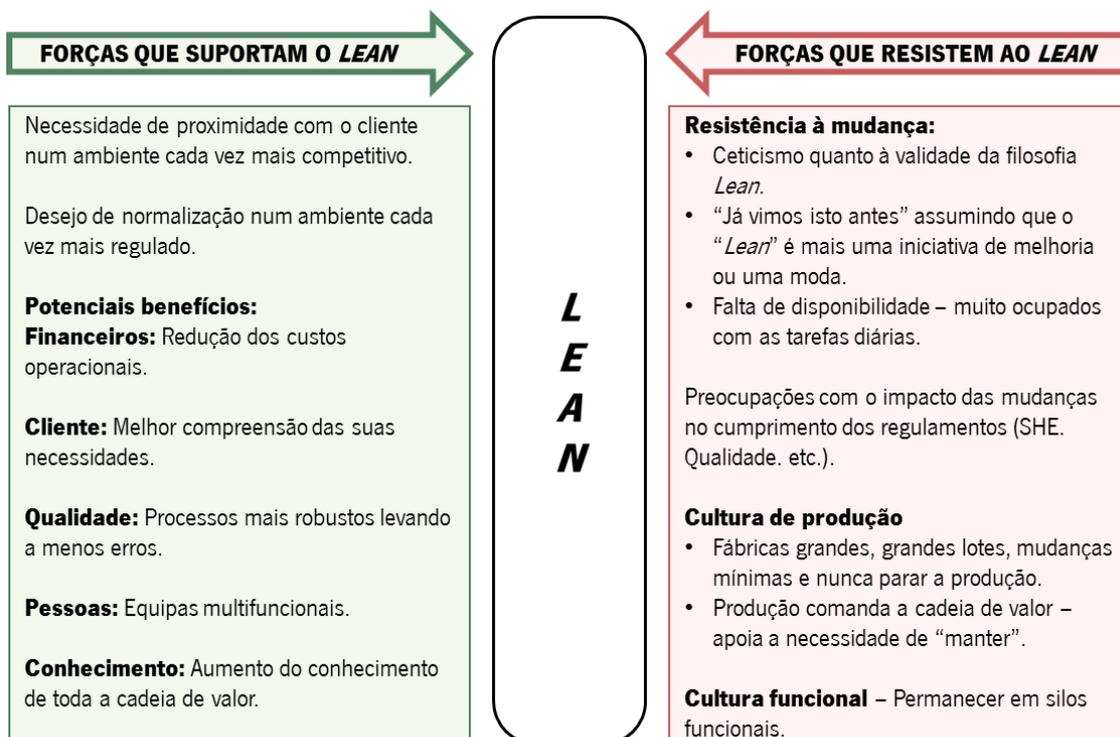


Figura 7 – Forças a favor e contra o *Lean*
(adaptado de (Melton, 2005))

2.4 Sinergia entre *Lean* e Ergonomia

Neste capítulo são abordados os principais domínios da ergonomia bem como os principais fatores de risco associados a Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho, apresentando as duas ferramentas utilizadas para avaliar as condições do espaço de trabalho. Por fim, apresentam-se os benefícios da implementação conjunta do *Lean* e Ergonomia.

2.4.1 Ergonomia

A ergonomia deriva do grego “*ergonomos*” em que “*ergon*” significa trabalho e “*nomos*” significa leis. Pode ser definida como a disciplina que estuda a interação entre as pessoas e os elementos do sistema com o objetivo de melhorar as condições de trabalho e o desempenho do sistema, promovendo a segurança, a saúde e o bem-estar dos trabalhadores (IEA, 2000).

De acordo com IEA (2000) a ergonomia contempla três domínios principais: a ergonomia física, cognitiva e organizacional. A ergonomia física preocupa-se com as características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas humanas, onde se incluem as posturas, o manuseamento dos materiais, movimentos repetitivos, problemas associados a lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT), *layout* do local de trabalho, segurança e saúde. No que diz respeito à ergonomia cognitiva, esta refere-se aos processos mentais que possam afetar a interação Homem-Sistema, sobretudo a percepção, memória, raciocínio e resposta motora. A carga de trabalho mental, o *stress* e a tomada de decisão são alguns dos fatores que influenciam este domínio da ergonomia. Por último, a ergonomia organizacional tem como objetivo a otimização dos sistemas em termos de estruturas organizacionais, políticas e processos, onde se inclui a comunicação, gestão de recursos humanos, horários de trabalho, trabalho em equipa, entre outros.

Neste sentido, a ergonomia possui uma área de atuação bastante ampla, envolvendo diversas situações da vida humana com a preocupação de adaptar da melhor forma possível o meio ambiente ao Homem (Bittencourt, Alves, & Arezes, 2010).

2.4.2 Fatores de risco associados a LMERT

As LMERT são um dos principais problemas de saúde ocupacional na Europa, constituindo a principal causa de incapacidade para o trabalho, absentismo e perda de produtividade (Bevan, 2015; Schneider,

Irastorza, & Copsey, 2010). Segundo os mesmos autores, estima-se que o custo total de perda de produtividade associado às LMERT pode chegar a 2% do produto interno bruto.

Por vezes torna-se difícil associar uma única causa às LMERT (Schneider et al., 2010). Segundo a OSHA (n.d.) estes problemas desenvolvem-se ao longo do tempo e, na sua maioria, resultam da combinação de diversos fatores de risco, nomeadamente físicos e biomecânicos, organizacionais e psicossociais e ainda fatores individuais.

Os fatores de risco físicos e biomecânicos estão relacionados com a atividade de trabalho e podem incluir: movimentação de cargas, movimentos repetitivos, posturas incorretas e estáticas, ritmo de trabalho acelerado, trabalhar na mesma posição durante muito tempo e ambientes com más condições de iluminação, temperatura e ruído. Estima-se que, durante pelo menos metade do tempo de trabalho, 23% dos trabalhadores europeus movimentam cargas pesadas, 43% executam movimentos repetitivos de mãos ou braços, 33% trabalham em posições cansativas e 17% estão expostos a ruídos de equipamentos (Bevan, 2015).

No que diz respeito aos fatores de risco organizacionais e psicossociais, estão associados a elevada exigência de trabalho, ausência de pausas, muitas horas de trabalho, ritmo de trabalho intenso, insatisfação, entre outros. De acordo com Arezes e Serranheira (2017), as tarefas e os postos de trabalho em ambientes industriais são muitas vezes desenhados de acordo com as necessidades de produção, expondo os trabalhadores a fatores de risco e que culminam em problemas de saúde como as LMERT. Por fim, o historial médico, capacidade física e estilo de vida incluem-se nos fatores de risco individuais.

É de salientar que os fatores psicossociais e organizacionais combinados com os riscos físicos podem levar a *stress*, fadiga e ansiedade que potenciam o risco de LMERT. Estima-se que em 67% dos casos reportados, a dor causou uma redução da qualidade de vida e 49% ficaram limitados nas atividades que realizavam anteriormente (Bevan, 2015). O risco de LMERT não depende exclusivamente da exposição aos fatores de risco, mas sim da sua combinação com a duração, intensidade e frequência de exposição (Uva et al., 2008).

Atualmente, os estudos relacionados com esta problemática têm vindo a aumentar, tornando-se evidente a preocupação com a segurança do local de trabalho e a forma como pode condicionar os restantes objetivos organizacionais.

2.4.3 Ferramentas ergonómicas

As ferramentas ergonómicas permitem diagnosticar e avaliar as condições de trabalho, fornecendo informação necessária para a melhoria das mesmas. Desta forma, será possível reduzir o risco de doenças, acidentes e lesões relacionadas com o trabalho, promovendo um ambiente saudável, seguro e com boas condições de trabalho. Consequentemente a motivação dos trabalhadores irá aumentar, uma vez que poderão realizar as suas tarefas de forma segura (Maia, Alves, & Leão, 2012). Segundo as mesmas autoras, todos estes benefícios contribuem diretamente para o aumento da produtividade do sistema. Neste sentido, ao longo desta secção são apresentadas as ferramentas ergonómicas utilizadas neste projeto.

2.4.3.1 Método EWA

O método EWA (*Ergonomic Workplace Analysis*) foi desenvolvido pelo Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (FIOH) (Alhonen, Launis, & Kuorinka, 1989) e consiste num método de observação simples para avaliações ergonómicas, com o objetivo de identificar postos de trabalho que não sejam seguros e necessitem de intervenção (Hakkarainen, Ketola, & Nevala, 2011).

É um método muito utilizado devido à sua estrutura simples, capaz de se adaptar à maioria das atividades industriais permitindo uma avaliação mais completa do posto de trabalho e a sua relação com a postura e esforço físico dos trabalhadores (Alves, Ferreira, Maia, Leão, & Carneiro, 2019). Embora se adapte a várias situações, este método é mais eficaz em atividades industriais que envolvam tarefas manuais e manipulação de materiais (Colim et al., 2020; Hakkarainen et al., 2011).

A sua aplicação consiste na observação e realização de entrevistas aos operadores, utilizando uma *checklist* ergonómica publicada em 1970 (Alhonen et al., 1989). De acordo com os autores, esta *checklist* é constituída por 14 itens: espaço de trabalho, atividade física geral, tarefas de elevação, posturas e movimentos, risco de acidente, conteúdo do trabalho, restritividade do trabalho, comunicação do trabalhador, dificuldade em tomar decisões, repetitividade do trabalho, nível de atenção necessário, iluminação, ambiente térmico e ruído. O observador deve escolher aqueles que mais se adequam ao objetivo da investigação, excluindo o que não for necessário.

De acordo com o método, o observador deve atribuir uma pontuação a cada item através da observação do posto de trabalho. Essa pontuação é selecionada segundo uma escala que varia entre 1 e 4 ou 5, dependendo se apresenta menor ou maior risco para o trabalhador, respetivamente. Também os trabalhadores devem avaliar os mesmos itens na escala muito bom, bom, mau e muito mau.

2.4.3.2 Método RULA

O método RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) é um método observacional usado em investigações ergonômicas de postos de trabalho, no sentido de avaliar o risco de LMERT nos membros superiores, considerando também o tronco, pescoço e membros inferiores. Este método avalia a postura, a força e movimentos associados a tarefas sedentárias e repetitivas com ciclos curtos. Para uma correta aplicação deste método devem ser observados vários ciclos de trabalho de forma a selecionar a tarefa ou a postura que ocorre com mais frequência ou apresenta maior sobrecarga para o trabalhador (McAtamney & Nigel Corlett, 1993).

A análise postural é dividida em dois grupos corporais:

- Grupo A – Braço, antebraço, pulso e rotação do pulso;
- Grupo B – Pescoço, tronco e membros inferiores.

Posteriormente são preenchidas as grelhas de avaliação fornecidas pelo método correspondentes aos dois segmentos corporais. De seguida, é adicionado à pontuação obtida, a correção relativa à utilização muscular e a força/carga utilizada. A pontuação obtida para cada grupo é inserida numa tabela, permitindo obter a pontuação final e respetivo nível de risco. De acordo com a pontuação obtida existem vários níveis de ação para reduzir o risco de LMERT, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de ação do método RULA
(adaptado de (McAtamney & Nigel Corlett, 1993))

Nível de Ação	Ação
A	Pontuação de 1 ou 2 indica que aquela postura é aceitável se não for mantida ou repetida durante períodos longos.
B	Pontuação de 3 ou 4 indica que é necessário mais observação e poderá ser necessário introduzir alterações.
C	Pontuação de 5 ou 6 indica que é necessário uma investigação cuidada e que devem ser introduzidas modificações em breve.
D	Pontuação de 7 indica que é necessário investigação e que devem ser introduzidas modificações imediatas.

2.4.4 Benefícios da sinergia *Lean* e Ergonomia

A forte concorrência que existe atualmente leva a que as empresas sintam a necessidade de melhorar cada vez mais o seu desempenho. Com as implementações *Lean* surge, muitas vezes, a necessidade de encurtar os tempos de ciclo, com tendência para a realização de tarefas intensas e repetitivas que, conseqüentemente, constituem um fator de risco para acidentes de trabalho e podem ter um impacto negativo no bem-estar dos trabalhadores (Arezes, Dinis-Carvalho, & Alves, 2015).

Neste sentido, a correta implementação *Lean* envolve muito mais do que a melhoria do processo, uma vez que a mudança tem efeitos nos trabalhadores e no seu desempenho, incluindo o compromisso dos trabalhadores para com o trabalho, a preocupação com o bem-estar, segurança e saúde (Alves et al., 2019). Muitos autores defendem que os fatores humanos ajudam a que a estratégia de negócio das empresas se mantenha competitiva (Dul & Neumann, 2009). Segundo os mesmos autores, uma correta conceção dos postos de trabalho permite uma maior satisfação dos trabalhadores, maior segurança e produtividade.

Alves et. al (2019) apresenta mais de quarenta projetos realizados em empresas que obtiveram resultados muito positivos aplicando conjuntamente princípios *Lean* e Ergonomia.

Um estudo realizado por Brito et al. (2018) demonstrou que é possível alcançar um sistema de produção eficiente aplicando princípios *Lean* aliados a requisitos de segurança e ergonomia. Através da redução de desperdícios e reconfiguração dos sistemas para células de produção foi possível aumentar a capacidade de resposta ao cliente, aumentar a flexibilidade do sistema, melhorar o *Lead-Time* e *Work-in-Process* (WIP) ao mesmo tempo que as condições ergonómicas foram consideravelmente melhoradas.

Segundo um estudo realizado por Santos (2015) numa empresa da indústria automóvel, a ergonomia revelou-se um fator muito importante na implementação dos princípios *Lean*, com impacto na redução significativa da taxa de absentismo.

É clara a relação existente entre *Lean* e Ergonomia, tendo sempre em consideração que as boas soluções *Lean* são aquelas que permitem aumentar a eficiência ao mesmo tempo que melhoram as condições de trabalho, levando conseqüentemente a um aumento do espírito de equipa e motivação dos trabalhadores (Arezes et al., 2015). A aplicação conjunta dos dois conceitos torna possível a máxima “*working smarter, not harder*” (Maia et al., 2012).

2.5 Reconfiguração dos sistemas de produção

Com a crescente evolução do mercado acentua-se a procura de pequenas quantidades de uma grande variedade de produtos, com elevada qualidade e preços baixos, levando a que muitos sistemas se encontrem desatualizados (Alves et al., 2016). De modo a acompanhar as tendências é necessário um sistema de produção ágil, capaz de se adaptar às mudanças, tornando-se essencial a sua reconfiguração (Alves et al., 2015).

2.5.1 Oficinas, linhas e células de produção

Os sistemas de produção podem ser classificados em duas categorias: os Sistemas de Produção Orientados à Função (SPOF) e os Sistemas de Produção Orientados ao Produto (SPOP).

Na categoria SPOF incluem-se as oficinas de produção cuja implantação se caracteriza pelo agrupamento de máquinas com a mesma função, na mesma secção funcional, permitindo produzir uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades. Os equipamentos são agrupados de acordo com a natureza do processo e os produtos fluem entre as diferentes secções de acordo com o necessário (Dinis-Carvalho et al., 2014). Neste sentido, cada produto requer uma sequência operatória e fluxo específicos, devendo o sistema de produção ter flexibilidade suficiente para conseguir lidar com a variedade e complexidade das tarefas (Alves et al., 2017).

As linhas e células de produção incluem-se na categoria SPOP, uma vez que estão organizadas em função de um produto ou família de produtos, de modo a que produtos similares em termos processuais sejam produzidos conjuntamente (Alves, 2007). As linhas de produção caracterizam-se pela produção de baixa variedade de produtos mas em grandes quantidades, com os equipamentos organizados numa sequência linear garantindo um fluxo direto e contínuo (Dinis-Carvalho et al., 2014). Atualmente as necessidades do mercado são muito diversificadas e, por isso, a baixa variedade de produtos produzidos nas linhas de produção podem torna-las obsoletas (Alves, 2018; Dinis-Carvalho et al., 2014). As células de produção surgem como um sistema híbrido, conjugando a flexibilidade das oficinas de produção e a produtividade das linhas de produção, permitindo a produção de uma grande variedade em grandes quantidades (Alves, 1999; Dinis-Carvalho et al., 2014).

No que diz respeito aos SPOF, a versatilidade pode ser vista como a principal vantagem destes sistemas, mas também constitui uma desvantagem uma vez que o controlo do processo torna-se mais complexo (Alves et al., 2017). Estes sistemas apresentam várias ineficiências pela flexibilidade exigida, destacando-se a baixa produtividade, WIP e tempo de percurso elevado assim como a quantidade de defeitos, que muitas vezes apenas é detetada numa fase avançada do processo. A diversidade operatória torna os fluxos de materiais mais longos e complexos, sendo de esperar um baixo nível de serviço e consequentemente atrasos nas entregas ao cliente (Alves et al., 2015; Bhat, 2008; Black & Hunter, 2003).

Os SPOP são sistemas de produção mais eficientes, que permitem uma maior produtividade em relação aos SPOF e, uma vez que são focados no produto e na redução de desperdícios, representam os sistemas

de eleição da filosofia *Lean*, em particular as células de produção (Alves, 2007; Bhat, 2008; Black & Hunter, 2003).

2.5.2 Células de produção

As células de produção consistem na organização e agrupamento de recursos que permitam produzir de forma eficaz e eficiente uma família de produtos, sendo o fluxo da célula preferencialmente precedente e sequencial com o mínimo de transporte e esperas (Alves, 2007; Bhat, 2008). Uma família de produtos pode definir-se como um conjunto de produtos que apresentam similaridades entre si, ao nível do processo, montagem ou manipulação e que favorecem a sua fabricação conjunta. Exemplos dessas similaridades são a forma, a geometria, as dimensões e os materiais (Alves, 2007).

De acordo com Alves (2007) e Bhat (2008), as principais vantagens da implementação de sistemas de produção celulares são: redução do WIP e do tempo de atravessamento, minimização das distâncias percorridas, redução dos prazos de entrega (*Lead-Time*) e diminuição dos tempos de *setup* que possibilita a redução do tamanho do lote. Para além destes benefícios permite uma melhor utilização dos recursos (pessoas e máquinas) e do espaço disponível, aumenta a polivalência e diminui o absentismo. Alves (2014) destaca ainda benefícios intangíveis, tais como o maior envolvimento, motivação, compromisso e sentido de responsabilidade dos trabalhadores, o que permite um aumento da qualidade dos produtos e do processo. Por fim, a programação da produção torna-se menos complexa e mais fácil de controlar.

2.5.3 Projeto detalhado de células

O projeto e reconfiguração de sistemas de produção é um processo complexo e por isso é necessário seguir uma metodologia, como a GCD, sugerida por Alves (2007). Esta metodologia é constituída por três fases fundamentais: Projeto **G**enérico, Projeto **C**oncetual e Projeto **D**etalhado.

O projeto genérico consiste em identificar a configuração genérica do sistema de produção de acordo com os objetivos estratégicos da empresa. Esta decisão pode ser afetada por diversos fatores como a procura de mercado, prazos de entrega, variedade de produtos e grau de especialização da produção. Esta fase é composta por três atividades: o planeamento estratégico da produção, a análise da empresa e do mercado e a seleção da configuração genérica do sistema de produção.

No que diz respeito ao projeto concetual são seleccionadas as configurações concetuais de células de produção e, de acordo com a configuração selecionada, define-se o número de operadores e postos de trabalho necessários para a formação de um SPOP. Inicia-se nesta etapa, a formação de famílias de produtos e a afetação de máquinas a operações.

A última etapa corresponde ao projeto detalhado onde se instancia cada uma das configurações conceituais de células e postos de trabalho definidos anteriormente, detalhando-se o funcionamento do processo produtivo. Esta etapa envolve cinco atividades: 1) formação de famílias de produtos, 2) instanciação de células conceituais, 3) instanciação de postos de trabalho, 4) organização intracelular e controlo da célula e 5) arranjo integrado das células para formação do SPOP global, tal como se pode observar na Figura 8 e detalhadas de seguida.

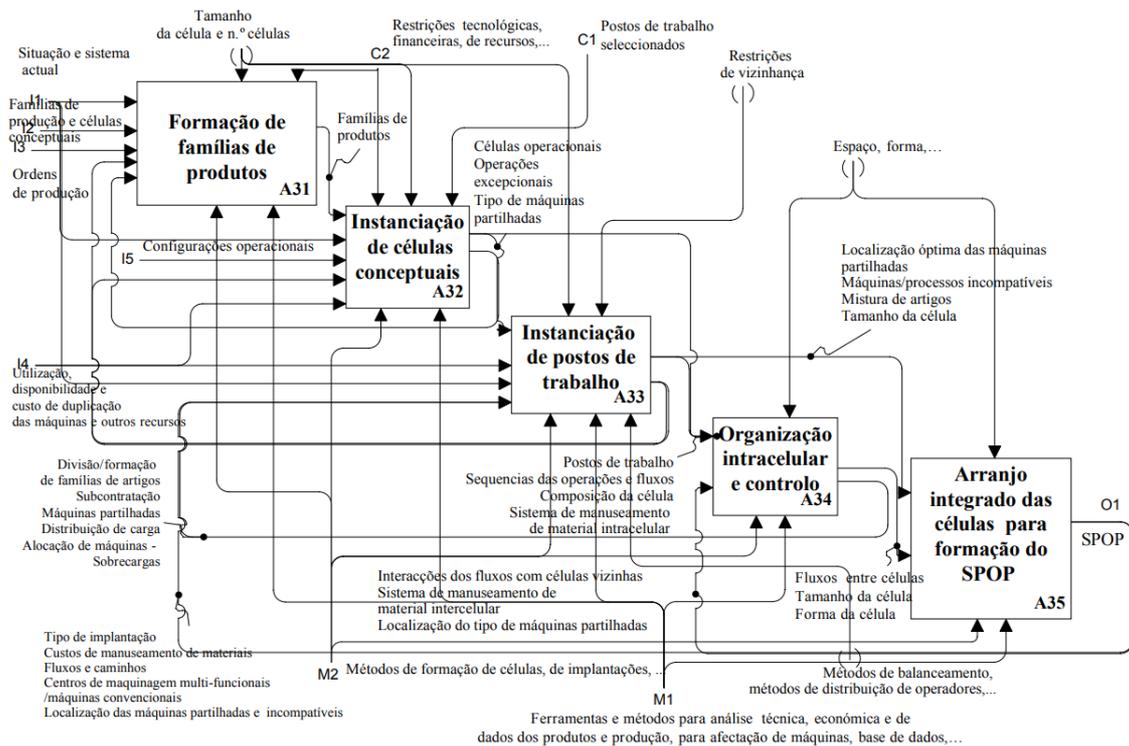


Figura 8 – Projeto detalhado de células
(retirado de (Alves, 2007))

- 1. Formação de famílias de produtos:** esta atividade consiste em agrupar os produtos de acordo com as suas similaridades de modo que sejam produzidos de forma conjunta e integrada na mesma célula. A forma, geometria, matéria-prima, componentes, processo de fabrico e ferramentas necessárias são algumas das características a considerar na formação das famílias de produtos (Alves, 2007).
- 2. Instanciação de células conceituais:** a segunda etapa compreende a seleção da configuração mais adequada, definindo fluxos e número de máquinas necessárias. De acordo com Alves (2007) é necessário seguir quatro passos: cálculo do número de máquinas, identificação dos fluxos intercelulares, definição dos fluxos das células e seleção da configuração operacional.

3. **Instanciação de postos de trabalho:** nesta fase são definidos concretamente o número de recursos necessários em termos de equipamentos e pessoas. A instanciação de postos de trabalho engloba três etapas: cálculo do número de operadores para cada célula, realização do balanceamento das células e afetação dos operadores às células. O balanceamento consiste na distribuição equilibrada da carga de trabalho entre todos os operadores, aumentando o desempenho do sistema de produção que passará a apresentar um fluxo contínuo de materiais e informação (Pinto, 2008). Para o balanceamento do sistema é necessário ter conhecimento de alguns fatores, tais como o *takt-time* e respetivo tempo de ciclo bem como o tempo total de trabalho de modo a distribuir equitativamente a carga de trabalho pelos diferentes postos. Para além disso é importante ter em conta as restrições de precedência entre operações, que se caracterizam como sendo restrições tecnológicas de natureza processual que obrigam a que determinadas tarefas sejam realizadas antes de outras (Scholl, 1999). Podem ainda existir restrições de vizinhança, designadas de restrições não tecnológicas que poderão aconselhar ou não a partilha de ferramentas (Alves, 2007). Com um sistema balanceado todos os postos de trabalho terão o mesmo tempo de ciclo, sendo este o mais próximo do *takt-time* sem nunca o ultrapassar (Pinto, 2008).
4. **Organização intracelular e controlo da célula:** esta atividade visa organizar a célula ao longo de três passos: definir a implantação intracelular, escolher o modo operativo e, por fim, sequenciar e lançar os produtos no momento e modo adequado (individualmente ou em lotes). As implantações intracelulares podem ser de vários tipos, como por exemplo em linha, em U ou em W de modo a minimizar as movimentações e transportes dentro da célula. No que diz respeito ao modo operativo, este consiste na melhor forma de afetar os operadores na execução das tarefas da célula. Para tal existe uma diversidade de estratégias como *working balance*, *rabbit-chase*, *toyota sewing system*, *baton-touch* e *bucket-brigades* (Alves, 2018).
5. **Arranjo integrado das células para formação do SPOP:** para que a última etapa fique concluída é necessário realizar duas tarefas distintas, mas relacionadas entre si, que são a definição da implantação intercelular de células e a integração e coordenação do SPOP global. A primeira consiste em determinar um fluxo entre as células e a segunda procura seleccionar um sistema de controlo da atividade produtiva, integrando e coordenando o SPOP global.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente capítulo apresenta a empresa onde foi desenvolvido o projeto de dissertação, a Gewiss Portugal – Indústria de material elétrico. Inicialmente é apresentada a história e evolução da empresa em termos de grupo Gewiss e Gewiss Portugal, seguindo-se a missão, visão e valores. Apresenta ainda a estrutura organizacional, produtos, clientes e fornecedores. Por fim, são descritas as principais áreas que compõem o sistema produtivo da Gewiss Portugal.

3.1 Grupo Gewiss

A Gewiss foi fundada em Itália pelo comendador Domenico Bosatelli no ano 1970. Com sede em Cenate Sotto (Figura 9), próximo da cidade de Bergamo (Milão), a Gewiss surgiu a partir da ideia de usar tecnopolímeros em instalações elétricas, tornando-as mais seguras. Tendo como pilar uma filosofia de desenvolvimento assente numa estrutura flexível com sólidos valores, a Gewiss focou-se na contínua evolução dos produtos e acompanhamento do mercado, sempre orientada pela inovação e qualidade, o que a permitiu crescer e alcançar mercados internacionais. A Gewiss começou por adquirir várias empresas europeias, sendo que a partir de 2005 consolidou a sua veia expansionista ao alcançar mercados na China, Rússia e Istambul.

Atualmente, a Gewiss é um grupo internacional que opera na Europa, Ásia e América do Sul, contando com seis locais de produção, dez empresas comerciais/serviços e um centro logístico em Itália onde são geridos os embarques para toda a Europa.



Figura 9 – Sede da Gewiss Itália

Com cerca de 1600 trabalhadores em todo o mundo, possui um catálogo com mais de quinze mil artigos onde fornece produtos nos ramos da domótica, energia, construção, iluminação e mobilidade elétrica.

Os principais marcos do grupo Gewiss são apresentados através de um cronograma na Figura 10.

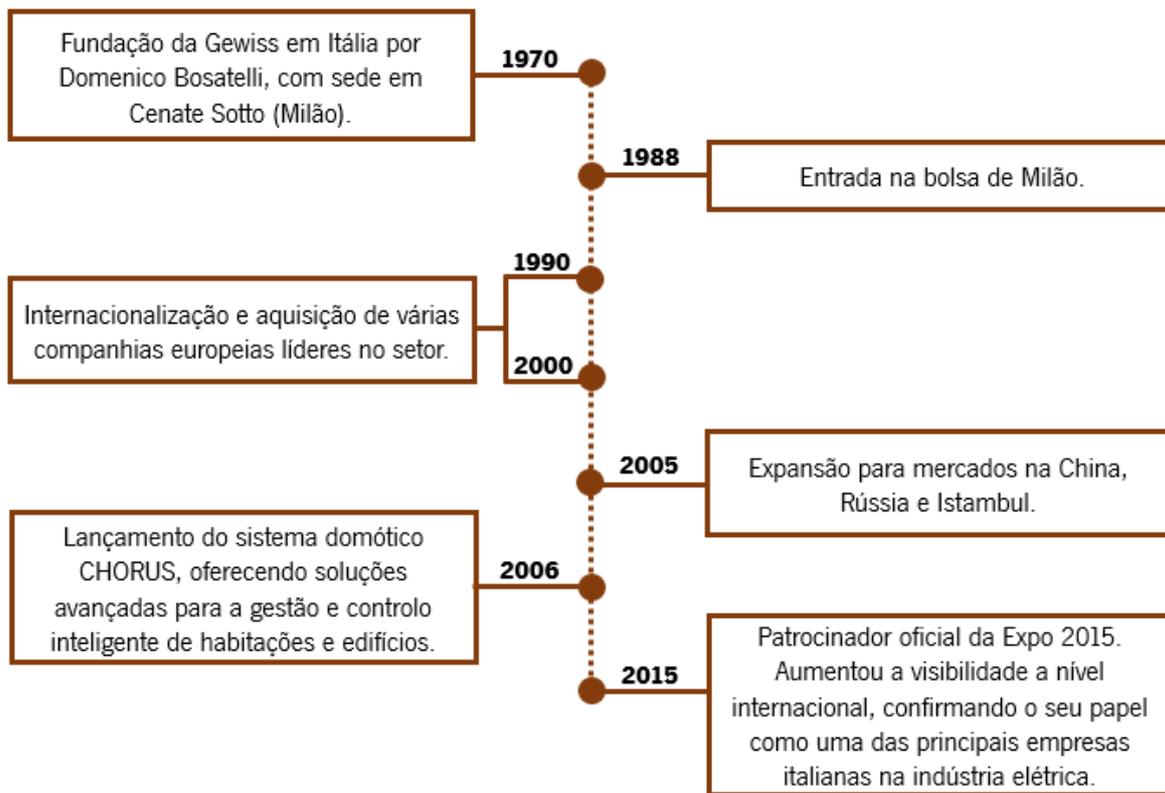


Figura 10 – Principais marcos históricos do grupo Gewiss

3.2 Gewiss Portugal

A Gewiss Portugal iniciou a sua atividade em 1993 sob a denominação “Schupa Elétrica, Lda.”, produzindo apenas material elétrico de baixa tensão na Zona Industrial de Penafiel. Seis anos depois foi adquirida pelo grupo Gewiss S.p.A passando a chamar-se “Gewiss Portugal – Indústria de Material Elétrico, Unipessoal, Lda.”, representada na Figura 11.



Figura 11 – Instalações da Gewiss Portugal

A empresa dedica-se à produção de dispositivos de corte e proteção elétricos, tanto residenciais como industriais ocupando uma área de 5000m². Está inserida no CAE com o número 27122 classificado como “Fabricação de material de distribuição e de controlo para instalações elétricas de baixa tensão”.

Conta com cerca de 230 trabalhadores muitos dos quais encontram-se na empresa há mais de quinze anos. O logótipo da empresa encontra-se na Figura 12.



Atualmente a Gewiss foca-se na melhoria contínua do seu sistema de produção através de um programa interno designado “Gewiss ON – Ligados ao futuro”, onde são aplicados conceitos *Lean*. Este programa permite que a empresa se desenvolva de forma eficiente e competitiva, sabendo gerir a mudança ao definir objetivos credíveis, realizáveis e partilhados. Na Figura 13 é possível analisar com mais detalhe os principais marcos históricos.

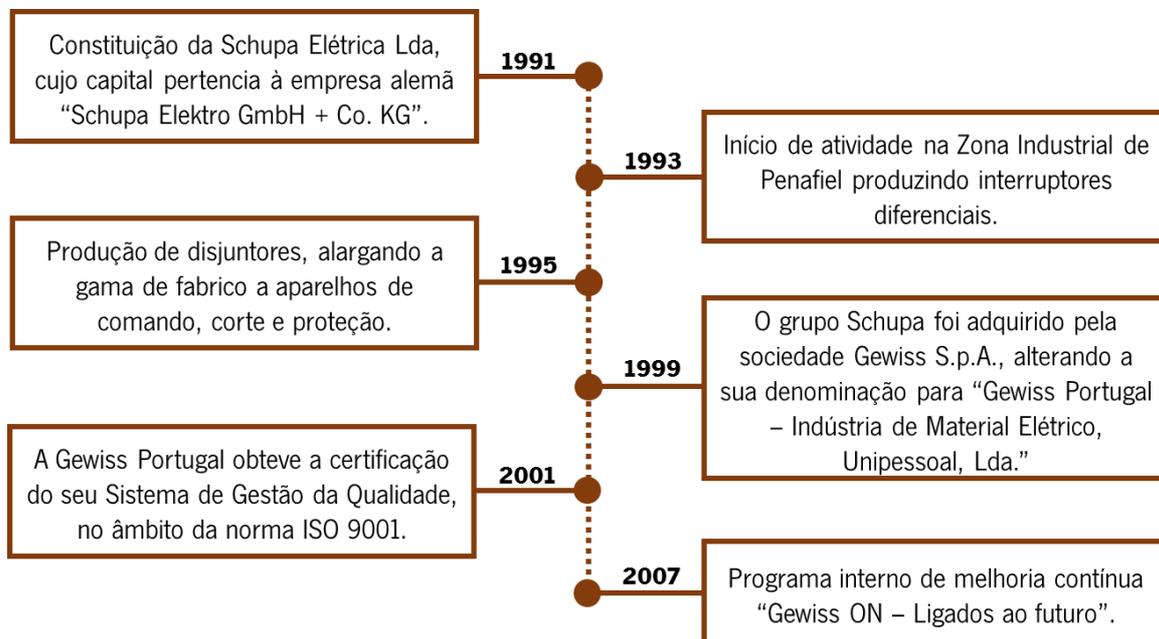


Figura 13 – Principais marcos históricos da Gewiss Portugal

3.3 Missão, Visão e Valores

A Gewiss tem como missão “criar valor para os clientes e para a equipa oferecendo soluções inovadoras e escaláveis para edifícios, indústrias e infraestruturas, capazes de ligar pessoas e coisas, melhorando a segurança e a qualidade de vida”. Com isto espera alcançar um lugar de referência sendo reconhecida como “uma empresa líder no setor, disponibilizando inovação com propósito para a sociedade”. A Gewiss é orientada por três valores apresentados na Figura 14.



Figura 14 – Valores da Gewiss

O primeiro valor, a integridade, está associado à responsabilidade, confiança e princípios éticos. No que diz respeito à cultura de excelência, inclui-se a constante vontade de melhorar e alcançar objetivos desafiantes, criando algo melhor todos os dias, explorando soluções inovadoras e valorizando o potencial de cada um. Por fim, a sustentabilidade está relacionada com a capacidade de reduzir desperdícios e gerir com eficiência os recursos humanos, naturais e financeiros. Desta forma, cria valor para as pessoas, clientes, comunidade e gerações futuras.

Na Gewiss Portugal cada colaborador é parte ativa na adoção de comportamentos responsáveis, éticos e sustentáveis, assumindo uma atitude positiva, pró-ativa e responsável na realização das atividades.

3.4 Estrutura organizacional

Em termos de estrutura organizacional, a Gewiss Portugal está dividida em duas grandes áreas: a direção administrativa (AFC) e a direção industrial (MAN). Por sua vez cada uma delas subdivide-se em vários departamentos que trabalham de forma integrada garantindo o correto funcionamento da empresa. O projeto em questão foi realizado no departamento de engenharia, mais especificamente na Engenharia de Processo. O organograma da Gewiss Portugal encontra-se na Figura 15.

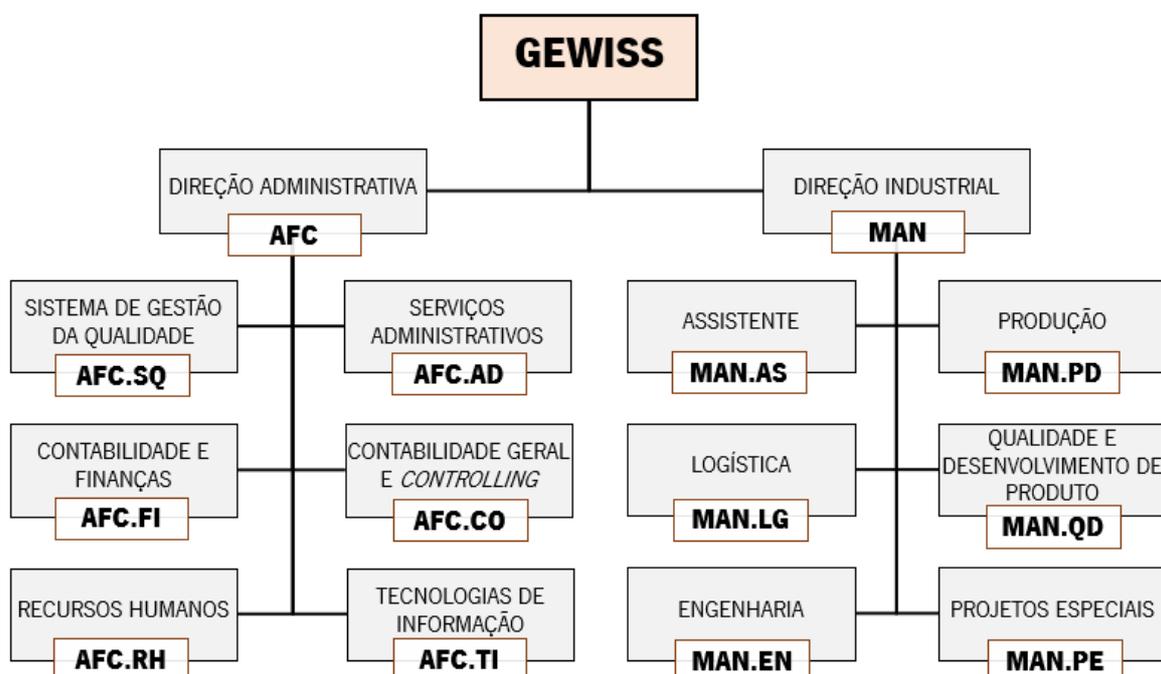


Figura 15 – Organograma da Gewiss Portugal

3.5 Produtos, clientes e fornecedores

A Gewiss Portugal produz material elétrico de comando, corte e proteção, utilizados tanto em ambientes industriais como residenciais. Os principais produtos podem ser divididos em quatro grupos:

interruptores diferenciais, disjuntores magneto-térmicos, disjuntores diferenciais e disjuntores *restart* (aparelho de rearmamento automático).

Os interruptores diferenciais têm como principal função proteger pessoas, animais e bens de choques elétricos. Um choque elétrico ocorre quando se entra em contacto com uma instalação elétrica sob tensão, provocando uma descarga para a terra. O corpo em contacto é condutor dessa descarga causando um defeito de corrente, que é detetado pelo diferencial, desligando a corrente. Na Figura 16 estão apresentados os aparelhos relativos a este grupo.



Figura 16 – Interruptores diferenciais

Os disjuntores magneto-térmicos permitem proteger instalações elétricas de sobrecargas de corrente e curto-circuitos. Na presença de uma sobrecarga, que pode ser provocada por excesso de aparelhos ligados em simultâneo, o corte da corrente é feito por um atuador térmico. No caso de ocorrer um curto-circuito, o corte é feito por meio de um atuador magnético. É possível encontrar na Figura 17 os aparelhos incluídos nesta categoria.



Figura 17 – Disjuntores magneto-térmicos

No que diz respeito aos disjuntores diferenciais, estes aparelhos conjugam a função dos aparelhos “interruptor diferencial” e “disjuntor magneto-térmico”, conferindo não só proteção de pessoas, animais e bens de choques elétricos, mas também sobrecargas de corrente e curto-circuitos em instalações elétricas. Na Figura 18 estão destacados os aparelhos que fazem parte deste grupo.

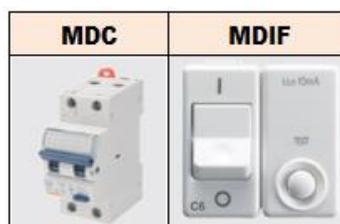


Figura 18 – Disjuntores diferenciais

Por fim, os disjuntores *Restart* têm a capacidade de rearmar automaticamente um circuito desde que as condições de segurança pré-definidas se verifiquem. Caso ocorra um corte de corrente elétrica provocado por picos de tensão na rede de distribuição, este aparelho testa o circuito e repõe automaticamente a corrente depois de verificar que não existe perigo para os utilizadores. É possível observar na Figura 19 os aparelhos inseridos nesta categoria.



Figura 19 – Disjuntores RESTART

Para além destes produtos, a Gewiss produz ainda sinalizadores, transformadores, blocos diferenciais e tomadas para calha DIN.

Todos estes produtos têm um único cliente, a casa-mãe “Gewiss S.p.A” em Itália, que receciona os produtos e envia para os respetivos clientes finais. No entanto, é importante referir que a empresa não produz apenas produtos da marca Gewiss, mas também de outras marcas em menores quantidades como a *Schneider*, *Siemens*, *Hager*, *ABB* e *Elko*, que são igualmente enviados para a casa-mãe e esta trata de expedir para os clientes. Da mesma forma, a casa-mãe envia a matéria-prima necessária constituindo assim o principal fornecedor da Gewiss Portugal.

3.6 Descrição geral das áreas de produção

O sistema de produção da Gewiss Portugal divide-se essencialmente em quatro áreas: nave 1, nave 2, nave 3 e armazém, tal como é possível verificar no *layout* apresentado na Figura 20.



Figura 20 – Layout geral da Gewiss Portugal

3.6.1 Nave 1 – Área produtiva

A área produtiva da nave 1 é constituída por nove linhas ou células de produção que se dedicam à bobinagem, montagem, testes e embalagem dos seguintes produtos: ATR, RMTOP, RD4, RDRM1, IDP4, IDP2, SD3, S2/S20, ST, MT/MTC, Seccionador e MDC. Existe ainda uma máquina responsável pela impressão digital de tampografias, que serão posteriormente incluídas nas outras linhas/células de produção.

3.6.2 Nave 2 – Laboratório de controlo de qualidade e expedição

A nave 2 é composta pelo laboratório de controlo de qualidade e pela zona de expedição. Os produtos acabados são transportados para a zona de expedição nas estantes respetivas, que ficam em espera até serem verificados pelo controlo de qualidade. Depois de aprovados pela qualidade, é da responsabilidade da expedição acondicionar devidamente os produtos e enviar para a casa-mãe. Para além disto fazem o registo do que está em cada palete e criam as chamadas “*packing list*” que acompanham os produtos. De acordo com a informação da “*packing list*”, a gestão de materiais prepara os documentos necessários para o transporte dos mesmos.

Para além destas, existem ainda três zonas: a área DSI (Desenvolvimento do Sistema Industrial) onde são armazenados os materiais usados na construção de postos de trabalho; uma secção com uma máquina destinada à impressão de botões necessários em alguns aparelhos e, por fim, uma outra secção constituída pela máquina responsável por montar bornes que serão posteriormente incorporados nas linhas do MDC.

3.6.3 Nave 3 – Área produtiva

Tal como a nave 1, a nave 3 é também uma área produtiva constituída por três células de produção responsáveis pela montagem, teste e embalagem dos produtos: MINI/MDIF, BD/BDHP e MTHP. Para além destas existe ainda uma zona designada “Linhas Pequenas (LP)” dedicada ao teste e embalagem de produtos que são montados por subcontratados.

3.6.4 Armazém

O armazém tem como responsabilidade a receção, validação e armazenamento de matérias-primas nos locais previamente especificados. Adicionalmente têm ainda como tarefa o abastecimento dos comboios logísticos, que por sua vez abastecem as áreas de produção de acordo com as rotas e horários pré-definidos.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo descreve a situação atual da célula bem como os principais problemas encontrados ao longo das observações diárias do chão de fábrica e dos dados documentais da empresa.

4.1 Tipos de produtos

Este projeto foi realizado na nave 3 mais precisamente na célula MINI/MDIF, que produzia disjuntores magneto-térmicos e diferenciais. Na Figura 21 são apresentados quatro aparelhos diferentes produzidos nesta célula.

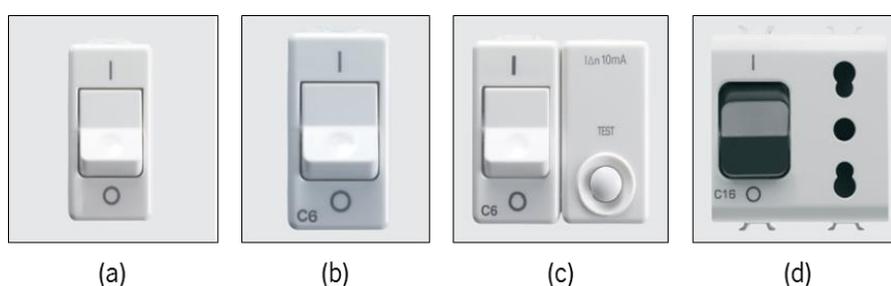


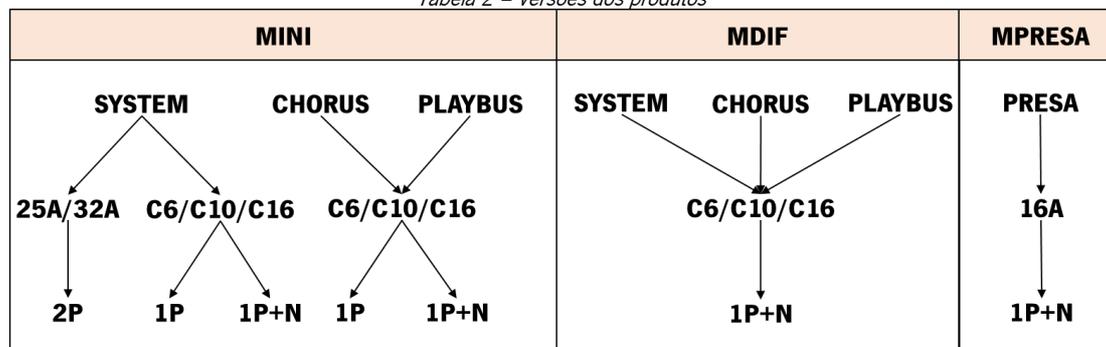
Figura 21 – (a) MINI 2P SYSTEM; (b) MINI 1P+N SYSTEM; (c) MDIF 1P+N SYSTEM; (d) MPRESA 1P+N

A célula em estudo já produziu 119 referências diferentes, 95 das quais foram produzidas em 2021, fazendo um total de 43433 artigos. As diferentes versões dos produtos podem ser designadas de MINI, MDIF e MPRESA, variando de acordo com:

- Tipologia: SYSTEM, CHORUS, PLAYBUS e PRESA;
- Amperagem: C6/C10/C16, 25A/32A e 16A;
- N° de polos: 1P, 1P+N e 2P.

Através do esquema da Tabela 2 é possível identificar as diferentes versões produzidas nesta célula. No Apêndice 1 é possível encontrar todas as possibilidades, tendo sido identificados 30 produtos diferentes.

Tabela 2 – Versões dos produtos



Tornou-se pertinente analisar a representatividade dos produtos na produção de 2021. Sendo assim, é possível encontrar no Apêndice 2 os dados referentes à produção de 2021 agrupados em termos de designação, tipologia, amperagem e número de polos.

Concluiu-se assim que, o MINI destacou-se com uma representatividade de 80,40% da produção de 2021, seguindo-se o MDIF com 18,56% e, por fim, o MPRESA apenas com 1,04%. A tipologia mais comum foi a SYSTEM representando 93,46% da produção total, contrastando com a tipologia CHORUS que apenas apresentou 4,69% de artigos produzidos em 2021. No que diz respeito às tipologias PLAYBUS e PRESA são muito pouco comuns, representando apenas 0,81% e 1,04%, respetivamente. Relativamente às amperagens, os produtos com amperagem C6/C10/C16 constituem 73,30% da produção de 2021, sendo as mais comuns. Apenas foram produzidos 25,66% de produtos com amperagens 25A/32A e 1,04% com amperagem 16A. No que diz respeito ao número de polos, os produtos com 1P+N destacam-se com 70,46% de artigos produzidos em 2021, seguindo-se os de 2P com 25,66%, sendo os de 1P os menos representativos, apenas com 3,88%.

É importante referir que os produtos MDIF são a junção de um MINI, com amperagens C6/C10/C16, com a parte diferencial da mesma tipologia. Os produtos MPRESA podem ser a junção de um MINI com uma PRESA ou um MDIF com uma PRESA.

4.2 *Layout e descrição da célula*

A célula MINI/MDIF identificada na Figura 22 possuía uma área total de 64,57m² dos quais 26,18m² correspondiam a área ocupada. No Apêndice 3 encontra-se o *layout* da secção com as respetivas medidas, juntamente com o cálculo das áreas livre e ocupada. Nesta célula trabalhavam 3 operadoras num turno das 8h às 17h, todas elas há cerca de 20 anos. A célula possuía ainda um líder que tinha como responsabilidade controlar a produção diária e realizar *setups* de algumas máquinas para as quais as operadoras não tinham formação. Caracterizava-se por ser a única onde nunca tinham sido desenvolvidos projetos *Lean*, sendo por isso um local onde se concentrava uma grande quantidade de desperdícios.

A célula MINI/MDIF era composta por 10 postos de soldadura, 5 postos de montagem, 11 postos de teste, 1 posto de acoplar e 1 posto de embalagem, representado no *layout* da Figura 22 com cores diferentes.

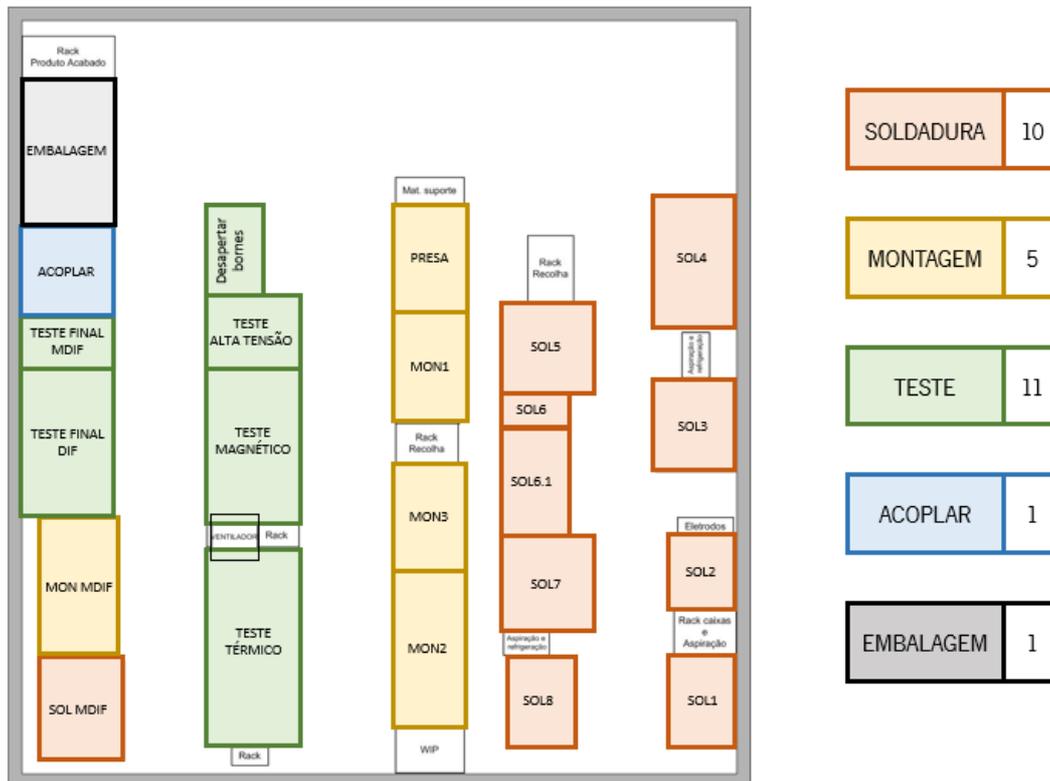


Figura 22 – Layout da célula

Através da Figura 23 é possível obter uma percepção real da célula. Os postos que se encontram à esquerda nomeadamente “SOL MDIF”, “MON MDIF”, “TESTE FINAL DIF”, “TESTE FINAL MDIF” e “ACOPLAR” eram exclusivamente utilizados para o processamento dos produtos MDIF, sendo todas as tarefas associadas a estes postos realizadas pela operadora 3. Para além destas tarefas, esta operadora por vezes auxiliava ainda nos outros testes bem como na embalagem. A operadora 1 era responsável pelas tarefas em todos os outros postos de soldadura assim como na montagem 1, teste magnético, teste de alta tensão, desapertar bornes e embalagem. No que diz respeito à operadora 2, esta era responsável pela realização das tarefas nos postos de montagem 1, 2 e 3 assim como o teste térmico. É importante referir que o posto PRESA apenas era utilizado quando se produzia um produto do tipo MPRESA, sendo nesse caso da responsabilidade da operadora 3.



Figura 23 – Célula MINI/MDIF

Em termos de equipamentos destacam-se máquinas de soldar, prensas, máquinas de teste, máquina de desapertar bornes, ferro de soldar, aparafusadoras, carimbos, leitor de código de barras, desenrolador de fita-cola, ventilador, pinças, alicates e seringas. No Apêndice 4 são apresentadas as quantidades existentes de cada equipamento, assim como o código correspondente e o local onde são utilizados. Salienta-se ainda o facto de que esta célula fazia uso de uma máquina de laser que se encontrava na nave 3, mas fora da célula tal como identificado no *layout* da Figura 24. Este posto de laser situava-se a cerca de 16,5m.

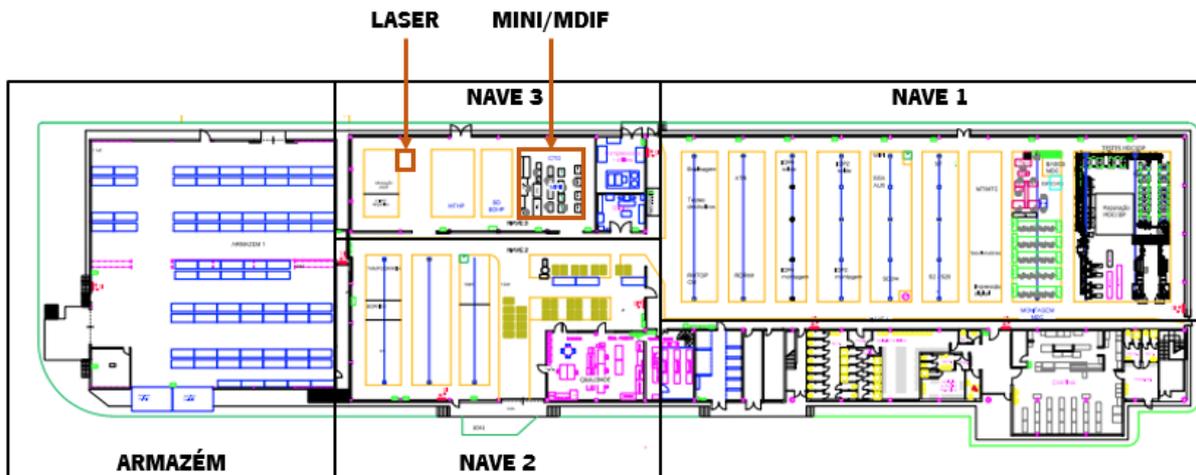


Figura 24 – Layout geral com identificação do local do laser

É importante realçar que as máquinas de soldar possuem elérodos que permitem a realização do processo de soldadura. Na Figura 25 encontra-se um posto de soldadura, no caso o SOL2, onde é possível identificar um eléetrodo presente na máquina.

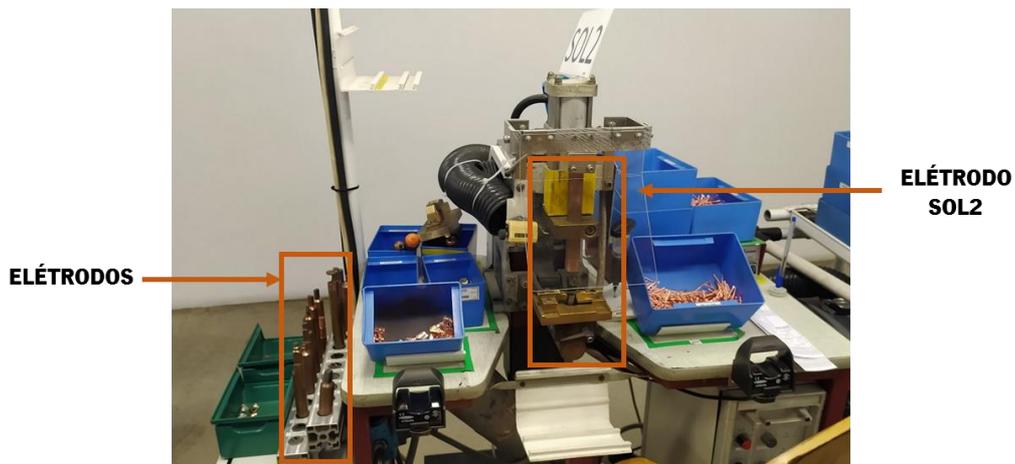


Figura 25 – Posto de soldadura SOL2 com indicação dos elérodos

Como se pode verificar pela imagem, ao lado deste posto estavam localizados todos os elérodos, apesar de corresponderem a um posto em específico. Neste sentido, foram identificados os postos aos quais pertenciam todos os elérodos bem como o código associado, que se resume no Apêndice 5.

Para além de equipamentos e eléctrodos, alguns postos tinham dispositivos *poka-yoke* incorporados que permitiam a colocação do componente na posição correta evitando erros. Na Figura 26 é possível encontrar um exemplo desses dispositivos incorporado no posto SOL4.

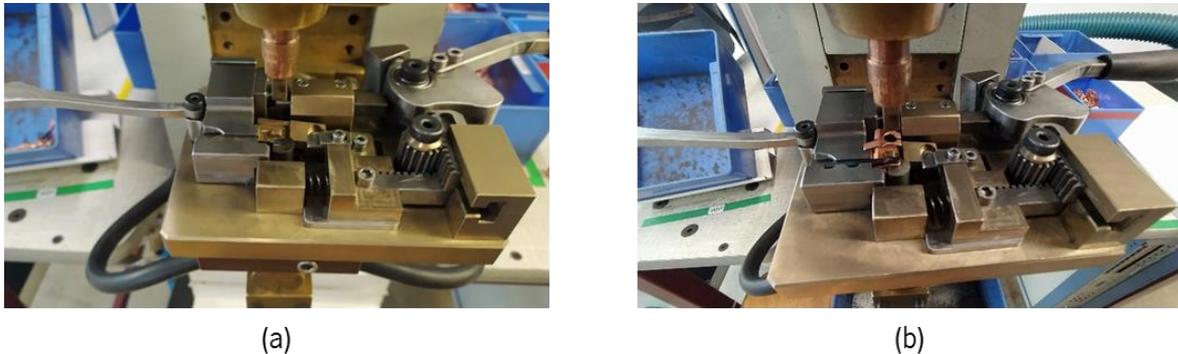


Figura 26 – (a) Dispositivo *poka-yoke* incorporado no SOL4; (b) Dispositivo com os componentes colocados

Para além deste posto, existiam outros que também possuíam este tipo de dispositivos, fazendo um total de 26 dispositivos espalhados por toda a célula. A identificação e localização de todos os dispositivos encontra-se no Apêndice 6.

4.3 Abastecimento de matéria-prima e recolha do produto final

O abastecimento de matéria-prima é realizado por um comboio logístico, designado de *petit-train*, ilustrado na Figura 27.



Figura 27 – *Petit-train*

Cada posto funciona segundo um sistema caixa cheia caixa vazia, onde as operadoras possuem duas caixas de matéria-prima e sempre que uma termina é colocada a caixa vazia no ponto de recolha passando a consumir a caixa que estava cheia.

Cada caixa apresenta um conjunto de informações importantes para o abastecimento por parte do operador logístico, detalhadas de seguida e ilustradas na Figura 28.

1. Localização da caixa – linha (MINI), posto de trabalho (SOLD - Soldaduras) e localização no posto de trabalho (M1.E – Máquina 1 à esquerda);
2. Código de barras e nº do componente;
3. Quantidade a colocar - em número (5000pçs) e peso (413g);
4. Tipo de contentor – L61.

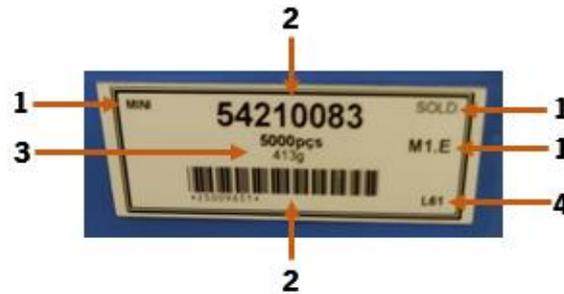


Figura 28 – Etiqueta de identificação dos contentores

Nesta célula existiam apenas dois pontos de recolha nos pontos A e B, representados no *layout* juntamente com a rota do *petit-train* ao longo da nave 3 (Figura 29). É importante referir que a rota apresentada não corresponde à que estava documentada.

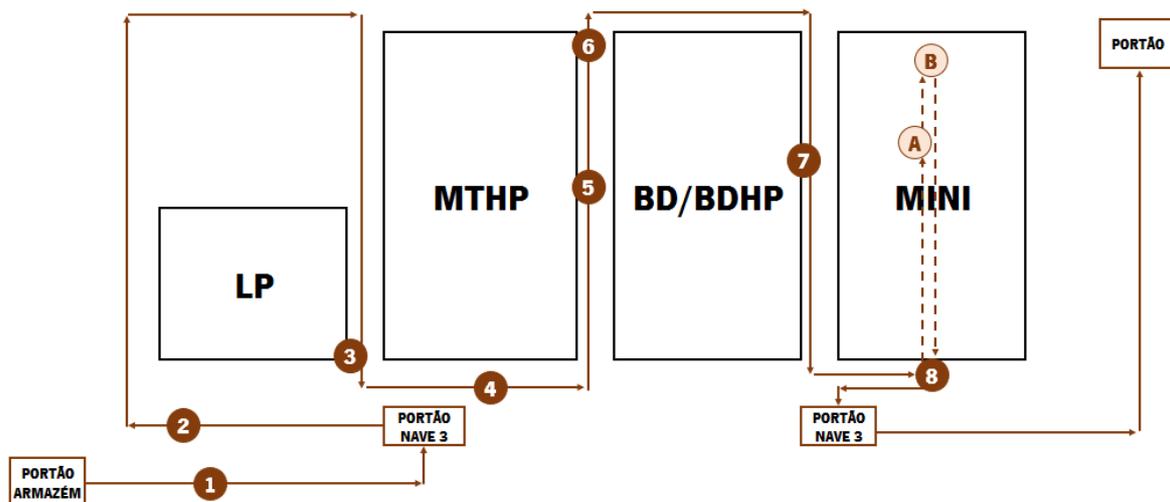


Figura 29 – Rota e pontos de paragem do *petit-train* na nave 3

O ponto de recolha A era utilizado apenas para a recolha dos componentes dos postos de montagem (MON1, MON2, MON3 e PRESA). Já o ponto de recolha B era utilizado para todos os restantes postos da célula, o que provocava elevadas movimentações das operadoras. Existiam alguns casos em que não eram colocadas as caixas vazias, mas sim o cartão com o código correspondente, nomeadamente placas ou reles utilizados no posto de montagem MON MDIF, ilustrados na Figura 30 (a). Existia ainda outra exceção que era o caso das caixas de cartão que possuem as tampas, bases ou interbases utilizadas nas montagens e que, quando terminavam, eram colocadas numa *rack* específica, à entrada do teste térmico, exemplificado na Figura 30 (b).

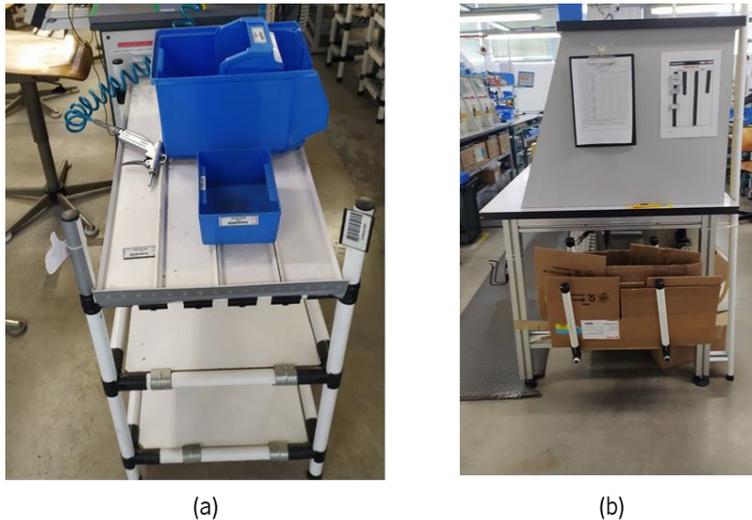


Figura 30 – (a) Ponto de recolha B; (b) Rack de recolha de caixas de cartão

A recolha das caixas vazias era feita a todas as horas pelo *petit-train*, que tinha a responsabilidade de pegar nas caixas vazias ou cartões que se encontrassem nos pontos de recolha, efetuar a leitura do código de barras e levar para o armazém. Na próxima recolha trazia as caixas cheias e colocava-as nos respetivos postos. Para além desta tarefa de abastecimento, o operador logístico tinha ainda a responsabilidade de colocar no posto SOL6.1. os tabuleiros vazios que a operadora utilizou no posto de montagem MON3, para voltarem a ser utilizados.

No que diz respeito à recolha do produto final, esta só ocorria a duas horas do dia, às 12h e às 17h por um operador diferente. Na célula ao lado “BD/BDHP” existia uma estante onde eram colocados os respetivos produtos finais. Nas horas indicadas anteriormente o operador vinha buscar essa estante que continha os produtos da célula BD/BDHP e colocava os produtos MINI que se encontrassem na recolha de produto final. Posteriormente levava para a nave 2 onde iam passar pelo controlo de qualidade e seriam expedidos. A rota do operador e a respetiva estante estão apresentadas na Figura 31.

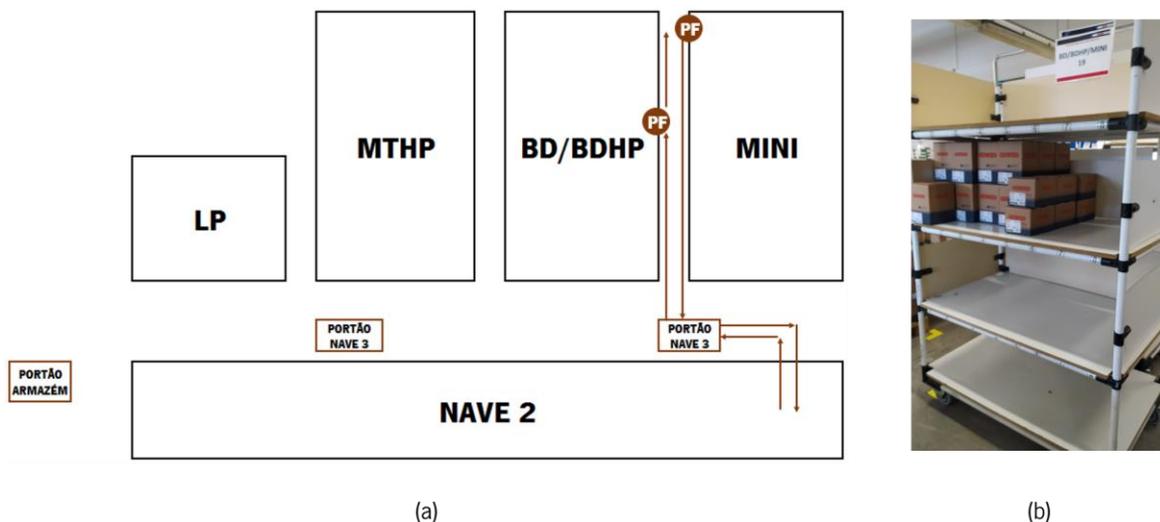


Figura 31 – (a) Rota e pontos de recolha de PF; (b) Estante de PF

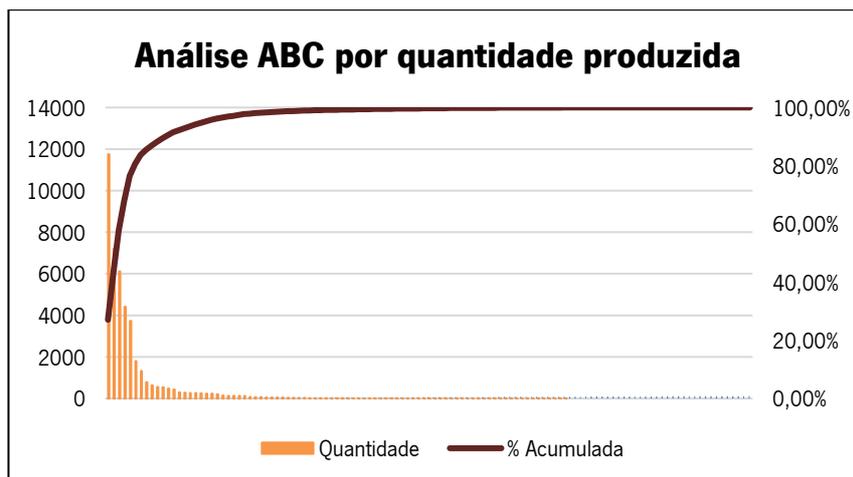


Figura 33 – Análise ABC por quantidade produzida dos produtos da célula MINI/MDIF

De acordo com esta análise, a classe A contém aproximadamente 5% de todos os códigos, ou seja, 6 produtos representam 80,63% da quantidade total produzida em 2021. No que diz respeito à classe B, esta é constituída por cerca de 12% dos códigos, o que perfaz 14 produtos com uma representatividade de 15,11% do total produzido. Por fim, a classe C engloba 83% dos códigos totais, o que significa que 99 produtos representam apenas 4,26% da totalidade. A Tabela 3 apresenta os produtos que constituem a classe A.

Tabela 3 – Produtos que constituem a classe A

Nº do artigo	ID	Tipologia	Amperagem	Nº Polos	Quantidade	% Individual	% Acumulada	Classe
1	MINI	System	C16	1P+N	11756	27,07%	27,07%	A
2	MINI	System	25A	2P	7200	16,58%	43,64%	
3	MINI	System	C10	1P+N	6120	14,09%	57,73%	
4	MDIF	System	C10	1P+N	4410	10,15%	67,89%	
5	MINI	System	32A	2P	3735	8,60%	76,49%	
6	MINI	System	C6	1P+N	1800	4,14%	80,63%	

Analisando os produtos que constituem esta classe é possível verificar que todos eles são da tipologia SYSTEM, o que já seria de esperar tendo em conta a análise apresentada no capítulo 4.1. Para além disso, desta classe fazem parte 5 produtos MINI, três deles com amperagens C6/C10/C16 todos de 1P+N, sendo os mais representativos. Existem ainda dois produtos MINI com amperagem 25A/32A, ambos de 2P. Para além dos produtos MINI, há ainda um produto MDIF que se inclui nesta classe, também da tipologia SYSTEM. Após uma análise aprofundada, foi possível perceber que a família MINI 2P SYSTEM apresenta algumas irregularidades, sendo produzida poucas vezes, mas em grandes quantidades. No entanto, por ter um processo diferente foi também alvo de estudo ao longo desta dissertação. Com esta análise foi possível distinguir as três famílias de artigos que foram estudadas com mais pormenor: família MINI 1P+N SYSTEM, família MINI 2P SYSTEM e família MDIF 1P+N SYSTEM.

Neste sentido, é apresentado de seguida os componentes, a gama operatória, processo de produção e fluxo de materiais para cada uma das famílias.

4.5.1 Família MINI 1P+N SYSTEM

Esta secção apresenta os componentes, a gama operatória e processo produtivo, assim como o fluxo de materiais da família MINI 1P+N SYSTEM.

4.5.1.1 Componentes

A família MINI 1P+N SYSTEM é constituída por produtos cujas características diferem apenas na amperagem, o que implica a necessidade de alguns componentes diferentes de acordo com essa amperagem, no entanto o processo produtivo é exatamente igual. Na Figura 34 é ilustrado o MINI 1P+N SYSTEM de amperagem C16.



Figura 34 – MINI 1P+N SYSTEM C16

Na Figura 35 encontram-se os componentes assim como as quantidades necessárias para produzir um aparelho desta tipologia.

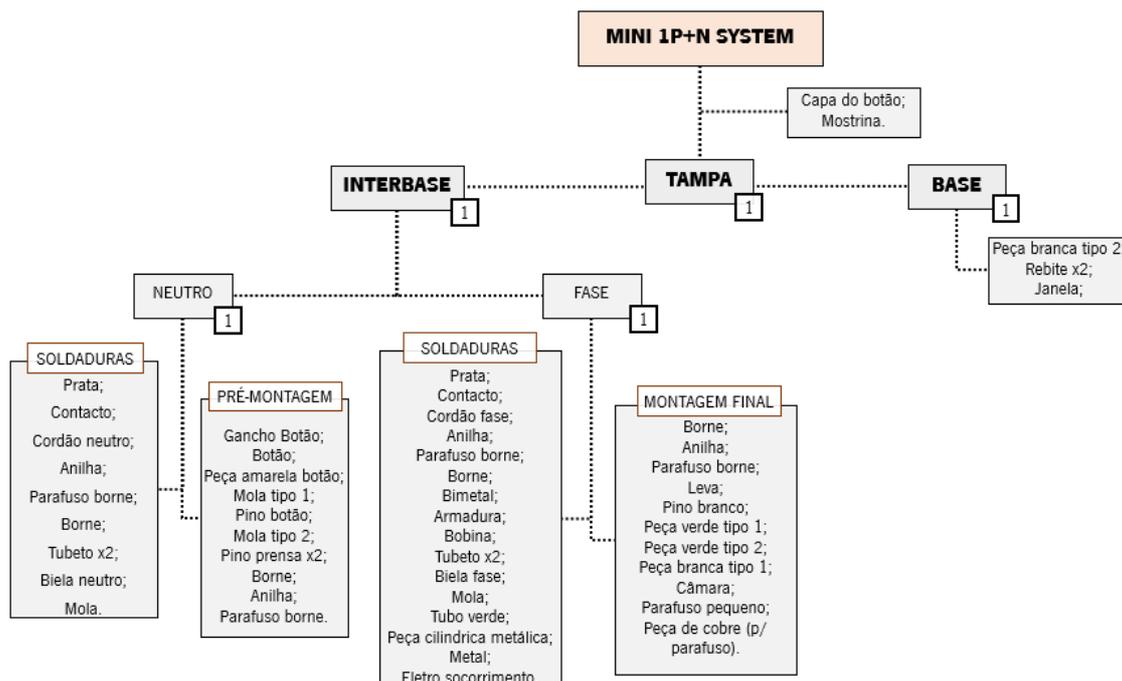


Figura 35 – Componentes e quantidades de um aparelho MINI 1P+N SYSTEM

Para além destes componentes é ainda necessário embalar o produto, sendo necessários os componentes listados de seguida na Tabela 4.

Tabela 4 – Componentes e quantidades da embalagem MINI 1P+N SYSTEM

COMPONENTES EMBALAGEM MINI 1P+N SYSTEM	
Designação	Quantidade
Etiqueta cinza	1
Etiqueta caixa individual	1
Etiqueta caixa intermédia	1
Etiqueta caixa exterior	1
Caixa individual	1
Caixa intermédia	1
Caixa exterior	1
Fita-cola	1

Tal como foi mencionado no início desta secção, os produtos que fazem parte desta família diferem apenas em alguns componentes de acordo com a respetiva amperagem, nomeadamente o bimetálico, a bobina, a mola do conjunto fase e o botão, tal como apresentado na Tabela 5. Salienta-se o facto de que estes componentes não constam na EIL, ficando à responsabilidade da operadora saber a sua distinção.

Tabela 5 – Componentes diferentes dependendo da amperagem

	COMPONENTES DIFERENTES - AMPERAGEM		
	6A	10A	16A
BIMETAL			
BOBINA			
MOLA (Conjunto fase)			
BOTÃO			

4.5.1.2 Gama operatória e processo produtivo

Apresentados os componentes segue-se a explicação de como são processados para chegar ao produto final. No Apêndice 8 encontra-se a gama operatória completa, com indicação do posto de trabalho onde cada operação é realizada. A operadora começa por verificar a EIL para saber a quantidade e os componentes que precisa de acordo com a tipologia a produzir. Normalmente um *kit* é constituído por 30 aparelhos, sendo produzidos todos em lote.

O processo inicia no posto SOL1 onde é feita a soldadura do contacto à prata com auxílio de uma pinça. A operadora coloca a prata na parte superior do contacto, devendo ficar com o lado mais liso voltado para cima. Tendo em conta que um produto possui neutro e fase é necessário realizar esta operação em duplicado, uma vez que é igual em ambos. Desta forma obtém-se o primeiro conjunto representado na Figura 36 (a) que segue para o posto SOL2 em contentores L60, ilustrado na Figura 36 (b).

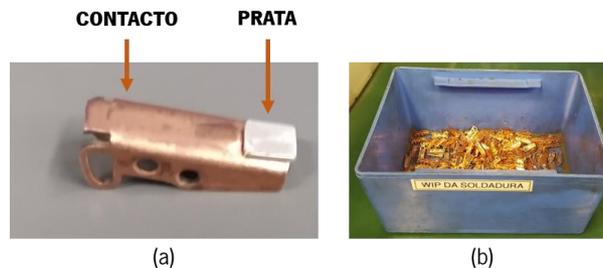


Figura 36 – (a) Conjunto obtido no SOL1; (b) Contentor de transporte L60

No posto SOL2 procede-se à soldadura do cordão ao contacto. É importante referir que os cordões têm tamanhos diferentes dependendo se são neutro, mais compridos, ou fase, mais curtos. No entanto, o processo é exatamente o mesmo. Como terão processos diferentes a partir deste posto, os conjuntos são colocados em contentores separados e transportados para o posto SOL3. Na terceira soldadura, ocorrem duas operações diferentes: a soldadura do cordão ao borne no caso do conjunto neutro e a soldadura do cordão ao bimetal no caso do conjunto fase. Para tal é necessário realizar a troca dos elétrodos através de um processo de *setup* a cargo da operadora. Salienta-se ainda o facto de que os bornes necessários no posto SOL3 são previamente montados em grandes quantidades no posto de montagem MON1. Na Figura 37 são apresentados os processos realizados nos postos SOL2 e SOL3.

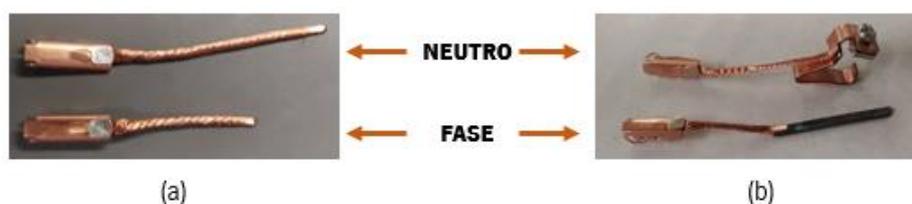


Figura 37 – (a) Conjunto obtido no SOL2; (b) Conjunto obtido no SOL3

Os postos de trabalho SOL4 e SOL5 são usados exclusivamente para os conjuntos fase, e por isso o contentor que possui os neutros é colocado no posto SOL6.1, ficando a aguardar o processamento nos dois postos. No SOL4 efetua-se a soldadura do bimetal à armadura sendo estes conjuntos colocados num contentor que se encontra dividido ao meio, ilustrado na Figura 38 (a). A outra metade da caixa é utilizada para colocar os conjuntos soldados no SOL5. Neste posto solda-se a bobina ao borne, também ele previamente montado em quantidades elevadas no posto de montagem MON1. A Figura 38 (b) e Figura 38 (c) ilustra os dois processos realizados nestes dois postos.

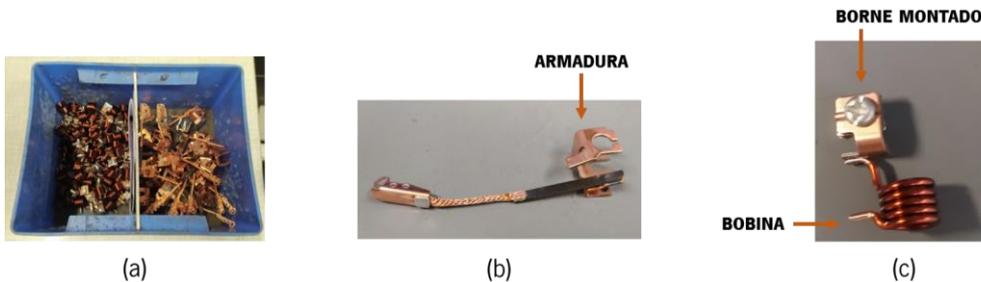


Figura 38 – (a) Contendor dividido; (b) Conjunto obtido no SOL4; (c) Conjunto obtido no SOL5

De seguida, a operadora coloca as bobinas no posto SOL6.1 que ficam a aguardar, enquanto procede à cravação das bielas no posto SOL6, necessária tanto no conjunto neutro como no conjunto fase. A operadora começa por inserir dois tubetos na prensa, de seguida insere a biela no conjunto e crava. Tendo em conta que as bielas são diferentes dependendo se são neutro ou fase, a operadora precisa de trocar a caixa. Por falta de espaço estas caixas não se encontram no respetivo posto, levando consequentemente à adoção de posturas inadequadas aquando da sua troca. É de referir que a EIL não apresenta o tipo de biela a utilizar, ficando a cargo da operadora a sua distinção. O conjunto obtido no posto SOL6 é apresentado na Figura 39.



Figura 39 – Conjunto obtido no SOL6

Depois de cravadas as bielas em todos os conjuntos, estes são submetidos a dois processos no posto SOL6.1: a inserção da mola em todos os conjuntos e montagem da bobina nos conjuntos fase, ilustrados na Figura 40 (b) e Figura 40 (c). Após inserida a mola em todos os conjuntos, os neutros não passam por mais nenhuma operação nas soldaduras, no entanto são colocados num tabuleiro, onde ficam a aguardar a montagem da bobina nos conjuntos fase. Estes por sua vez são colocados no mesmo tabuleiro dois a dois como é possível verificar na Figura 40 (a). É de salientar que este posto é designado de soldadura 6.1, mas corresponde a um posto de montagem.

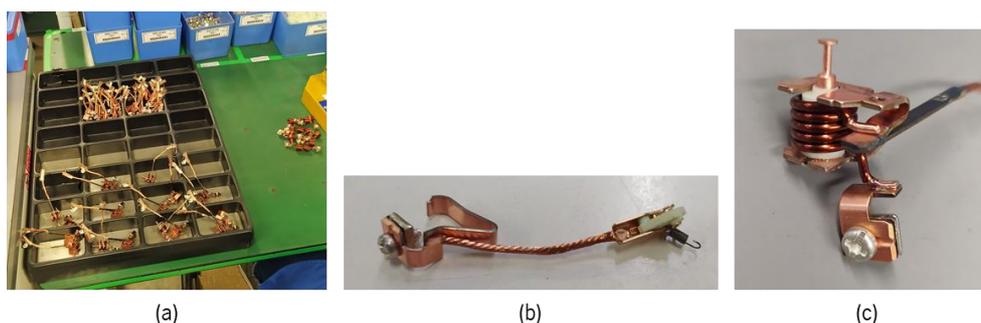


Figura 40 – a) Tabuleiro à saída do posto SOL6.1; (b) Inserção da mola; (c) Bobina montada

Após montada a bobina, a operadora transporta o tabuleiro para o posto SOL7, colocando também um novo tabuleiro vazio, que serve para colocar os conjuntos que são soldados neste posto. Sendo assim, a operadora solda a bobina à armadura e vai colocando no tabuleiro vazio, como ilustrado na Figura 41.

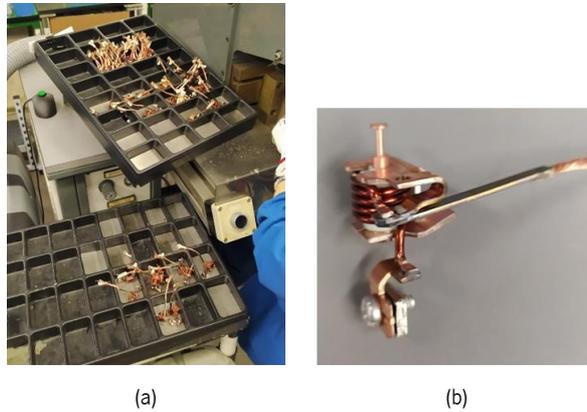


Figura 41 – (a) Tabuleiros à saída do posto SOL7; (b) Conjunto obtido no SOL7

Posteriormente o tabuleiro com os conjuntos acabados de soldar são colocados no posto SOL8 juntamente com o tabuleiro de neutros. Neste posto procede-se à soldadura do eletro socorrimento, colocando o conjunto no tabuleiro dos neutros, tal como demonstrado na Figura 42.

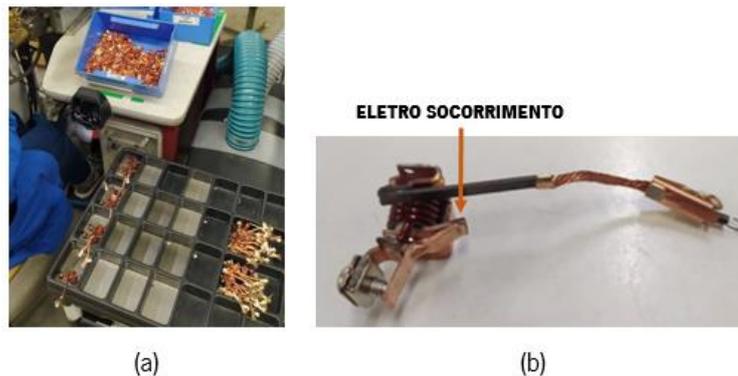


Figura 42 – (a) Tabuleiro de neutros; (b) Conjunto obtido no SOL8

Terminadas as soldaduras, a operadora coloca o tabuleiro na entrada da montagem MON2, ilustrado na Figura 43, e volta à soldadura SOL8 para colocar o tabuleiro que ficou vazio numa *rack* por baixo do posto SOL6.1, para ser usado novamente.



Figura 43 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON2

A próxima etapa é a pré-montagem do aparelho realizada no posto de montagem MON2, onde se utilizam os conjuntos neutros soldados anteriormente. A operadora verifica a EIL para saber qual a tipologia do produto e consequentemente os componentes a utilizar. De modo a facilitar a compreensão é ilustrado na Figura 44 as diferentes operações realizadas na pré-montagem do aparelho. É importante referir que, mais uma vez, os bornes colocados na interbase são montados previamente no posto de montagem MON1, da mesma forma que na montagem final.

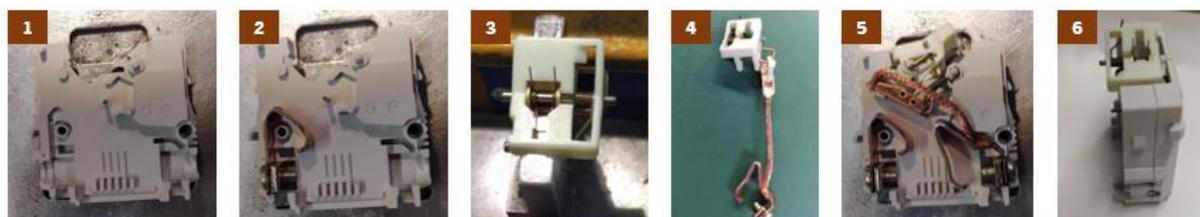


Figura 44 – Pré-montagem MINI 1P+N SYSTEM

Terminada a pré-montagem dos 30 aparelhos estes seguem para o posto de montagem MON3, acondicionados num tabuleiro juntamente com os conjuntos fase tal como ilustrado na Figura 45.



Figura 45 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON3

Nesta etapa do processo, procede-se à montagem final do aparelho, apresentada na Figura 46 através de uma sequência de imagens representativas das várias etapas do processo.

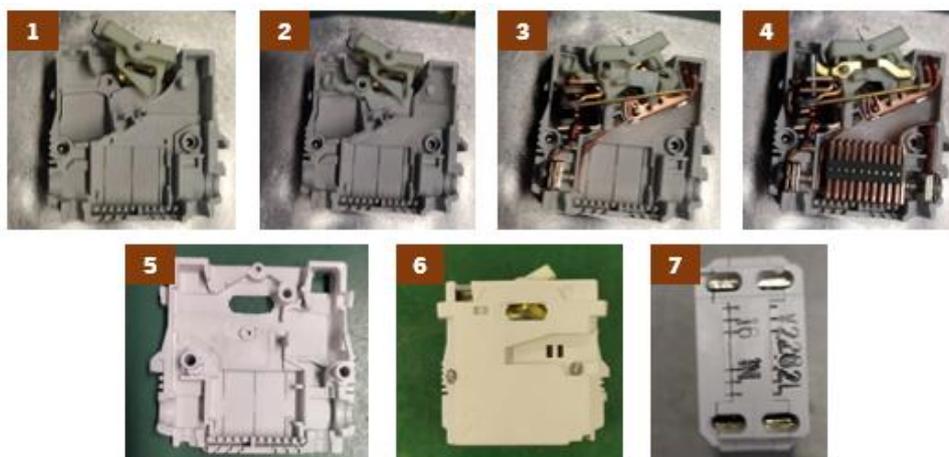


Figura 46 – Montagem final MINI 1P+N SYSTEM

À medida que são montados, estes aparelhos vão sendo colocados num novo tabuleiro ao lado da operadora, apresentado na Figura 47, e que permitirá transportá-los para a zona dos testes e posteriormente para todos os outros postos até à embalagem.

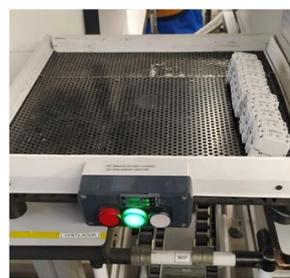


Figura 47 – Tabuleiro à saída do posto de montagem MON3

O primeiro teste é o teste térmico, composto por 4 máquinas, apresentadas na Figura 48 (a). Este teste tem como função a proteção contra sobrecargas. A operadora seleciona o programa “pré-ajuste” e coloca um aparelho em cada uma das cavidades. Caso o aparelho passe no teste a operadora coloca o lacre assim como a letra que lhe é correspondente, ilustrado na Figura 48 (c). No entanto, sempre que os aparelhos não passam neste teste, têm de ficar a arrefecer no ventilador (Figura 48 (b)) por, pelo menos, meia hora, uma vez que o teste térmico provoca a expansão do bimetal. Só depois de arrefecidos é que podem voltar a ser testados.



(a)



(b)



(c)

Figura 48 – (a) Teste térmico; (b) Ventilador; (c) MINI com lacre e letra

O próximo teste designa-se de teste magnético (Figura 49 (a)) e permite garantir a proteção de curto-circuitos. Neste posto é inserido um componente designado “janela” enquanto o teste de outro aparelho está a decorrer.



(a)



(b)

Figura 49 – (a) Teste magnético; (b) Aparelho sem janela vs. com janela

O teste de alta tensão é o último e tem como função garantir a segurança verificando se o circuito se encontra fechado. É possível testar os aparelhos em lotes de 4, tal como se verifica na Figura 50.

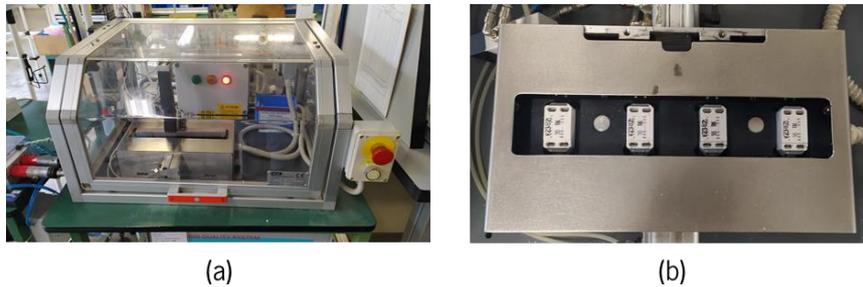


Figura 50 – (a) Teste de alta tensão; (b) Cavidades do teste de alta tensão

Depois de passarem em todos os testes, são desapertados os bornes dos aparelhos no posto “Desapertar bornes”, apresentado na Figura 51 e transportados para a embalagem.

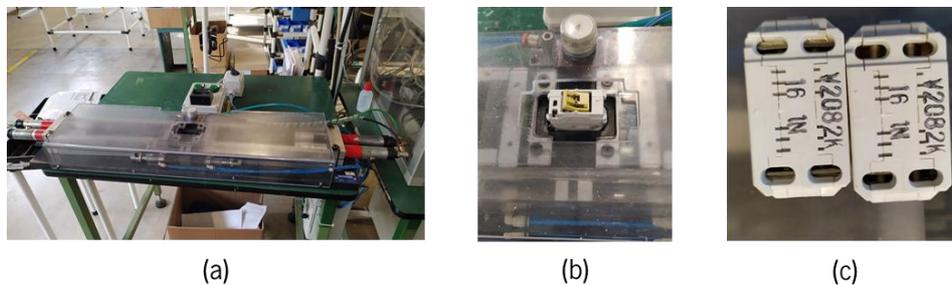


Figura 51 – (a) Desapertar bornes; (b) Cavidade para colocação do aparelho; (c) Bornes apertados vs. desapertados

A embalagem é o último posto de trabalho pelo qual passam os aparelhos. Inicialmente é colocada a capa do botão em todos os aparelhos e posteriormente prensada individualmente. De seguida é colocada a mostrina e encaixada fazendo força com os polegares. Esta mostrina passa previamente no laser onde é impresso o desenho associado ao produto.

Posteriormente é feita a inspeção visual, onde se pegam em 7 aparelhos simultaneamente para verificar se todos se encontram com os bornes desapertados e com o carimbo correto. Após inspeção visual, procede-se à colocação das etiquetas cinza em todos os aparelhos. Cada aparelho é colocado numa caixa individual, levando uma etiqueta na parte exterior da caixa.

De seguida os aparelhos são colocados numa caixa intermédia que contém 15 aparelhos cada, sendo colada também uma etiqueta intermédia. Por fim, as duas caixas intermédias são colocadas numa caixa exterior, que é montada e carimbada pela operadora. Da mesma forma que nas outras caixas, esta também leva uma etiqueta exterior que possui o código de barras que irá permitir a entrada direta no sistema interno da Gewiss. Uma vez no sistema, esta caixa é colocada na *rack* de produto final, sendo recolhida tal como explicado no capítulo 4.3. Na Figura 52 são detalhadas as diferentes operações realizadas na embalagem.



Figura 52 – Embalagem MINI 1P+N SYSTEM

4.5.1.3 Fluxo de materiais

De modo a facilitar a compreensão do processo produtivo é apresentado de seguida o fluxo de materiais entre os diversos postos de trabalho. Tal como é possível verificar na Figura 53, distinguem-se 5 fluxos.

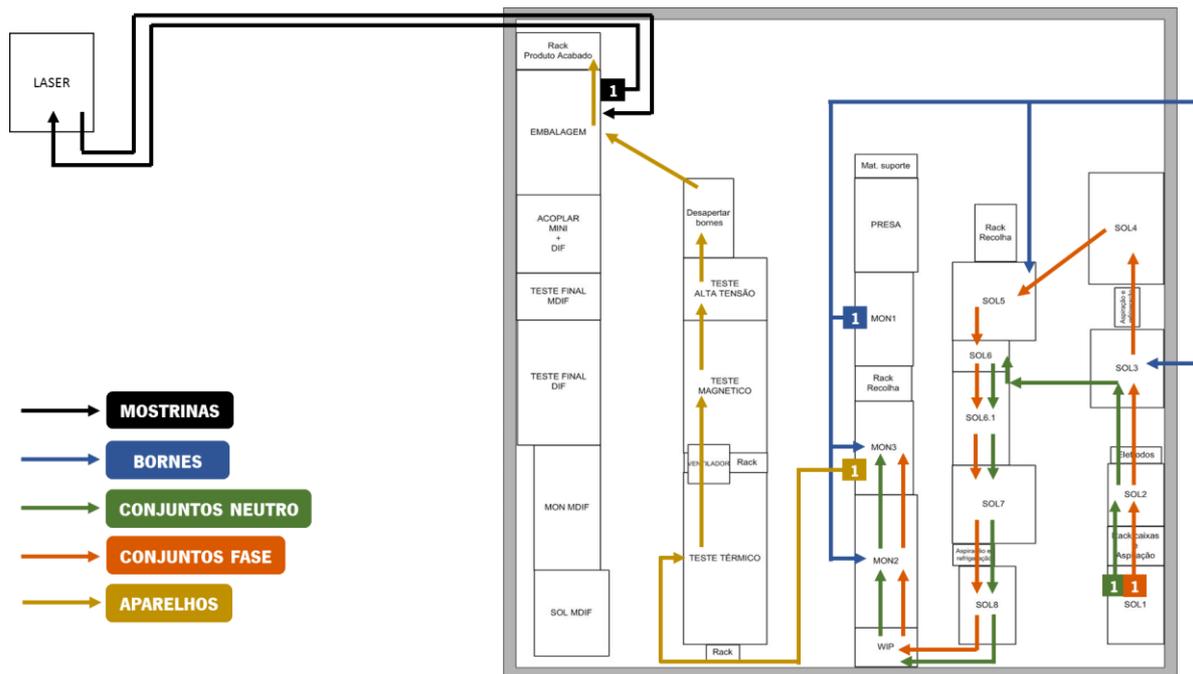


Figura 53 – Fluxo de materiais MINI 1P+N SYSTEM

O fluxo das mostrinas representado a preto inicia na embalagem com a preparação das mostrinas para levar para o laser. Depois de impresso o desenho nas mostrinas, estas voltam para a embalagem onde ficam armazenadas até serem necessárias. Com a cor azul está representado o fluxo de bornes que após serem processados no posto de montagem MON1 abastecem os postos de soldadura SOL3 e SOL5, assim como os postos de montagem MON2 e MON3. Os fluxos dos conjuntos neutro e fase iniciam no

posto de soldadura SOL1, diferindo após o posto SOL3, onde os neutros ficam em espera no posto SOL6.1 enquanto os fase passam pelos postos SOL4 e SOL5. Acabam por se juntar novamente no posto SOL6, seguindo juntos num tabuleiro até ao posto de montagem MON3. Por fim, destaca-se o fluxo de aparelhos que corresponde aos aparelhos já montados após a montagem final no posto MON3.

No Apêndice 9 é possível encontrar o diagrama de análise de processo, que representa a sequência das operações necessárias para se obter um produto desta tipologia, assim como o diagrama de sequência de material, que permite analisar a distância e tempo percorrido por um aparelho. De modo a tornar-se visualmente perceptível, as cores e os números indicados em cada etapa permitem identificar e quantificar cada tipo de atividade, respetivamente. Os tempos representados no diagrama são o resultado do estudo de tempos realizado pela autora, uma vez que se encontravam desatualizados, assunto que será abordado mais detalhadamente aquando da análise do balanceamento no capítulo 4.6.4.

Na Figura 54 é apresentada uma conclusão desta análise, onde se percebe a elevada quantidade de atividades que não acrescentam valor principalmente transportes. Conclui-se assim que um aparelho MINI 1P+N SYSTEM apresenta 1 armazenamento de produto final, 18 transportes, 8 pontos de acumulação de *stock* e 4 controlos, contrastando com apenas 19 operações que realmente acrescentam valor ao produto. Desta forma, o aparelho precisa de um total de 857,7 segundos, ou seja, 14,30 minutos, percorrendo 71,57 metros. Destaca-se o facto de que os transportes representam 57% do tempo total, o que significa que 8,2 minutos são desperdiçados apenas em transportes.

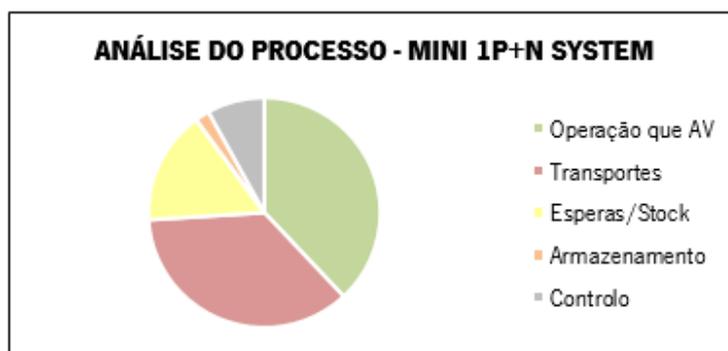


Figura 54 – Análise do processo - MINI 1P+N SYSTEM

4.5.2 Família MINI 2P SYSTEM

Esta secção apresenta os componentes, a gama operatória e processo produtivo, assim como o fluxo de materiais da família MINI 2P SYSTEM.

4.5.2.1 Componentes

A família MINI 2P SYSTEM, representada na Figura 55, é constituída por produtos cujos componentes são exatamente os mesmos, mas por serem para clientes diferentes possuem códigos diferentes.



Figura 55 – MINI 2P SYSTEM

Os componentes assim como as quantidades necessárias para produzir um aparelho MINI 2P SYSTEM estão apresentados na Figura 56. É notório que este produto apresenta menos componentes quando comparado com a tipologia MINI 1P+N SYSTEM principalmente nas soldaduras fase e na montagem final, sendo a pré-montagem muito idêntica.

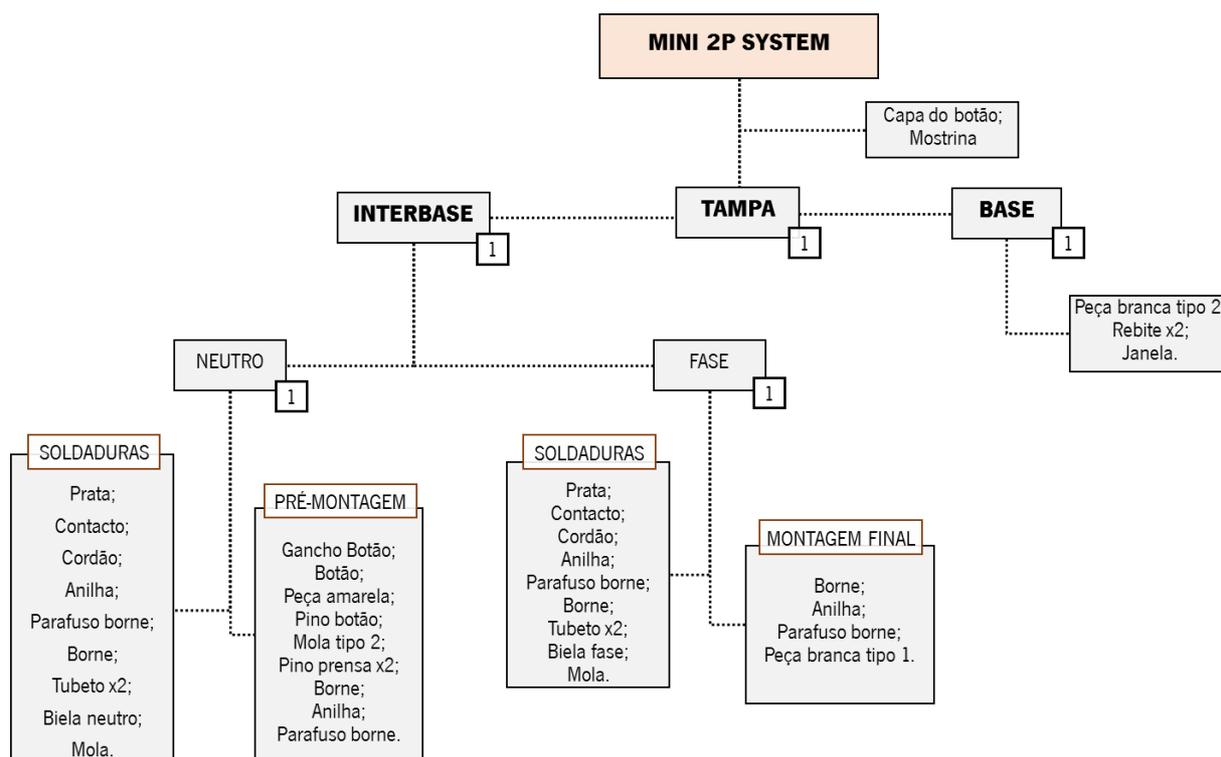


Figura 56 – Componentes e quantidades de um aparelho MINI 2P SYSTEM

No que diz respeito à capa do botão e à mostrina, são exatamente iguais à família MINI 1P+N SYSTEM em termos de formato, diferindo apenas no que está impresso. Também a embalagem é igual, sendo necessários exatamente os mesmos componentes listados anteriormente na Tabela 4. Não existem diferenças em termos de componentes entre os produtos desta família.

4.5.2.2 Gama operatória e processo produtivo

Tal como na tipologia anterior, após a apresentação dos componentes é descrito o processo produtivo, sendo possível consultar no Apêndice 10 a gama operatória completa. Este produto apresenta um processo mais simples quando comparado com a tipologia anterior.

No caso de o lote produzido anteriormente pertencer à família MINI 1P+N SYSTEM é necessário realizar a troca das máquinas SOL1, SOL2 e SOL5 através de um processo de *setup* realizado pelo líder de célula devido à falta de formação das operadoras para realizar o mesmo.

O processo produtivo do MINI 2P SYSTEM inicia no posto SOL1 com a soldadura do contacto à prata, tal como na tipologia anterior, diferindo apenas no contacto que, em vez de ser de cobre, é de prata. Também é feita em duplicado pelo facto de existir o neutro e a fase. De seguida são transportados num contentor para o posto SOL5 onde é soldado o cordão ao contacto, tendo todos os cordões o mesmo comprimento. É de salientar que nesta etapa existe bastante desperdício de pasta de solda uma vez que esta é colocada em grande quantidade numa tampa, tal como se verifica na Figura 57. A cada soldadura é retirado um pouco de pasta de solda com o cordão que será posteriormente soldado, o que demonstra ser um processo pouco eficiente dado que a quantidade colocada em cada cordão é variável, sendo por vezes insuficiente ou em excesso. Para além disso é visível a falta de normalização dado que em todos os outros processos de soldadura que necessitam de pasta de solda, esta é retirada de uma seringa que permite uma dosagem mais adequada e sem desperdício.



Figura 57 – Desperdício de pasta de solda

Após soldado o cordão ao contacto procede-se à soldadura do cordão ao borne no posto SOL2. Ressalva-se o facto de que os bornes diferem na cor e no formato, sendo o neutro prateado e o fase dourado, não estando especificado na EIL e ficando novamente a cargo da operadora saber distinguir. Por este motivo são transportados separadamente em dois contentores. Após soldar o borne, é feita a cravação das bielas no posto SOL6, seguindo para o posto de montagem MON1 onde se procede à montagem dos bornes. Por fim, o processo de soldadura termina no posto SOL6.1 onde é feita a inserção da mola em todos os conjuntos. As diferentes etapas do processo estão representadas no esquema da Figura 58.



Figura 58 – Sequência de etapas MINI 2P SYSTEM

Uma vez concluídas todas as tarefas de soldadura os conjuntos seguem no mesmo tabuleiro para o posto de montagem MON2 tal como representado na Figura 59.

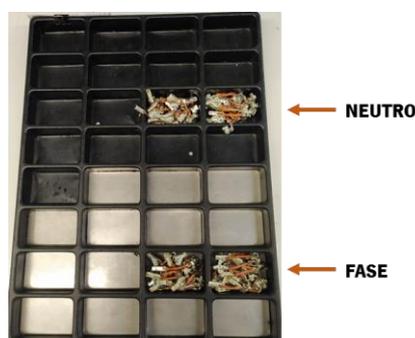


Figura 59 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON2

Na montagem, tal como nas soldaduras, no caso de o lote produzido anteriormente ser MINI 1P+N SYSTEM é necessário trocar as caixas de bases, interbases e tampas, algumas delas encontrando-se atrás dos postos, numa zona de difícil acesso.

No posto de montagem MON2 realiza-se a pré-montagem do aparelho, apresentada na Figura 60, utilizando os conjuntos neutros soldados anteriormente. Esta etapa apresenta um conjunto de operações muito semelhante à tipologia anterior, salientando-se o facto de que o botão utilizado neste aparelho é sempre o mesmo independentemente da tipologia.



Figura 60 – Pré-montagem MINI 2P SYSTEM

Uma vez pré-montados os aparelhos, estes seguem para a montagem final no mesmo tabuleiro juntamente com os conjuntos fase, tal como ilustrado na Figura 61.



Figura 61 – Tabuleiro à entrada do posto de montagem MON3

Neste posto procede-se à montagem final do aparelho, utilizando os conjuntos fase que se encontram no tabuleiro. Através da sequência de imagens representativa desta parte do processo, presente na Figura 62, é possível reconhecer a diferença de componentes utilizados na montagem final comparativamente à tipologia MINI 1P+N SYSTEM.

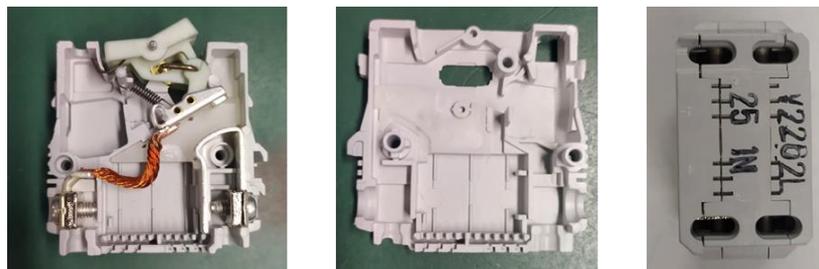


Figura 62 – Montagem final MINI 2P SYSTEM

Depois de montados, os aparelhos seguem num tabuleiro igual ao que é utilizado na tipologia anterior (Figura 47) para o posto de desapertar bornes, onde vão passar por três processos: inserção da janela, teste do aparelho num dispositivo específico e desaperto dos bornes. O dispositivo de teste desta tipologia de aparelhos é incorporado no posto de desapertar bornes, representado na Figura 63, sendo o único teste pelo qual passa.

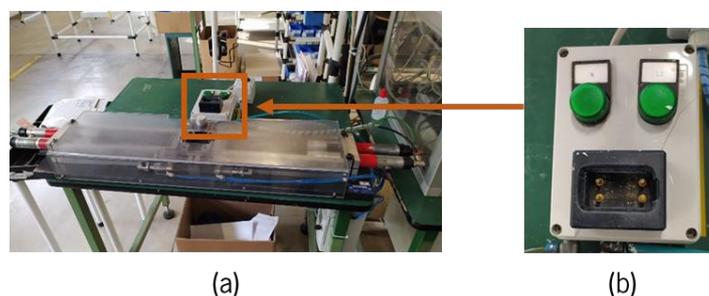


Figura 63 – (a) Posto de desapertar bornes; (b) Teste MINI 2P SYSTEM

Posto isto segue-se a embalagem do aparelho da mesma forma e com os mesmos componentes descritos detalhadamente na tipologia anterior.

4.5.2.3 Fluxo de materiais

Tendo em conta o cruzamento de fluxos e fluxos inversos existentes, e de modo a facilitar a compreensão, é apresentado na Figura 64 o fluxo de materiais, destacando-se 4 fluxos distintos.

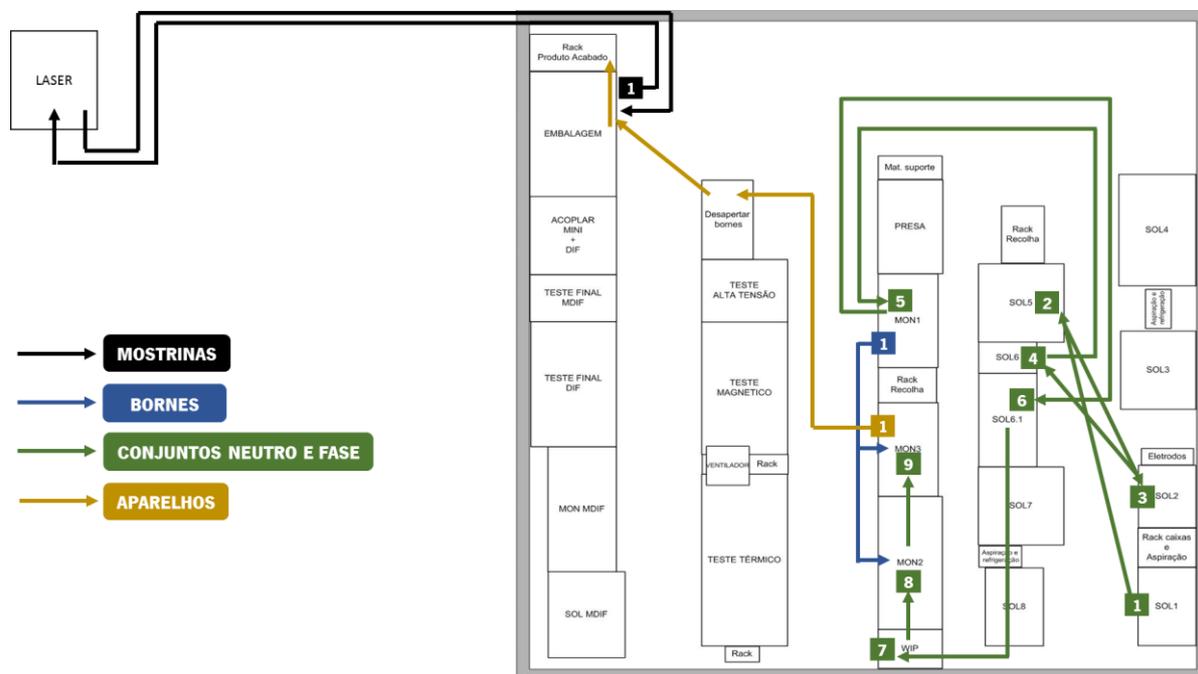


Figura 64 – Fluxo de materiais MINI 2P SYSTEM

O fluxo de mostrinas não difere em relação à tipologia anterior, no entanto todos os outros são diferentes. O posto de montagem MON1 apenas processa antecipadamente os bornes para os postos de montagem MON2 e MON3, sendo que os bornes utilizados nas soldaduras são incorporados ao longo do processo de soldadura. Neste caso, os conjuntos neutro e fase apresentam o mesmo fluxo e por isso são representados a verde. Da mesma forma que na tipologia anterior, a amarelo encontra-se o fluxo de aparelhos, correspondendo aos aparelhos após a montagem final no posto de montagem MON3. É notória a elevada quantidade de cruzamentos e movimentações, sendo necessário utilizar números para melhor se perceber a ordem dos fluxos.

Posto isto, foi realizado o diagrama de análise de processo, representativo da sequência operatória desta tipologia de aparelhos, assim como o diagrama de sequência de material, sendo possível a sua consulta no Apêndice 11. Na Figura 65 é apresentada uma conclusão desta análise, onde é possível perceber que os transportes também representam um problema.

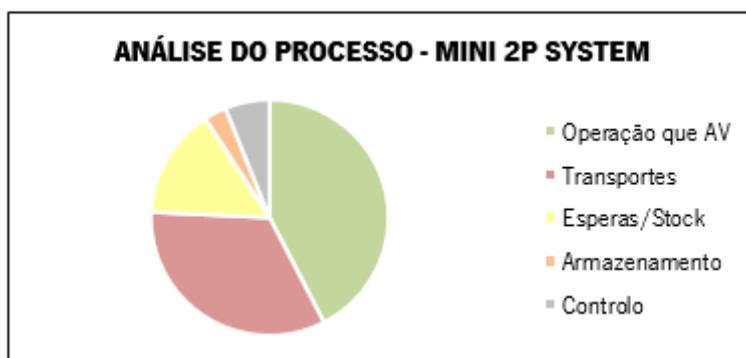


Figura 65 – Análise do processo - MINI 2P SYSTEM

Conclui-se assim que um aparelho MINI 2P SYSTEM apresenta 1 armazenamento de produto final, 11 transportes, 5 pontos de acumulação de *stock* e 2 controlos, contrastado com 14 operações que realmente acrescentam valor ao produto. Desta forma, o aparelho precisa de um total de 416,5 segundos, ou seja, 6,94 minutos, percorrendo cerca de 83,6 metros. Do tempo total mencionado anteriormente, destaca-se o facto de 34% ser gasto em transportes. Comparando com a tipologia anterior, é possível concluir que apesar de ter um processo mais rápido e simples, percorre uma distância muito maior, cerca de 12 metros a mais por cada aparelho.

4.5.3 Família MDIF 1P+N SYSTEM

Esta secção apresenta os componentes, a gama operatória e processo produtivo, assim como o fluxo de materiais da família MDIF 1P+N SYSTEM.

4.5.3.1 Componentes

Os produtos MDIF, tal como referido no início do capítulo 4.1., correspondem à junção de um MINI com a parte diferencial da mesma tipologia, designada de DIF. Na Figura 66 está ilustrado um aparelho MDIF 1P+N SYSTEM com amperagem C16.



Figura 66 – MDIF 1P+N SYSTEM C16

O MINI que é acoplado difere apenas no componente “janela” que não é incorporado na tampa, no entanto o processo de produção e componentes são exatamente os mesmos. Neste sentido, e para

facilitar a compreensão, são apenas apresentados na Figura 67 os componentes necessários para produzir a parte diferencial.

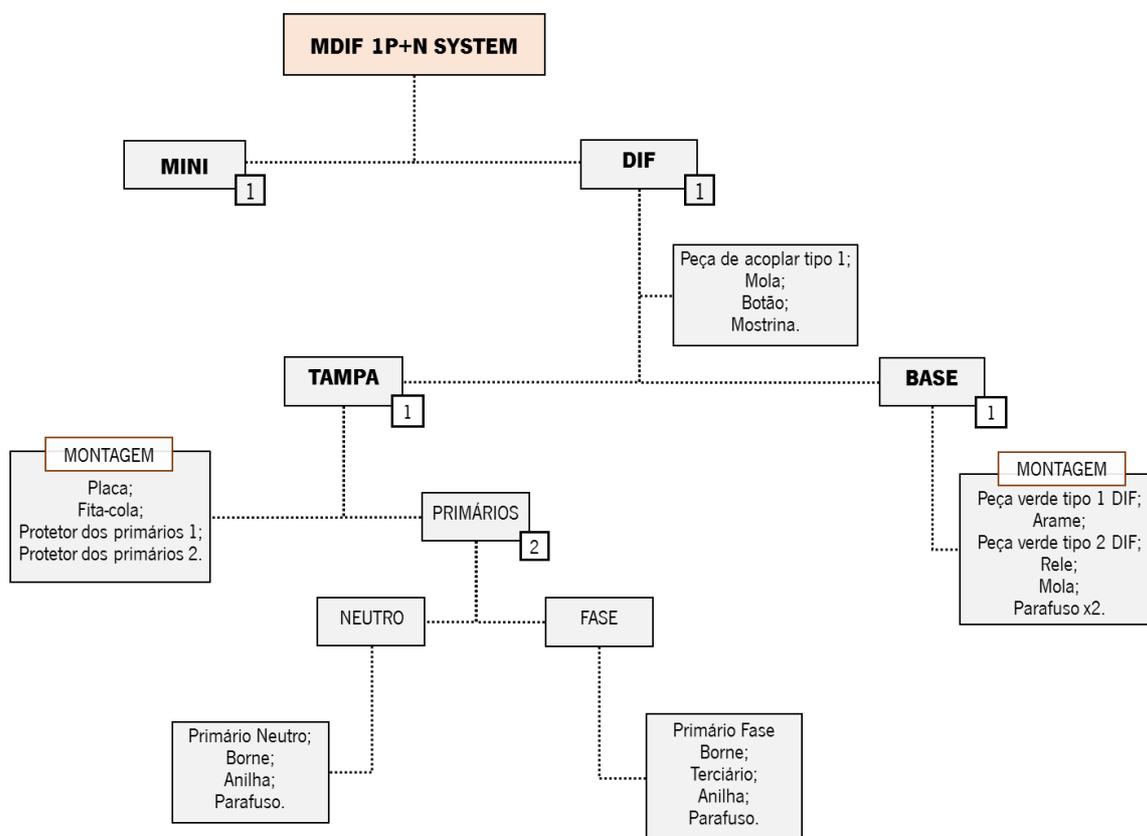


Figura 67 – Componentes e quantidades do MDIF 1P+N SYSTEM

A embalagem desta tipologia de produtos necessita dos componentes listados na Tabela 6.

Tabela 6 – Componentes da embalagem MDIF 1P+N SYSTEM

COMPONENTES EMBALAGEM MDIF 1P+N SYSTEM	
Designação	Quantidade
Etiqueta cinza	1
Etiqueta caixa individual	1
Etiqueta caixa exterior	1
Manual	1
Caixa individual	1
Caixa exterior	1
Fita-cola	1

4.5.3.2 Gama operatória e processo produtivo

Apresentados os componentes necessários para produzir a parte diferencial, segue-se a explicação do processo produtivo. No Apêndice 12 é possível encontrar a gama operatória com indicação do posto de trabalho onde é feita cada operação.

O processo inicia no posto de soldadura SOL MDIF onde é feita a soldadura dos primários, ilustrada na Figura 68 (a). No caso dos primários neutros apenas é soldado o borne ao primário, enquanto nos primários fase é enrolado o terciário no primário e só depois é feita a soldadura ao borne. Uma vez soldados os primários estes são transportados em contentores separados para o posto de montagem MON1 onde se procede à montagem dos bornes, ilustrada na Figura 68 (b).

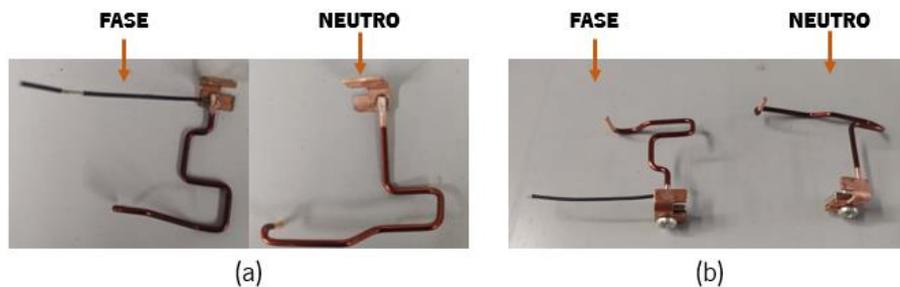


Figura 68 – (a) Primários soldados no SOL MDIF; (b) Primários com bornes montados no MON1

De seguida são novamente transportados para a montagem MON MDIF onde se procede à montagem do aparelho na sua totalidade, ilustrada na Figura 69. À medida que é montado, o aparelho é colocado no posto ao lado para ser testado.



Figura 69 – Montagem da parte diferencial

Uma vez concluída a montagem, a próxima etapa é testar o aparelho nas três cavidades de teste disponíveis. Este teste tem como função testar a corrente do aparelho. Através da Figura 70 (a) é possível verificar a existência de quatro cavidades, no entanto a última corresponde ao teste do aparelho acoplado, designada de teste MDIF. Os aparelhos a testar encontram-se no posto tal como apresentado na Figura 70 (b), salientando-se o facto de não estarem acondicionados da forma mais segura.



Figura 70 – (a) Teste DIF e Teste MDIF; (b) DIF a aguardar teste

Após testada a parte diferencial, esta é acondicionada numa caixa de cartão na zona de acoplar onde será colocado o lacre e o carimbo, ficando a aguardar a produção do MINI, tal como ilustrado na Figura 71.



Figura 71 – DIF a aguardar pelo MINI

Uma vez concluída a produção do MINI, as duas partes serão acopladas através das peças de acoplar de cor laranja que se encontram em cada parte. Na Figura 72 (a) é possível identificar as duas partes separadamente enquanto na Figura 72 (b) encontra-se o produto acoplado e pronto a ser testado.

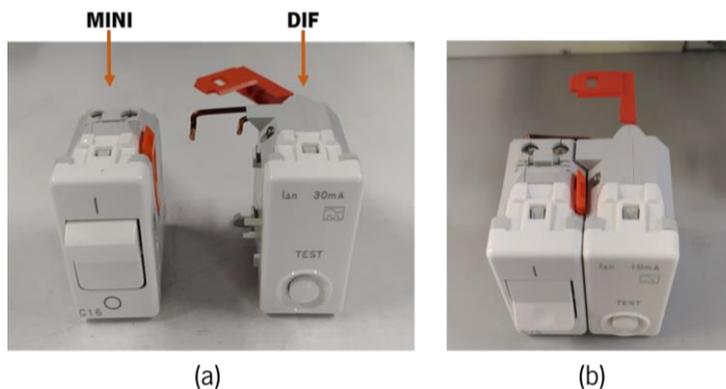


Figura 72 – (a) MINI + DIF separados; (b) MINI + DIF acoplados

Depois de acoplado é feito o teste ao botão na última cavidade da máquina de teste (Figura 73 (a)). Posteriormente é terminado o encaixe das peças de acoplar e desapertados os bornes, ilustrado na Figura 73 (b) e Figura 73 (c), respetivamente.

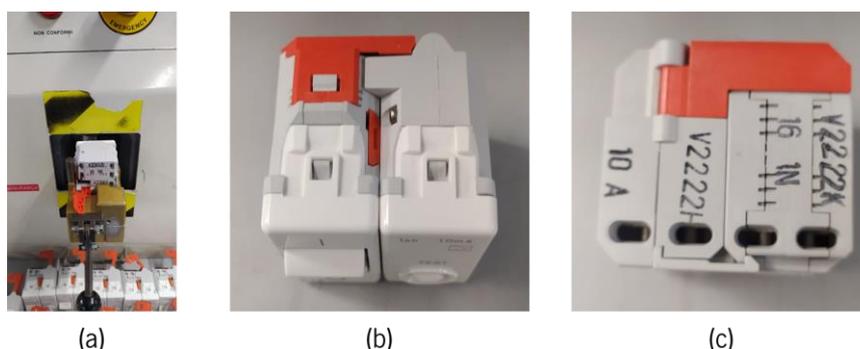


Figura 73 – (a) Teste MDIF; (b) Encaixe das peças de acoplar; (c) Bornes desapertados

Para se proceder à embalagem do produto final, é necessário colar a etiqueta em cada aparelho sendo embalados numa caixa individual juntamente com o manual do produto. Por fim, é montada a caixa exterior constituída por 15 aparelhos cada, que, depois de fechada e colada a etiqueta exterior é feita a leitura do código de barras. A sequência de tarefas representativas da embalagem pode ser consultada na Figura 74.



Figura 74 – Embalagem MDIF 1P+N SYSTEM

4.5.3.3 Fluxo de materiais

Tal como nas tipologias anteriores é apresentado o fluxo de materiais no sentido de facilitar a compreensão do processo. Através da Figura 75 é possível identificar quatro fluxos diferentes: fluxo de mostrinas, fluxo do DIF, fluxo do MDIF e fluxo do MINI.

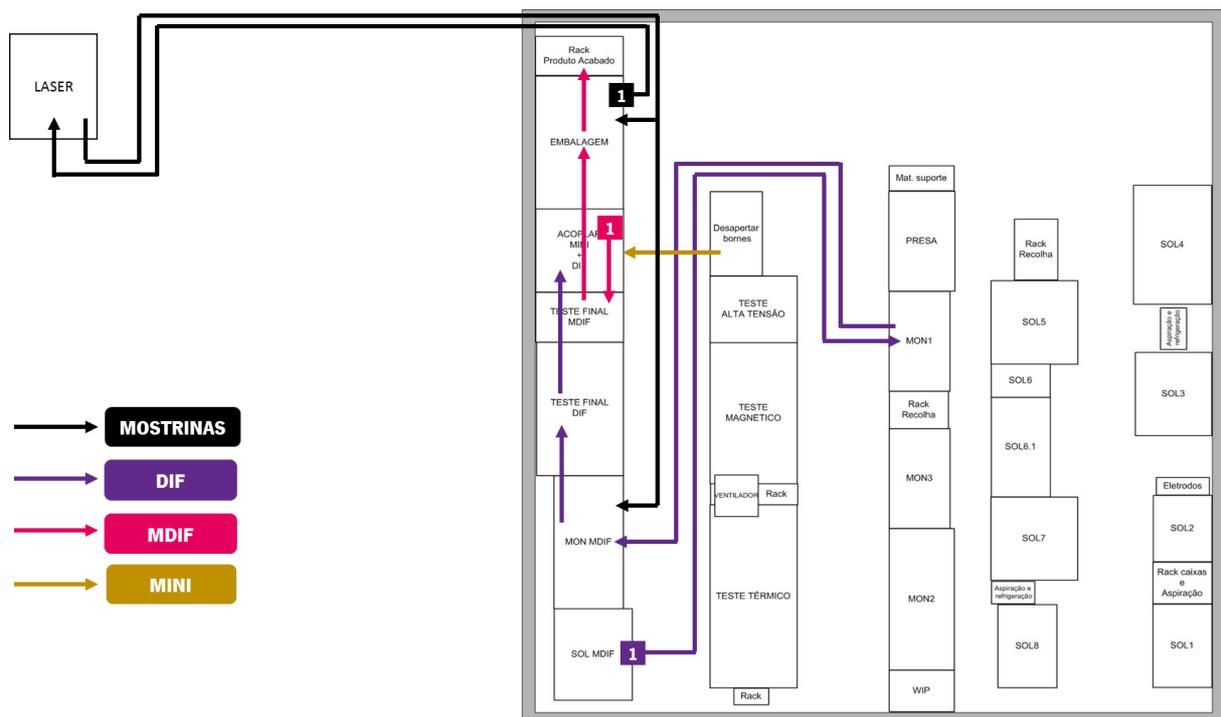


Figura 75 – Fluxo de materiais MDIF 1P+N SYSTEM

O fluxo de mostrinas é muito idêntico ao apresentado nas tipologias anteriores, diferindo apenas no facto de também serem necessárias na montagem do DIF, mais precisamente no posto MON MDIF. No que diz respeito ao fluxo do DIF, representado a roxo, este inicia no posto de soldadura SOL MDIF, passando pelo posto de montagem MON1 apenas para a montagem dos bornes e regressando ao posto de

montagem MON MDIF, o que evidencia as elevadas distâncias percorridas e a existência de fluxo inverso. Depois de montado e testado segue para a zona de acoplar onde será acoplado ao MINI representado no fluxo a amarelo. Este fluxo apenas está representado a partir do posto de desapertar bornes uma vez que o fluxo do MINI já foi apresentado na Figura 53 sendo exatamente igual à tipologia MINI 1P+N SYSTEM. Depois de acoplado, o fluxo é designado de MDIF, que passará pelo teste final, embalagem e por fim colocado na *rack* de produto final.

No Apêndice 13 é apresentado o diagrama de análise de processo representativo da parte diferencial assim como o diagrama de sequência de material. Também nesse apêndice é possível encontrar o diagrama de sequência de material do MINI que será acoplado ao DIF. Através deles foi possível concluir que a parte diferencial apresenta 1 armazenamento de produto final, 6 transportes, 2 pontos de acumulação de *stock* e 2 controlos, contrastando com 7 operações que realmente acrescentam valor ao produto.

Desta forma, a parte diferencial precisa de um total de 530,2 segundos, ou seja, 8,84 minutos, percorrendo cerca de 54,6 metros. Destaca-se ainda o facto de que 15% do tempo gasto para processar a parte diferencial é desperdiçado em transportes. Adicionando o MINI que será acoplado, um produto MDIF 1P+N SYSTEM na sua totalidade percorre 105,2 metros e precisa de 21,97 minutos para ser processado, sendo 41,1% desse tempo desperdiçado em transportes. No gráfico da Figura 76 é apresentada a análise do processo da tipologia MDIF 1P+N SYSTEM na sua totalidade, que apresenta 1 armazenamento de produto final, 23 transportes, 9 pontos de acumulação de *stock* e 5 controlos, contrastando com 22 operações que realmente acrescentam valor ao produto.

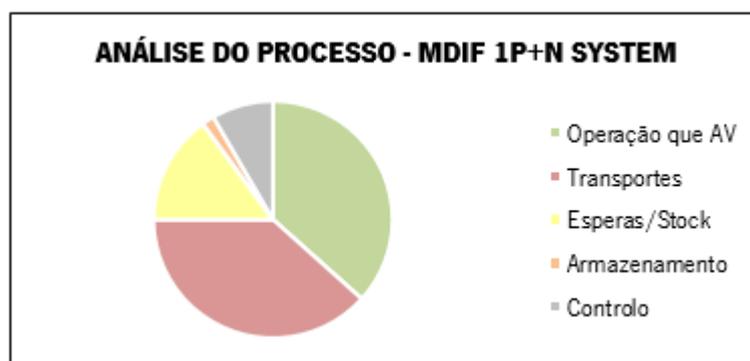


Figura 76 – Análise do processo – MDIF 1P+N SYSTEM

4.6 Análise crítica e identificação de problemas

Ao longo deste capítulo serão abordados os principais problemas encontrados na célula em estudo. Esta análise envolveu o recurso a ferramentas como estudo de tempos, balanceamento dos postos de

trabalho, VSM, estudo do *layout*, técnica 5S, diagrama de *spaghetti* e análises posturais, durante cerca de três meses. Foi fundamental o envolvimento dos colaboradores de modo a compreender os problemas percecionados pelos mesmos, assim como de toda a equipa de Engenharia de Processo.

4.6.1 Processo pouco fluido

Numa primeira fase foi analisado o processo produtivo do MINI, que permitiu constatar que todas as tarefas de soldadura se concentravam no início e, só depois o processo de montagem do aparelho propriamente dito. Verificou-se que esta divisão conduzia à realização de tarefas desnecessárias ao posto de trabalho seguinte, podendo ser realizadas numa fase posterior.

Em termos de soldaduras, a pré-montagem do aparelho realizada no posto de montagem MON2 necessitava do conjunto neutro soldado, no entanto, fazia-se acompanhar do conjunto fase, que apenas era necessário na montagem MON3. Além disso, nas máquinas de soldar SOL4, SOL5, SOL7 e SOL8 eram realizadas tarefas exclusivamente no conjunto fase, ficando o neutro em espera. A partir do posto SOL6.1 o conjunto neutro terminava o seu processo nas soldaduras, mas era transportado juntamente com o conjunto fase que ainda passava nas soldaduras SOL7 e SOL8, até chegar à pré-montagem, onde realmente era necessário.

Este fator tornou-se um problema evidente, uma vez que a tarefa de colocação da mola em todos os conjuntos, realizada no posto SOL6.1, apenas era necessária aquando da montagem do aparelho, acabando por sair ao longo do transporte obrigando as operadoras a repetir uma tarefa já realizada anteriormente. Após analisar vários *kits*, detetou-se que, na pior situação, a saída das molas acontecia em 27% dos conjuntos neutro e 20% dos conjuntos fase. Isto significa que num *kit* de 30 aparelhos, era necessário repetir a operação de colocação da mola em 8 conjuntos neutro e 6 conjuntos fase.

Outro problema processual detetado pela autora acontecia na embalagem, mais precisamente na colocação da capa do botão e da mostrina. Estes dois componentes eram colocados em quatro etapas separadamente. Inicialmente era colocada a capa do botão em todos os aparelhos e posteriormente encaixada na prensa. Uma vez colocada a capa do botão, a operadora colocava a mostrina e fazia força com os polegares para a encaixar. Para além da perda de tempo a colocar os componentes em separado, existia a possibilidade de risco ergonómico devido à postura e à força exercida. Tal situação será analisada no capítulo 4.6.10.

Também no processo relativo aos produtos MDIF foi detetada uma situação semelhante, ou seja, não só constituía uma perda de tempo como também existia o risco de desenvolver LMERT. Essa situação estava

relacionada com a soldadura dos primários, mais precisamente a soldadura do primário ao terciário. Este processo incluía o enrolamento do terciário no primário e posteriormente soldadura ao borne. O enrolamento do terciário podia constituir risco para a operadora devido à rotação do pulso, no entanto esta situação será analisada com mais detalhe aquando da avaliação ergonómica presente no capítulo 4.6.10.

4.6.2 Elevada percentagem de não conformidades no teste térmico

Ao longo da análise da situação atual era visível que o teste térmico representava um problema tendo em conta a quantidade de aparelhos que não passavam neste teste. Neste sentido, foi realizado um estudo em todas as máquinas de teste existentes na célula, de modo a perceber a percentagem de aparelhos não conformes em cada um deles. Para esta análise foram considerados dez *kits* aleatoriamente, todos eles constituídos por trinta aparelhos. O estudo pormenorizado relativo às máquinas de teste dos aparelhos MINI encontra-se no Apêndice 14, sendo apresentado na Tabela 7 um resumo de todos os testes da célula.

Tabela 7 – Resumo do estudo de não conformidades nas máquinas de teste

ESTUDO DE NÃO CONFORMIDADES	
Teste	Não Conformidades (%)
Teste Térmico	86
Teste Magnético	6
Teste Alta Tensão	0,3
Teste MINI 2P	0
Teste DIF	3,3
Teste MDIF	3

O teste térmico foi o primeiro a ser analisado sendo considerado o mais problemático de todos uma vez que, em média, 86% dos aparelhos de um *kit* não estavam em conformidade na primeira tentativa, ou seja, cerca de 26 aparelhos não passavam para o próximo teste. Para além disso, verificou-se que, na pior das situações, eram necessárias seis tentativas para que todos os aparelhos estivessem em conformidade com as especificações.

A este problema acrescia a necessidade de arrefecimento dos aparelhos não conformes num ventilador, por um período de trinta minutos, de modo que o bimetal pudesse arrefecer e ser testado novamente. Este período de tempo foi estipulado sem qualquer estudo, sendo considerado bastante elevado em comparação com outros processos idênticos da empresa. Na base desta não conformidade estava a posição do parafuso e do bimetal, que era ajustado a cada tentativa de modo a ficar na posição correta. Salienta-se que é um teste bastante sensível e com margens muito pequenas, em alguns casos de 2 segundos.

O estudo realizado no teste magnético e de alta tensão permitiu concluir que não representavam um problema uma vez que a percentagem de aparelhos não conformes na primeira tentativa era, em média, 6% e 0,3%, respetivamente. O erro do teste magnético estava associado à prisão dos componentes que podia ter sido provocada pelo lacre, no entanto, era uma situação rara. Já em relação ao teste de alta tensão, apenas um *kit* apresentou um aparelho não conforme uma vez que a operadora não tinha colocado o aparelho corretamente na cavidade. O teste específico dos aparelhos MINI 2P nunca apresentou um aparelho não conforme em todos os *kits* analisados.

Para além dos testes associados a produtos MINI foram analisados também os testes necessários para os produtos MDIF, sendo possível encontrar este estudo com mais pormenor no Apêndice 15. Ao longo do processo a parte diferencial passava por um teste antes de ser acoplado, verificando-se apenas 3,3% de aparelhos não conformes na primeira tentativa. Neste teste, regra geral, o problema estava associado às placas, que muitas vezes se encontravam estragadas e queimavam ao realizar o teste sendo nesse caso necessário montar um novo aparelho. Para além disso, o facto de não existirem instruções de trabalho podia contribuir para que este problema ocorresse, uma vez que potenciava a colocação dos componentes na posição errada e a necessidade de os ajustar. Salienta-se o facto de que em todos os 300 aparelhos analisados, apenas foi necessário montar um aparelho novamente, o que significa uma percentagem de 0,3%.

Por fim, o último teste dos aparelhos MDIF apresentava 3% de aparelhos não conformes na primeira tentativa. Este erro podia estar associado a dois problemas: a mostrina, uma vez que podia provocar a prisão da tecla de teste, não a permitindo disparar, e ainda a posição dos primários, não fazendo o contacto necessário para que a tecla disparasse. Em todos os 300 aparelhos analisados apenas foram montados dois aparelhos novamente, uma vez que o ajuste dos componentes danificou o aparelho. Estes dois aparelhos correspondem a 0,7% do total de aparelhos analisados.

4.6.3 Estudo de tempos

Na célula MINI/MDIF não existiam tempos de ciclo para cada posto de trabalho, sendo utilizado o tempo total estimado para realizar todas as operações. Neste sentido, e para se realizar uma correta interpretação e comparação dos dados tornou-se essencial realizar um estudo de tempos que refletisse a situação inicial da célula.

Inicialmente procedeu-se à observação direta de todas as atividades realizadas pelas operadoras de modo a compreender a sequência e complexidade das mesmas. Essas tarefas foram posteriormente decompostas em elementos de trabalho, recorrendo-se à técnica de cronometragem para determinar o

tempo necessário para realizar cada uma delas. Para o registo dos tempos, a empresa facultou uma folha de observações normalizada, em Excel, que se encontra no Anexo 1. Este documento pressupõe o preenchimento mínimo de 15 observações, sendo necessário um erro inferior a 10%. É importante referir que o nível de confiança utilizado é de 90%. Nesta folha de observações também é possível registar o fator de atividade, que resulta de um julgamento da atividade com base numa avaliação subjetiva do desempenho.

Para além dos tempos das operações, foram também analisados os tempos de *setup* e a rejeição de cada posto, apresentada no capítulo 4.6.2, de modo a obter o valor real do tempo de ciclo. Esta análise detalhada encontra-se no Apêndice 16.

Sendo assim, na Tabela 8 encontram-se os tempos obtidos para cada posto de trabalho, para as diferentes tipologias.

Tabela 8 – Tempo de ciclo por posto de trabalho

TEMPO DE CICLO (s)			
PT	MINI 1P+N SYSTEM	MINI 2P SYSTEM	MDIF 1P+N SYSTEM
SOL1	7,4	19,6	7,4
SOL2	7,2	25,4	7,2
SOL3	14,0	-	14,0
SOL4	7,0	-	7,0
SOL5	7,0	17,8	7,0
SOL6	24,3	24,3	24,3
SOL6.1	23,1	8,2	23,1
SOL7	6,2	-	6,2
SOL8	8,9	-	8,9
MON1	37,8	32,8	37,8
MON2	59,6	70,4	59,6
MON3	83,6	54,5	83,6
TESTE TÉRMICO	50,6	-	50,6
TESTE MAGNÉTICO	8,1	-	7,1
TESTE ALTA TENSÃO	5,8	-	5,8
DESAPERTAR BORNES	5,9	13,7	5,9
EMBALAGEM	35,8	35,8	31,8
LASER	5,4	5,4	9,1
SOL MDIF	-	-	48,7
MON1	-	-	18,0
MON MDIF	-	-	229,5
TESTE DIF	-	-	38,0
ACOPLAR	-	-	33,0
TESTE MDIF	-	-	47,5
Total (segundos)	397,8	307,9	811,1
Total (minutos)	6,6	5,1	13,5

Verificou-se assim que o tempo total para produzir um aparelho MINI 1P+N SYSTEM era de 6,6 minutos, um MINI 2P SYSTEM era de 5,1 minutos e, por fim, o MDIF necessitava de 13,5 minutos para ser

produzido na sua totalidade desde a produção do MINI. No Apêndice 17 encontra-se um exemplo do estudo de tempos realizado para o posto de montagem MON2.

4.6.4 Falta de balanceamento dos postos de trabalho

De forma a analisar o balanceamento inicial procedeu-se ao cálculo do *Takt-Time* (TT), que é dado pela divisão entre o tempo disponível e a procura. No que diz respeito ao tempo disponível foi necessário ter em conta os períodos de paragem, descritos na Tabela 9.

Tabela 9 – Tempo disponível por dia

	TEMPO DISPONÍVEL		
	Horas	Minutos	Segundos
Horas	9	540	32400
Pausas	1	60	3600
Reunião Diária	0,1	5	300
Arrumar PT	0,03	2	120
TEMPO TOTAL	7,9	473	28380

Posteriormente analisaram-se os volumes de produção de 2021 para as três famílias em análise, apresentado na Tabela 10. Tendo em conta os 220 dias de trabalho anuais calculou-se o volume diário, considerado para o cálculo do TT.

Tabela 10 – Volume de produção de 2021

	VOLUME DE PRODUÇÃO		
	MINI 1P+N SYSTEM	MINI 2P SYSTEM	MDIF 1P+N SYSTEM
Janeiro	2610	2100	1710
Fevereiro	980	375	930
Março	2745	990	570
Abril	2550	900	540
Maiο	2730	240	886
Junho	2130	750	885
Julho	1165	2680	600
Agosto	585	240	30
Setembro	1410	0	285
Outubro	1835	155	660
Novembro	1350	1275	300
Dezembro	459	1440	135
TOTAL/ANO	20549	11145	7531
TOTAL/DIA	93	51	34

Tendo com conta que o tempo disponível por dia é de 473 minutos (28380 segundos) e considerando os volumes de produção apresentados anteriormente, procedeu-se ao cálculo do *Takt-Time* (TT) para cada tipologia.

$$TT (MINI 1P + N SYSTEM) = \frac{28380}{93} = 305,2 \text{ s/aparelho}$$

$$TT (MINI 2P SYSTEM) = \frac{28380}{51} = 556,5 \text{ s/aparelho}$$

$$TT (MDIF 1P + N SYSTEM) = \frac{28380}{34} = 834,7 \text{ s/aparelho}$$

Face a uma produção diária de 93 aparelhos da tipologia MINI 1P+N SYSTEM para um tempo disponível de 473 minutos (28380 segundos), o mercado pedia um aparelho a cada 305,2 segundos. De igual forma, para uma produção diária de 51 aparelhos MINI 2P SYSTEM com um tempo total disponível de 473 minutos (28380 segundos), o mercado requeria um aparelho a cada 556,5 segundos. No que diz respeito à tipologia MDIF 1P+N SYSTEM, face a uma produção de 34 aparelhos por dia e com um tempo total disponível de 473 minutos (28380 segundos), o mercado pedia um aparelho a cada 834,7 segundos.

Posteriormente fez-se a comparação entre o TC e o TT para cada tipologia, de modo a perceber a capacidade de resposta face à procura. Esta análise encontra-se na Figura 77, Figura 78 e Figura 79.

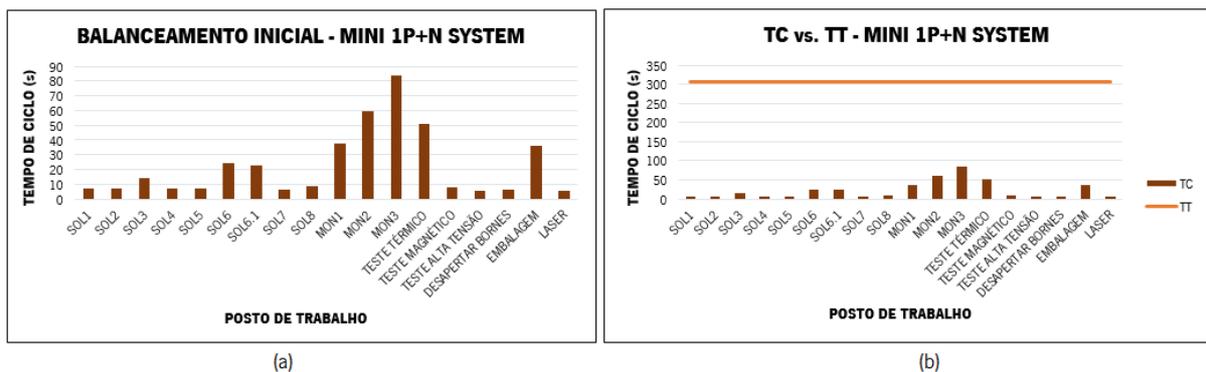


Figura 77 – (a) Balanceamento inicial - MINI 1P+N SYSTEM; (b) TC vs. TT – MINI 1P+N SYSTEM

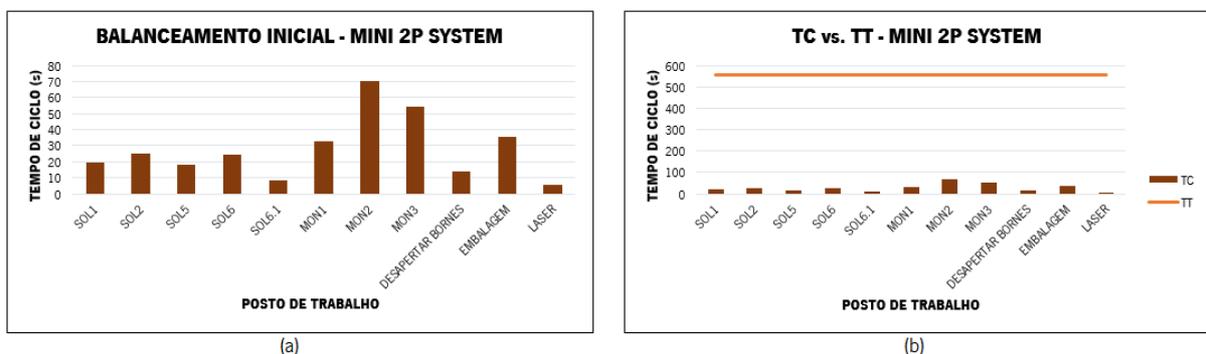


Figura 78 – (a) Balanceamento inicial - MINI 2P SYSTEM; (b) TC vs. TT – MINI 2P SYSTEM

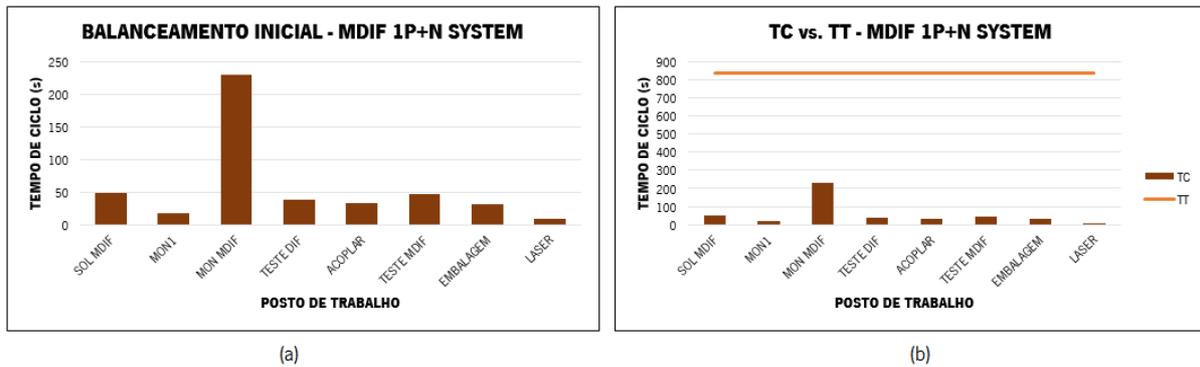


Figura 79 – (a) Balanceamento inicial – MDIF 1P+N SYSTEM; (b) TC vs. TT – MDIF 1P+N SYSTEM

Através da análise dos balanceamentos foi possível verificar que não existia nenhum posto de trabalho que ultrapassasse o TT por isso existia capacidade de resposta face à procura. Para além disso era perceptível a falta de balanceamento não só entre postos de trabalho da mesma tipologia como também entre diferentes tipologias. Esta diferença tornava-se problemática causando esperas entre postos de trabalho, acumulação de WIP e quebras no ritmo de produção. Em todas as tipologias apresentadas, a montagem correspondia ao *bottleneck* da produção. Os postos de montagem MON3, MON2 e MON MDIF constituíam o *bottleneck* das tipologias MINI 1P+N SYSTEM, MINI 2P SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM, respetivamente.

4.6.5 VSM do estado atual

Para cada uma das famílias selecionadas na análise ABC foi construído um VSM de modo a facilitar a compreensão do processo produtivo em termos de fluxo de materiais e de informação. Para isso foram recolhidas várias informações acerca do número de operadoras, tempos de ciclo de cada posto de trabalho, tempos de *setup* e ainda quantidade de WIP.

O número de operadoras assim como os postos que lhe estão atribuídos encontra-se devidamente explicado no capítulo 4.2. Os tempos de ciclo e tempos de *setup* de cada posto de trabalho foram recolhidos conforme explicado no capítulo 4.6.3. Relativamente ao WIP, foi utilizada a técnica de amostragem, onde se registaram os valores de WIP em momentos aleatórios ao longo do dia, durante 5 dias consecutivos. De seguida calculou-se o valor médio, sendo essa a quantidade utilizada.

Em termos de fluxo de informação, a Gewiss S.p.A. faz encomendas à Gewiss Portugal, que fica responsável por verificar a existência do material necessário. Caso não seja suficiente efetua pedidos de compra de material à Gewiss S.p.A., que efetua entregas uma vez por semana, e pontualmente a alguns fornecedores nacionais por vezes com entregas diárias. Se a quantidade de material for suficiente para satisfazer as encomendas, é impressa a EIL que segue para a célula diariamente.

Com estes dados foi possível construir o VSM para cada tipologia de produtos em análise, presente no Apêndice 18, Apêndice 19 e Apêndice 20. Os dados relativos ao valor não acrescentado (VNA), valor acrescentado (VA), *Lead-Time* (LT) e rácio de valor acrescentado (RVA), para cada tipologia, encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados VSM do estado atual (VNA, VA, LT, RVA)

RESULTADOS VSM - ATUAL				
Tipologia	VNA (dias)	VA (segundos)	LT (dias)	RVA (%)
MINI 1P+N SYSTEM	9,5	365,8	9,5	0,13
MINI 2P SYSTEM	14,7	273,7	14,8	0,06
MDIF 1P+N SYSTEM	11,5	776,0	11,5	0,23

A análise do VSM permitiu concluir que as atividades de valor acrescentado eram muito inferiores ao *Lead-Time*, apresentando um RVA inferior a 1% em todas as tipologias. A produção de um aparelho MINI 1P+N SYSTEM só acrescentava valor durante 365,8 segundos, ou seja, cerca de 6,1 minutos, quando na realidade apresentava um *lead-time* superior a 9 dias. No que diz respeito ao MINI 2P SYSTEM apresentava 273,7 segundos de valor acrescentado, o que significa 4,6 minutos, contrastando com um *lead-time* superior a 14 dias. O MDIF apresentado corresponde a toda a cadeia de valor desde a produção do MINI, o que significa que um aparelho desta tipologia apresentava 776 segundos de valor acrescentado, o que correspondia a 12,9 minutos, sendo o *lead-time* superior a 11 dias.

4.6.5.1 WIP elevado

Através da análise do VSM também foi possível verificar a elevada quantidade de WIP e a existência de postos de trabalho com WIP vindos de postos diferentes, sendo nesses casos considerada a pior situação. Na Tabela 12 são apresentados os valores de WIP para as tipologias em análise.

Tabela 12 – Valores médios de WIP para cada tipologia

VALORES MÉDIOS DE WIP (ap.)			
PT	MINI 1P+N SYSTEM	MINI 2P SYSTEM	MDIF 1P+N SYSTEM
SOL1	0	0	0
SOL2	228	12	82
SOL3	106	-	38
SOL4	5	-	2
SOL5	105	46	38
SOL6	11	18	4
SOL6.1	11	6	4
SOL7	2	-	1
SOL8	2	-	1
MON1	0	6	0
MON2	92	180	33
MON3	96	201	35
TESTE TÉRMICO	24	-	9
TESTE MAGNÉTICO	12	-	4
TESTE ALTA TENSÃO	2	-	1
DESAPERTAR BORNES	0	24	0
EMBALAGEM	184	259	66
SOL MDIF	-	-	0
MON1	-	-	22
MON MDIF	-	-	35
TESTE DIF	-	-	4
ACOPLAR	-	-	8
TESTE MDIF	-	-	3
TOTAL	880	751	390

Relativamente aos produtos MINI 1P+N SYSTEM verificou-se que o posto de montagem MON1 abastecia com bornes previamente montados, os postos de soldadura SOL3 e SOL5, assim como os postos de montagem MON2 e MON3, criando uma grande quantidade de WIP à entrada destes postos. O posto de embalagem também era uma zona de acumulação de WIP, principalmente mostrinas vindas do laser. Estas duas situações estavam relacionadas com sobreprodução, uma vez que era produzida mais do que a quantidade total necessária para um dia, acumulando nos respetivos postos. Para além destes postos, era perceptível que o posto SOL2 também acumulava uma grande quantidade de WIP, que neste caso eram contactos soldados à prata. Mesmo já tendo quantidade suficiente, eram produzidos continuamente como se não existissem, acumulando essa quantidade ao longo do dia de modo a garantir que em qualquer momento tinham WIP de contactos. No caso dos produtos MINI 2P SYSTEM verificou-se que os postos de montagem MON2 e MON3 e a embalagem eram os locais com maior acumulação de WIP, pelo mesmo motivo explicado anteriormente. Na Figura 80 encontram-se alguns exemplos de WIP associados a sobreprodução de contactos, bornes e mostrinas.

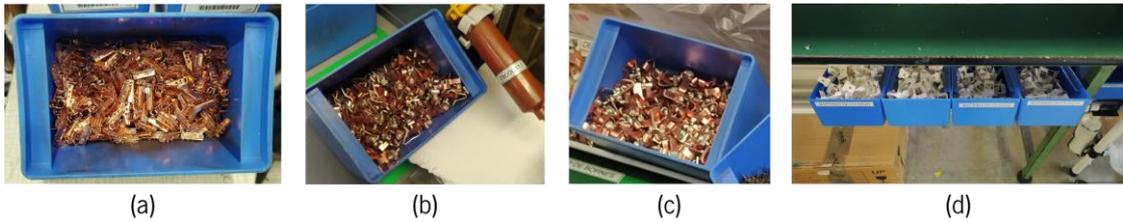


Figura 80 – (a) WIP de contactos SOL2; (b) WIP de bornes SOL3; (c) WIP de bornes MON2; (d) WIP de mostrinas Embalagem

Era prática comum produzirem um *kit* de aparelhos que não era enviado no próprio dia, mas sim no dia seguinte, ficando em espera normalmente à entrada do teste térmico. Para além deste fator, este teste apresentava uma elevada percentagem de aparelhos não conformes na primeira tentativa, tal como concluído no capítulo 4.6.2, o que também contribuía para o excesso de WIP à entrada deste posto. A Figura 81 (a) apresenta o *kit* que era produzido em excesso apenas enviado no dia seguinte e na Figura 81 (b) encontra-se um exemplo de aparelhos não conformes no teste térmico a arrefecer no ventilador para serem testados posteriormente.

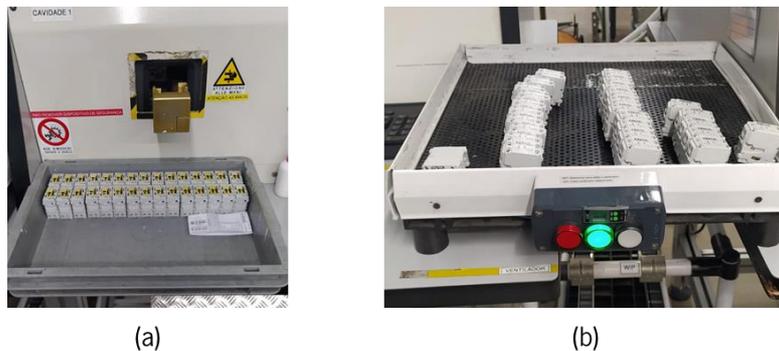


Figura 81 – (a) WIP de aparelhos a enviar no dia seguinte; (b) WIP de aparelhos no ventilador

Verificou-se ainda que o posto de montagem MON3, para além da quantidade de bornes elevada, também era um local onde se acumulavam muitos aparelhos uma vez que, este era o posto de trabalho mais demorado da tipologia MINI 1P+N SYSTEM. O posto de montagem MON2, apesar de não ser o *bottleneck* do MINI 1P+N SYSTEM, apresentava um tempo de ciclo bastante elevado o que potenciava a acumulação de WIP à entrada. Na Figura 82 é possível encontrar dois *kits* de aparelhos em espera para serem processados tanto no posto de montagem MON2 (Figura 82 (a)) como no posto de montagem MON3 (Figura 82 (b)).



Figura 82 – (a) WIP MON2; (b) WIP MON3

Da mesma forma, o posto MON MDIF também acumulava uma quantidade elevada de primários não só por ser o *bottleneck* da tipologia MDIF 1P+N SYSTEM, mas também porque se produziam em quantidades superiores ao necessário. A Figura 83 demonstra esta situação.



Figura 83 – WIP de primários

4.6.5.2 Tempo de atravessamento e esperas elevado

Como consequência dos resultados do VSM, tornou-se pertinente analisar o tempo que, na prática, os aparelhos demoravam desde que começavam a ser produzidos no posto SOL1 até que finalmente eram embalados e enviados. Neste sentido, analisou-se o tempo que realmente os aparelhos demoravam a atravessar todos os postos assim como o tempo desperdiçado em esperas. Foi pedido à operadora 1 que apontasse na EIL a hora a que começava e terminava todas as tarefas das soldaduras. Posteriormente a operadora 2 apontava a hora a que começava e terminava as montagens. De seguida, a mesma operadora indicava a hora de início e fim do teste térmico. Por fim, a operadora 1 seguia o mesmo processo em cada um dos restantes testes e embalagem. De igual forma, a operadora 3 também realizava o mesmo procedimento para a parte diferencial.

Depois de analisados os valores relativos a uma semana, foi feita uma média tanto do tempo de atravessamento como do tempo de esperas, apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Tempo de atravessamento e esperas

Tipologia	Tempo de atravessamento (h)	Esperas (h)
MINI 1P+N SYSTEM	08:50	04:50
MINI 2P SYSTEM	04:45	01:40
MDIF 1P+N SYSTEM	08:50	04:00

Chegou-se à conclusão de que o MINI 1P+N SYSTEM apresentava um tempo de atravessamento médio de 8:50h, sendo 4:50h o tempo médio que desperdiçava em esperas, o que correspondia a 54,7% do tempo de atravessamento. Na pior das situações um *kit* demorou cerca de 10h a atravessar todos os postos, com um tempo de esperas de 5:30h, correspondendo ao *kit* que era produzido num dia, mas apenas necessário para a produção do dia seguinte. A tipologia MINI 2P SYSTEM apresentava um tempo

de atravessamento médio de 4:45h desperdiçando cerca de 1:40h em esperas, ou seja 35,1% do tempo de atravessamento.

No caso da parte diferencial, a prática comum era realizar as soldaduras todas no dia anterior que ficavam em espera até à manhã do dia seguinte, quando iniciava a montagem. Depois de testar os aparelhos, colocava o lacre e o carimbo e ficavam novamente em espera enquanto a operadora era colocada noutra célula de produção. Posteriormente vinha acoplar, testar o produto acoplado e embalar, o que explica o elevado tempo de atravessamento e o desperdício em esperas. Em termos médios, a parte diferencial e acoplada apresentava um tempo de percurso médio de 8:50h, ficando em espera cerca de 4h, correspondendo a 45,3% do tempo de atravessamento.

A realização do VSM evidenciou a necessidade de intervenção nesta secção no sentido de reduzir as atividades que não acrescentam valor e melhorar o fluxo de produção.

4.6.6 *Layout* desadequado e elevadas movimentações

Um dos principais problemas da célula estava relacionado com o *layout* uma vez que se encontrava da mesma forma há muitos anos e tinha consequências na fluidez do trabalho, nas distâncias percorridas pelos aparelhos e nas movimentações das operadoras.

4.6.6.1 *Elevada distância percorrida pelos aparelhos*

Através do fluxo de materiais apresentado no capítulo 4.5, mais precisamente na Figura 53, Figura 64 e Figura 75, era perceptível a ocorrência de fluxos inversos e cruzamento de fluxos, o que evidenciava a existência de um *layout* desadequado. Como consequência os produtos percorriam uma distância maior, podendo ocorrer danos nos aparelhos uma vez que estavam constantemente a ser transportados entre os diversos postos de trabalho.

Para além disso, a disposição dos postos de trabalho provocava quebras no ritmo de produção uma vez que as operadoras tinham de se deslocar com muita frequência. Nos diagramas de sequência de material foi possível verificar que um MINI 1P+N SYSTEM percorria cerca de 71,57 metros, sendo que 57% do tempo total era gasto em transportes, o que se tornava problemático uma vez que era a família mais produzida. No caso do MINI 2P SYSTEM a distância percorrida era ainda maior como consequência do fluxo inverso e dos cruzamentos. Este produto iniciava a sua produção no posto SOL1, seguindo para o SOL5, regressando ao SOL2 e voltando ao SOL6. Posteriormente era processado no posto de montagem MON1 e regressava novamente ao posto de soldadura SOL6.1 apenas para a colocação da mola, seguindo para o posto MON2. Este produto percorria 83,6 metros, sendo 34% do tempo total

desperdiçado em transportes. Sendo um produto mais simples em comparação com a tipologia anterior, seria de esperar um percurso menor. No entanto, este aparelho acabava por percorrer mais 12 metros que um aparelho da tipologia anterior, o que demonstrava ser um *layout* pouco eficiente.

Outro exemplo encontrado foi no fluxo de materiais do MDIF 1P+N SYSTEM, que apresentava também fluxo inverso, tendo a operadora que se deslocar da soldadura SOL MDIF à montagem MON1 apenas para montar os bornes, regressando à montagem MON MDIF para realizar a montagem do aparelho. Só a parte diferencial e acoplada de um aparelho MDIF percorria 54,6 metros apresentando 15% do tempo total como desperdício associado a transportes. Adicionando o MINI que seria acoplado, um aparelho MDIF na sua totalidade percorria 105,2 metros, desperdiçando 41,1% do tempo total apenas em transportes. Estes exemplos evidenciavam um *layout* desajustado e a clara necessidade de alteração.

4.6.6.2 Elevadas movimentações das operadoras

Um dos problemas mais visíveis era a quantidade de movimentações por parte das operadoras. Nesse sentido, foi realizado um diagrama de *spaghetti*, apresentado na Figura 84, de modo a mapear essas deslocações das operadoras e perceber qual o impacto real.

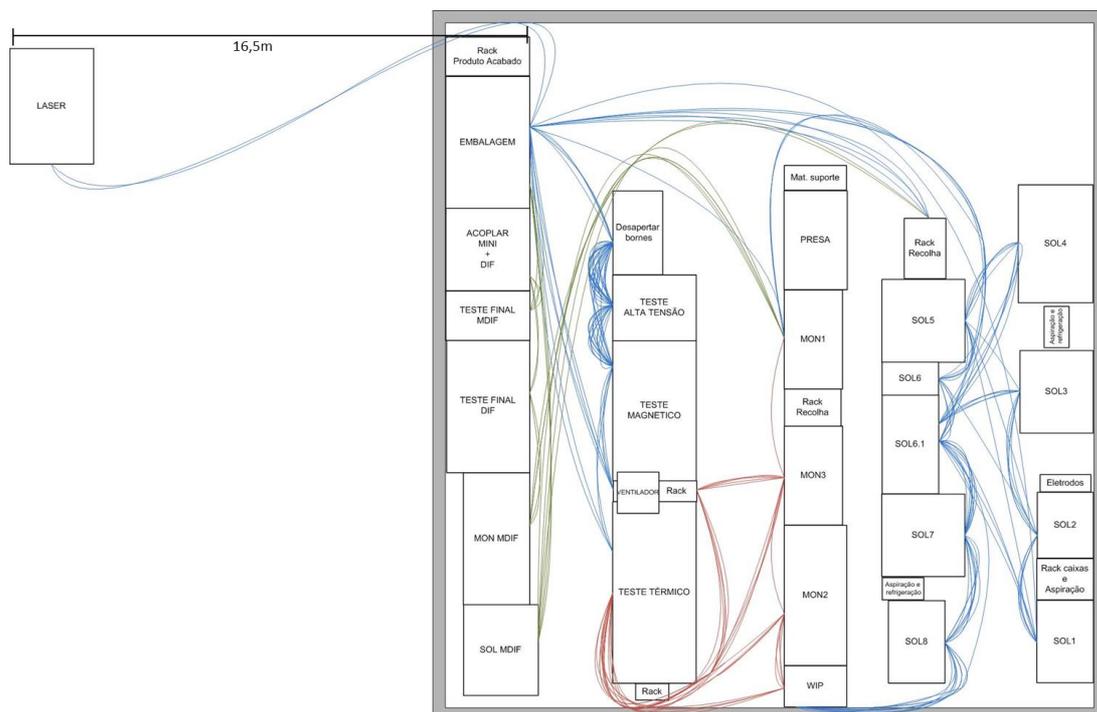


Figura 84 – Diagrama de spaghetti da célula MINI/MDIF

Na Tabela 14 estão apresentadas as distâncias percorridas por cada operadora bem como o tempo gasto ao longo de um dia de trabalho.

Tabela 14 – Distância percorrida e tempo gasto pelas operadoras

	Distância percorrida (m)	Tempo gasto (min)
Operadora 1	550	85,5
Operadora 2	200	6,5
Operadora 3	180	5
Total	930	97,0

De acordo com a tabela anterior, foi possível concluir que as operadoras da célula em estudo percorriam diariamente um total de 930 metros e gastavam 97 minutos, o que correspondia a 20,5% do tempo total de trabalho. Eram vários os fatores que contribuíam para que este valor fosse tão elevado, salientando-se a disposição dos postos de trabalho e o *layout* desadequado. No entanto, a ausência de instruções de trabalho, a distribuição de tarefas entre as operadoras, a falta de normalização e a inexistência de abastecimento direto aos postos de trabalho também potenciavam este problema.

4.6.7 Reduzida polivalência da equipa

Na célula em estudo trabalhavam três operadoras há cerca de 20 anos, estando associados determinados postos de trabalho a cada uma delas. Tal como mencionado no capítulo 4.2, a operadora 1 era responsável por todas as tarefas nos postos de soldar, desde o SOL1 ao SOL8, auxiliando por vezes no posto de montagem MON1. Para além disso, ficava a seu cargo o teste magnético, teste de alta tensão, desapertar bornes e embalagem. A operadora 2 realizava as tarefas em todos os postos de montagem e no teste térmico. No caso da operadora 3, esta executava todas as tarefas associadas ao DIF e ao PRESA. Esta divisão de tarefas tornava as operadoras muito especializadas nas tarefas que executavam, ficando aquém nas restantes, o que potenciava a reduzida polivalência da equipa. Para além disso, não existia uma matriz de polivalência na célula, o que se tornava desmotivador para as operadoras. Nesse sentido, foi construída uma matriz de polivalência representativa da formação das operadoras nos diversos postos de trabalho existentes na célula, sendo possível a sua consulta no Apêndice 21.

Através da análise da matriz, verificou-se que existiam determinados postos de trabalho para os quais apenas uma operadora tinha experiência, o que se tornava problemático podendo pôr em causa a estabilidade da produção. Verificou-se que apenas a operadora 2 sabia executar as tarefas do posto de trabalho MON3. Também os postos de trabalho MON MDIF e PRESA representavam um problema uma vez que apenas a operadora 3 sabia executar todas as tarefas nestes postos. Para além disso, só a operadora 1 tinha experiência nos postos de soldadura. Todas estas situações podiam provocar a paragem da linha ou quebras do ritmo de produção. Ao longo da análise da situação inicial esta falta de formação tornou-se um problema bastante grave devido à falta da operadora 3, levando mesmo à

paragem da produção de MDIF durante três semanas. Tendo em conta que se produziam 30 aparelhos MDIF por dia, significa uma perda total de 450 aparelhos.

4.6.8 Inexistência de instruções de trabalho, falta de normalização e desorganização geral

Ao longo das várias observações do processo produtivo verificou-se que não existiam instruções de trabalho em nenhum posto da célula em estudo, sendo os planos de controlo de qualidade a única documentação existente, encontrando-se desatualizados. Através do acompanhamento diário das operadoras observou-se que, no mesmo posto, a mesma tarefa podia ser realizada de forma diferente de acordo com o critério adotado pela operadora como sendo o mais adequado.

Durante a realização do projeto foi necessário formar uma nova operadora no MDIF devido à falta da única operadora que sabia realizar a montagem daquela tipologia de aparelhos. A inexistência de instruções de trabalho tornou o processo de aprendizagem mais difícil e demorado, levando a que a operadora sentisse a necessidade de criar os seus próprios apontamentos. Estas situações não só contribuíam para a falta de normalização como também dificultavam o controlo do processo produtivo devido à sua variabilidade.

Além disso verificou-se que o mesmo tipo de tarefa era realizado em postos de trabalho diferentes, como era o caso da soldadura do cordão ao contacto. Se pertencesse à família MINI 1P+N SYSTEM, esta operação era realizada no posto SOL2. No entanto, se pertencesse à família MINI 2P SYSTEM, era realizada no posto SOL5. Associado a esta tarefa, encontrava-se mais um exemplo de falta de normalização, apresentado no capítulo 4.5.2. Para todos os processos que precisavam de pasta de solda era utilizada uma seringa que permitia uma dosagem adequada, exceto para esta tarefa.

Outro exemplo associado à falta de normalização estava relacionado com o processamento antecipado de bornes para a tipologia MINI 1P+N SYSTEM, mas os bornes da tipologia MINI 2P SYSTEM eram montados ao longo do processo de soldadura.

Dada a desorganização dos postos de trabalho, tornou-se pertinente realizar uma auditoria 5S através da adaptação de uma *checklist* de 5S (Apêndice 22). Esta *checklist* encontra-se dividida em cinco partes, correspondendo cada uma aos 5S's da metodologia. Cada parte é constituída por cinco questões, avaliadas de 1 (muito mau) a 5 (muito bom), de acordo com as situações observadas no chão de fábrica. Através da soma da pontuação de cada parte obteve-se o resultado global que permitiu identificar o estado de implementação desta ferramenta. Para além disso, a autora optou por incluir um gráfico radar de modo a tornar o resultado mais visual e fácil de interpretar. De um total de 125 pontos foram obtidos

45, o que correspondia a 36%, verificando-se bastante margem de melhoria. Cada uma das partes obteve os seguintes resultados:

- 1S – *SEIRI* (Triagem): 9 pontos (36%);
- 2S – *SEITON* (Organização): 9 pontos (36%);
- 3S – *SEISO* (Limpeza): 14 pontos (56%);
- 4S – *SEIKETSU* (Normalização): 8 pontos (32%);
- 5S – *SHITSUKE* (Disciplina): 11 pontos (44%).

O gráfico radar da Figura 85 apresenta em cada vértice os resultados obtidos em cada parte, sendo perceptível que a triagem, organização e normalização eram os que apresentavam os piores resultados e, por esse motivo requeriam mais atenção.

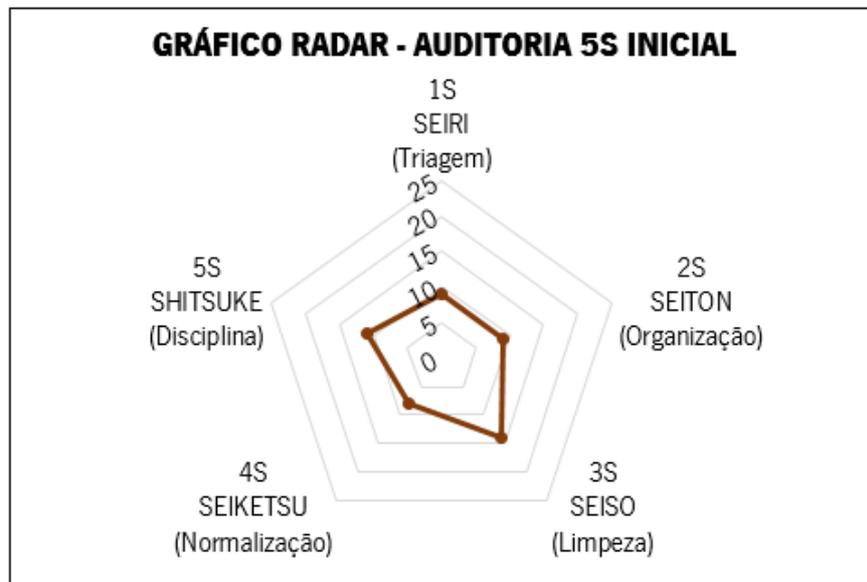


Figura 85 – Gráfico radar - auditoria 5S inicial

Foram detetadas várias situações que contribuíram para este resultado nomeadamente a inexistência de instruções de trabalho referida anteriormente. Para além disso, na célula em estudo era possível encontrar materiais, postos de trabalho e ferramentas utilizados em produtos com pouca representatividade na produção e por esse motivo não eram utilizados há meses, encontrando-se bastante desorganizados.

A EIL, que dá início e acompanha toda a produção, devia incluir os componentes que variavam entre as diferentes tipologias assim como os testes pelos quais os aparelhos tinham de passar. Esta situação não se verificava na célula em estudo, obrigando a que as operadoras decorassem os componentes. Além

disso, os poucos componentes incluídos não se encontravam pela ordem com que eram utilizados, nem eram referidos todos os testes necessários.

Também na célula em estudo existiam postos que não cumpriam o procedimento “caixa cheia caixa vazia” para a utilização dos componentes, nomeadamente o posto Presa. Neste posto era utilizado um sistema de cartões por *kanban*, ilustrado na Figura 86, o que significa que, quando chegava uma encomenda desta tipologia de aparelhos, a operadora tinha de verificar se todos os componentes necessários se encontravam no posto e, caso contrário, devia utilizar esses cartões para os pedir. Após realizar o pedido de componentes, a operadora iniciava a produção com os componentes que tinha disponíveis ou, na sua impossibilidade, devia aguardar a chegada dos componentes em falta. Também neste posto foi identificada a localização de um componente que já não se encontrava em utilização.



Figura 86 – Kanban do posto Presa

A cada posto de trabalho estava atribuída uma designação, no caso da Figura 87 é apresentado o posto de soldadura 1 designado “SOL1”, sendo replicado para os outros postos. Apesar da existência de placas de identificação na maioria dos postos de trabalho, algumas delas encontravam-se erradas, existindo postos de montagem identificados como postos de soldadura, como por exemplo o posto SOL6.1.



Figura 87 – Posto de soldadura SOL1

Além disso, foram detetados vários componentes localizados num posto, mas utilizados noutro mais distante, o que implicava o transporte dos mesmos para o posto onde efetivamente eram necessários. Destacam-se duas situações: no posto Presa estavam localizados os primários necessários no posto SOL MDIF, assim como componentes necessários para o posto de Acoplár. Foram ainda encontrados vários contentores com WIP sem identificação (Figura 88 (a)) e componentes trocados, nomeadamente os primários soldados no posto SOL MDIF. Estes primários eram soldados e colocados num contentor dedicado identificado como “WIP PRIM. F SYST”, para os primários fase da tipologia SYSTEM, ou “WIP PRIM. N SYST”, para os primários neutro da tipologia SYSTEM. No entanto, através da Figura 88 (b), é possível verificar que os primários fase se encontravam no contentor dos neutros, e vice-versa.



Figura 88 – (a) Contentores de WIP sem identificação; (b) WIP em contentores errados

Ainda em termos de identificação verificou-se que estava definido um local para as mostrinas em utilização no posto de montagem MON MDIF, no entanto, este não era utilizado, sendo colocado um suporte ao lado do posto para esse efeito.

De uma forma geral, os postos encontravam-se desorganizados e com identificação pouco clara, estando os componentes por vezes mal-acondicionados e com risco de caírem.

É importante salientar que os tabuleiros de transporte dos conjuntos soldados e pré-montados encontravam-se degradados, não garantindo o correto transporte dos mesmos. Tal situação está presente na Figura 89.



Figura 89 – Tabuleiro de transporte estragado

Por fim, o tabuleiro de transporte dos produtos a partir do posto de montagem MON3, ilustrado anteriormente na Figura 47, não era adequado face ao tamanho e quantidade de aparelhos, uma vez que se utilizava apenas uma pequena fração do mesmo.

Outro fator extremamente importante relacionava-se com as operadoras, que se sentiam desmotivadas uma vez que as sugestões de melhoria que propunham raramente eram ouvidas e implementadas. Não existiam planos de melhoria nem planos de limpeza, sendo que a única documentação existente eram os planos de controlo que não eram atualizados há anos.

4.6.9 Abastecimento desadequado dos postos de trabalho e excesso de matéria-prima

Em termos de abastecimento dos postos de trabalho, identificaram-se dois problemas: incumprimento da rota de abastecimento e excesso de matéria-prima nos postos de trabalho.

4.6.9.1 Incumprimento da rota de abastecimento

Tal como explicado no capítulo 4.3, na célula em estudo existiam apenas dois locais de recolha em zonas pouco estratégicas. Consequentemente, as operadoras tinham que se deslocar até esses pontos sempre que uma caixa de componentes terminava, o que se tornava pouco eficiente levando a quebras do ritmo de produção e movimentações desnecessárias. Tal como foi mencionado no capítulo 4.3 o ponto de recolha A era utilizado para a colocação de caixas vazias dos postos de montagem (MON1, MON2, MON3 e PRESA). Este ponto situava-se entre o posto de montagem MON1 e MON3, e por isso não era necessária deslocação apenas a partir destes dois postos. Relativamente ao ponto de recolha B este era utilizado para a colocação das caixas vazias de todos os outros postos. De modo a facilitar a compreensão é apresentado de seguida o *layout* com os dois pontos de recolha destacados bem como os postos que lhes são atribuídos. As linhas vermelhas presentes na Figura 90 correspondem às deslocações até ao ponto de recolha A e as linhas azuis correspondem às deslocações até ao ponto de recolha B.

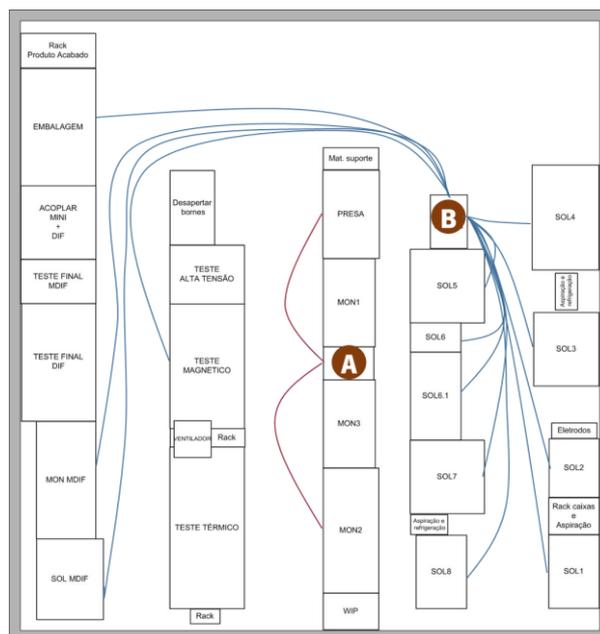


Figura 90 – Deslocações até ao ponto de recolha

No seguimento desta análise foram determinadas as distâncias percorridas e o tempo gasto nas movimentações desde o posto de trabalho até ao ponto de recolha, presente na Tabela 15. A título de exemplo, no caso de terminar uma caixa de componentes no posto SOL MDIF a operadora tinha de se deslocar quase 12 metros apenas para levar a caixa vazia ao ponto de recolha A, perdendo cerca de 15 segundos nessa movimentação.

Tabela 15 – (a) Movimentações rack de recolha A; (b) Movimentações rack de recolha B

(a)

RACK DE RECOLHA A		
PT	Distância (cm)	Tempo (s)
MON2	350	5
MON3	-	-
MON1	-	-
PRESA	210	3

(b)

RACK DE RECOLHA B		
PT	Distância (cm)	Tempo (s)
SOL1	700	10
SOL2	350	8
SOL3	210	3
SOL4	140	2
SOL5	140	2
SOL6	210	3
SOL6.1	280	5
SOL7	350	8
SOL8	700	10
TESTE MAGNÉTICO	910	13
EMBALAGEM	560	7
SOL MDIF	1190	17
MON MDIF	1050	15

Analisando os dados documentais da empresa, constatou-se que estavam definidos três pontos de recolha (A, B e C) assim como três locais de paragem do *petit-train* (8, 9 e 10). No entanto apenas eram utilizados dois pontos de recolha que se encontravam no mesmo corredor e um ponto de paragem que não estava documentado como ponto de paragem, o que evidenciava a falta de normalização e o

incumprimento da rota definida. Na Figura 91 é possível analisar a rota que deveria ser cumprida e os três pontos de paragem (8, 9 e 10), sendo importante referir que nenhum destes pontos estava efetivamente a ser utilizado como ponto de paragem.

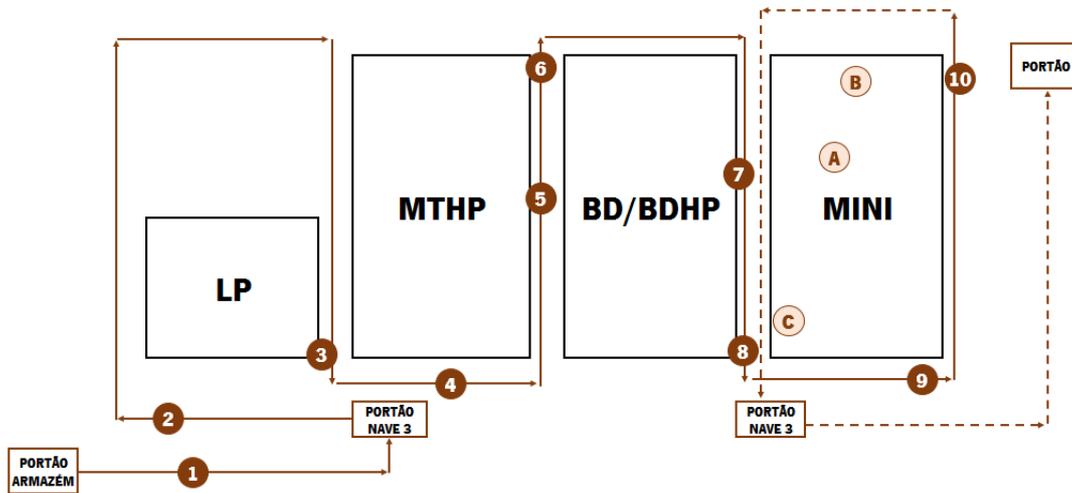


Figura 91 – Rota de abastecimento documentada

A célula deveria ser percorrida por fora pelo *petit-train*, efetuando paragem nos pontos 8, 9 e 10 da figura anterior. No entanto, apenas era efetuada uma paragem, ficando o operador encarregue de percorrer o corredor a pé, representado a tracejado na Figura 92.

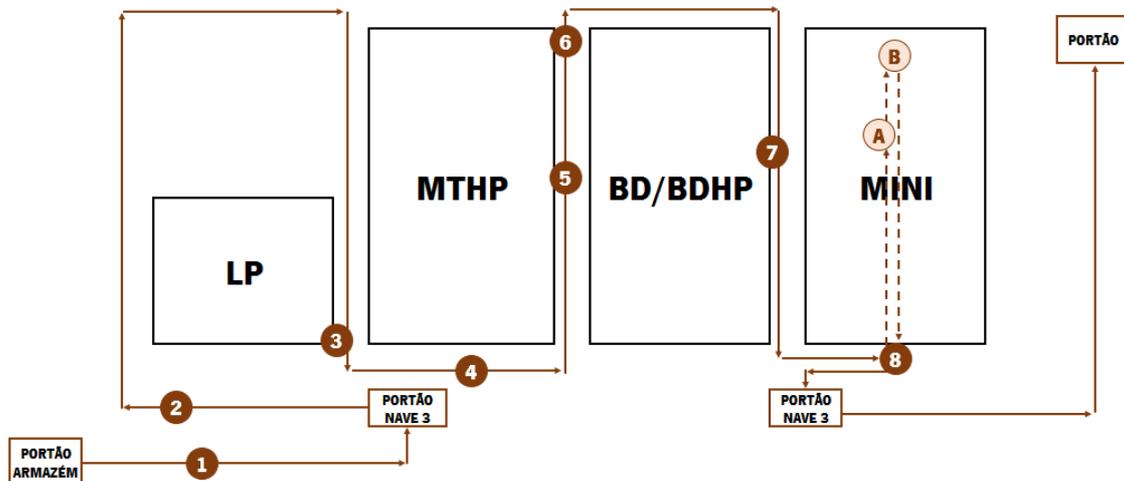


Figura 92 – Rota de abastecimento utilizada

Para além disso, o corredor por onde passava o operador logístico era bastante apertado, com 48cm, o que se tornava desadequado e inseguro. Na Figura 93 é apresentado o corredor e respetiva largura.

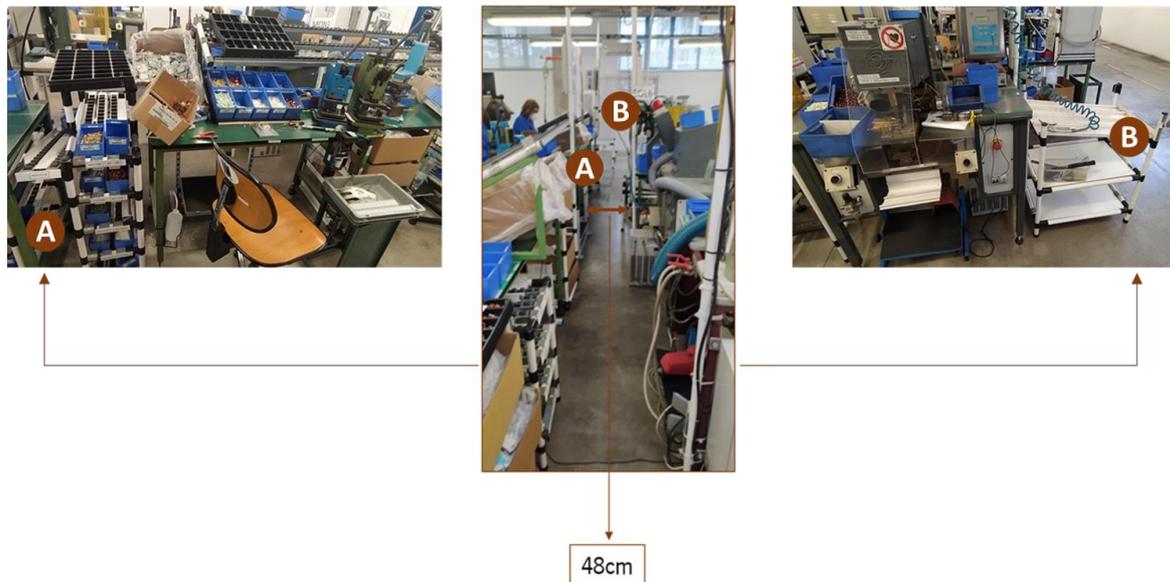


Figura 93 – Corredor de abastecimento e respetiva largura

O facto de apenas serem utilizados dois pontos de recolha associado a uma identificação pouco clara do local dos contentores, tornava o abastecimento mais complexo por parte do operador logístico. Este recolhia as caixas nos pontos A e B, mas posteriormente tinha de as colocar nos respetivos postos de trabalho, o que obrigava ao conhecimento dos componentes usados em cada posto ou a procurar o local correto.

4.6.9.2 Excesso de matéria-prima nos postos de trabalho

Ao longo das observações do chão de fábrica, era perceptível que a quantidade de matéria-prima nos postos de trabalho era bastante elevada face às necessidades. Sendo assim, a autora analisou toda a matéria-prima existente na célula em termos de quantidade e valor monetário, presente no Apêndice 23. Verificou-se que existiam cerca de 428216 componentes, representando 30 811,50 UM. Este valor tornava-se desajustado face à capacidade de abastecimento por parte do *petit-train*, uma vez que este percorria a célula a cada hora. O critério base da empresa era assegurar 4h de consumo de componentes face à capacidade máxima da linha por cada contentor. No entanto, nesta célula este critério não era cumprido uma vez que a quantidade existente em cada contentor não tinha por base nenhum critério específico, existindo várias situações com 10000 peças por contentor. A Figura 94 representa dois exemplos do excesso de componentes nos postos de trabalho, sendo um aspeto referido pelas operadoras a falta de espaço na mesa de trabalho para montar o aparelho.



(a)



(b)

Figura 94 – (a) Posto de montagem MON3; (b) Posto de montagem MON MDIF

4.6.10 Condições de trabalho desadequadas, tarefas repetitivas e más posturas

Com o objetivo de avaliar com mais detalhe os postos de trabalho e identificar potenciais problemas ergonómicos foi aplicado o método EWA. Inicialmente foram selecionados os elementos essenciais que iriam constituir a *checklist* para avaliação dos postos de trabalho. Neste sentido foram selecionados 10 itens e elaborado o questionário, que se encontra no Apêndice 24, tendo sido posteriormente entregue às três operadoras da célula. Uma vez obtidas as respostas, foi calculada a média para cada elemento da *checklist*, que se encontra na Figura 95. A escala utilizada é constituída por quatro números, 1, 2, 3 e 4, que significa “Boa”, “Razoável”, “Má” e “Muito má”, respetivamente.

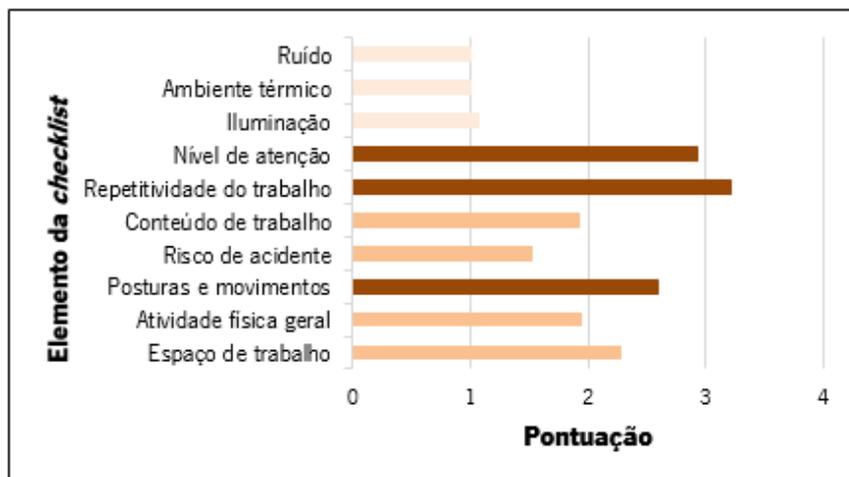


Figura 95 – Resultados do questionário EWA realizado às operadoras

Os elementos com pior classificação de acordo com a avaliação realizada pelas operadoras foram “Repetitividade do trabalho”, “Nível de atenção” e “Posturas e movimentos” classificados como “Má”. Uma vez concluída a análise dos questionários, foram observados vários ciclos de trabalho das três colaboradoras. Posteriormente foi realizada a avaliação para cada elemento da *checklist* de acordo com a perceção da analista tendo em conta a escala utilizada anteriormente. No Apêndice 25 está presente o resultado obtido sustentado com comentários do que foi observado.

Através da implementação deste método foi possível detetar alguns problemas ergonómicos, destacando-se quatro elementos da *checklist* com classificação “Má”. Problemas associados ao espaço de trabalho nomeadamente a falta de espaço contribuíam para a adoção de posturas incorretas principalmente ao nível dos pulsos, costas, pescoço e ombros. A repetitividade do trabalho revelou-se um fator crítico devido à realização de tarefas repetitivas e com tempos de ciclo muito curtos. Por fim, a complexidade e grau de detalhe de algumas tarefas, principalmente a montagem e os testes, associado a uma EIL bastante incompleta exigia um nível de atenção elevado. Salienta-se que os valores relativos a iluminação, ambiente térmico e ruído foram fornecidos pela empresa.

Com base nos resultados obtidos foram novamente analisados vários ciclos de trabalho de modo a identificar, em cada posto de trabalho, as posturas mais frequentes assim como a tarefa que contribuía para a adoção dessa postura, constituindo maior risco de LMERT. É importante realçar que a opinião das operadoras foi tida em consideração na seleção da tarefa mais crítica em cada posto de trabalho. As posturas selecionadas foram submetidas a uma análise de acordo com o método RULA, sendo apresentado na Tabela 16 um resumo das pontuações obtidas em cada tarefa associada à postura selecionada.

Tabela 16 – Resumo dos resultados obtidos com a aplicação do método RULA

Posto de Trabalho		Tarefa	Grupo A	Grupo B	Pontuação Final
SOL1	1	Soldar contacto à prata	5	3	4
SOL2	2	Soldar cordão ao contacto	5	3	4
SOL3	3	Soldar borne ao cordão	4	3	3
SOL4	4	Soldar armadura ao bimetalo	4	2	3
SOL5	5	Soldar borne à bobina	5	2	4
SOL6	6	Trocar contentor de bielas	5	4	5
SOL6.1	7	Montar bobina	5	3	4
SOL7	8	Soldar bobina à armadura	5	2	4
SOL8	9	Soldar eletro socorrimento	5	2	4
MON1	10	Montar bornes	6	3	5
	11	Trocar contentor de bornes	4	4	4
MON2	12	Encaixar neutro no botão	3	1	3
	13	Trocar caixas de tampas/interbases	4	6	6
MON3	14	Fechar aparelho	4	2	3
TESTE TÉRMICO	15	Empurrar cavidade	2	1	2
TESTE MAGNÉTICO	16	Inserir janela	4	3	3
TESTE ALTA TENSÃO	17	Colocar aparelho no teste	5	4	5
DESAPERTAR BORNES	18	Colocar aparelho	3	2	3
EMBALAGEM	19	Encaixar mostrina	6	4	6
SOL MDIF	20	Enrolar terciário no primário	6	3	5
MON MDIF	21	Montar rele	4	4	4
	22	Trocar caixas de reles	4	5	5
TESTE DIF	23	Colocar aparelho	2	1	2
TESTE MDIF	24	Terminar encaixe da peça de acoplar 1	5	3	4
ACOPLAR	25	Aparafusar MDIF	6	4	6

No Apêndice 26 encontram-se as posturas selecionadas e no Apêndice 27 a avaliação detalhada de todas as tarefas selecionadas e submetidas a análise.

Para além das tarefas mais frequentes foram analisadas as tarefas “6. Trocar contentor de bielas”, “11. Trocar contentor de bornes”, “13. Trocar caixas de tampas/interbases” e “22. Trocar caixas de reles”, que, apesar de pontuais, submetiam as operadoras a posturas desadequadas e deviam ser igualmente analisadas.

De acordo com a pontuação final obtida através da aplicação do método RULA, destacam-se cinco tarefas com pontuação final de 5 e três tarefas com pontuação final de 6, o que indicava a necessidade de investigação e intervenção em breve. As tarefas “6. Trocar contentor de bielas”, “10. Montar bornes”, “17. Colocar aparelho no teste”, “20. Enrolar terciário no primário” e “22. Trocar caixas de reles” eram aquelas que apresentavam pontuação final de 5. As que apresentavam pontuação final de 6 eram as tarefas “13. Trocar caixas de tampas/interbases”, “19. Encaixar mostrina” e “25. Aparafusar MDIF”. Concluiu-se que, apesar de pontuais, as tarefas 6, 13 e 22 apresentavam uma pontuação final elevada. A tarefa 17 já tinha sido mencionada no questionário EWA devido à altura a que se encontrava a máquina, sendo agora confirmado que contribuía para a adoção de uma postura incorreta. Da mesma forma, no capítulo 4.6.1 foi referido que as tarefas 19 e 20 apresentavam desperdício de tempo e possivelmente risco de LMERT, o que também se veio a confirmar.

As restantes tarefas apresentavam maioritariamente pontuação final de 3 (seis tarefas) e 4 (nove tarefas), o que implicava a necessidade de mais investigação, podendo eventualmente ser necessário intervir. Por fim, as posturas representadas pelas tarefas 15 e 23 eram aceitáveis desde que não fossem mantidas ou repetidas por longos períodos de tempo.

4.6.11 Medidas de desempenho irrealistas

As principais medidas de desempenho utilizadas pela empresa eram a eficiência e a taxa de rejeição. A eficiência é calculada através da divisão entre o tempo total previsto para a produção diária e aquele que foi realmente gasto pelas operadoras naquele dia. No entanto, os valores utilizados para o cálculo tinham em conta tempos de ciclo totais desatualizados, não existindo tempos de ciclo para as diferentes operações individualmente. No gráfico da Figura 96 é possível encontrar os dados de eficiência da célula MINI/MDIF no mês de fevereiro de 2022, no momento em que iniciou o estágio.

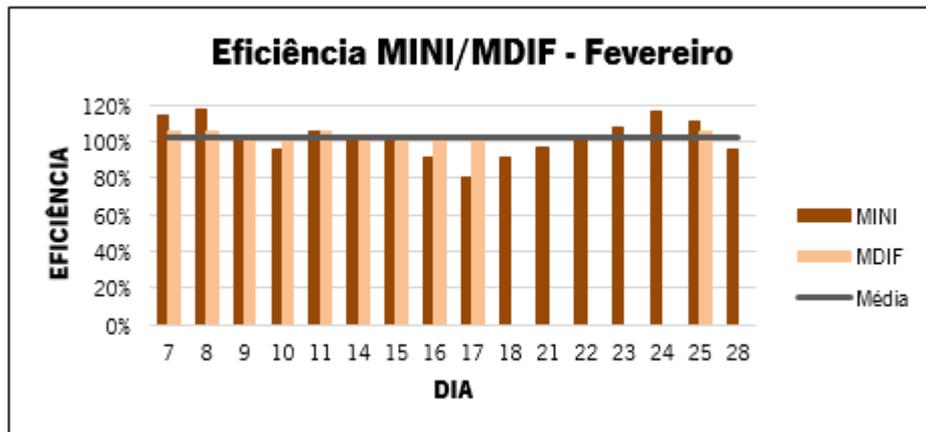


Figura 96 – Eficiência da célula MINI/MDIF no mês de fevereiro de 2022

Através da análise do gráfico, é possível constatar que a eficiência se situava maioritariamente perto dos 100% (média de 102%), uma vez que incluía tempos desatualizados e muito superiores ao tempo de ciclo real.

Relativamente à taxa de rejeição, esta é calculada através da divisão entre os aparelhos reparados e a totalidade de aparelhos embalados. No fundo, só era considerado rejeição quando existia a necessidade de abrir o aparelho para reparar após reprovação nos testes. Os valores de rejeição eram 0% o que não correspondia à realidade dada a elevada percentagem de aparelhos não conformes no teste térmico. Tal como mencionado no capítulo 4.6.2 existiam aparelhos que eram testados seis vezes, sendo por vezes necessário abrir para perceber o problema. Isto significa que não existia uma regra para a abertura e reparação de aparelhos, nem era feito nenhum registo quando existia essa necessidade. Desta forma, não existiam dados a entrar nas estatísticas de rejeição da célula, fazendo com que esta fosse de 0%.

Além destas duas medidas de desempenho, a autora incluiu ainda a produtividade do mês de fevereiro de 2022 calculada através da divisão entre o volume de produção e o tempo realmente gasto na produção dos aparelhos, com base nos valores reais dados pela empresa.

$$Produtividade (MINI) = \frac{2436}{282,3} = 8,6 \text{ ap/h} - h$$

$$Produtividade (MDIF) = \frac{270}{55,6} = 4,9 \text{ ap/h} - h$$

Tendo em conta que o volume de produção do MINI no mês de fevereiro foi de 2436 aparelhos tendo sido gastas 282,3 horas para os produzir, chegou-se à conclusão de que a produtividade foi de 8,6 aparelhos/hora-homem. Relativamente ao MDIF produziram-se 270 aparelhos em 55,6 horas, o que perfaz uma produtividade de 4,9 aparelhos/hora-homem.

4.7 Síntese dos problemas encontrados

Na Tabela 17 é apresentada uma conclusão dos problemas encontrados na fase de diagnóstico, com indicação das respectivas consequências e tipo de desperdício associado.

Tabela 17 – Síntese dos problemas encontrados

Problema	Consequência	Tipo de desperdício
Processo pouco fluido	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de todas as soldaduras no início e só depois as montagens; - Realização de tarefas desnecessárias ao posto seguinte; - Necessidade de repetir tarefas já realizadas anteriormente; - Aumento do tempo de atravessamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperas; - Sobre processamento; - <i>Stock</i>.
Elevada percentagem de não conformidades no teste térmico	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do tempo de atravessamento; - Atrasos na produção; - Quebra do ritmo de trabalho; - Necessidade de retrabalho; - Acumulação de aparelhos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperas; - <i>Stock</i>; - Defeitos; - Sobre processamento.
Falta de balanceamento	<ul style="list-style-type: none"> - Acumulação de WIP entre postos de trabalho; - Redução do ritmo de trabalho; - Esperas. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i>; - Esperas; - Não aproveitamento do potencial humano.
Tempo de atravessamento e WIP elevado	<ul style="list-style-type: none"> - Atrasos na produção; - Acumulação de aparelhos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperas; - <i>Stock</i>.
<i>Layout</i> desadequado	<ul style="list-style-type: none"> - Excesso de movimentações e transporte de material; - Fluxos inversos; - Elevadas distâncias percorridas pelos aparelhos podendo ocorrer danos; - Perda de tempo e quebra do ritmo de trabalho por estar constantemente a transportar aparelhos; - Disposição errada dos materiais nos postos; - Desorganização dos postos de trabalho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentações; - Transportes; - Defeitos.
Elevadas movimentações das operadoras	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo gasto em atividades que não acrescentam valor; - Quebra do ritmo de produção; - Aumento do tempo de atravessamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentações.
Reduzida polivalência da equipa	<ul style="list-style-type: none"> - Desmotivação das operadoras; - Repetitividade e monotonia do trabalho; - Resistência à mudança; - Paragem da produção e atrasos nas entregas, em caso de ausência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não aproveitamento do potencial humano.

<p>Inexistência de instruções de trabalho, falta de normalização e desorganização geral</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Erros no processo; - Utilização errada de componentes potenciada por uma EIL confusa e incompleta; - Sequência operatória não definida tornando o processo confuso; - Sobreprodução de produtos intermédios; - Aumento das atividades que não acrescentam valor; - A mesma tarefa podia ser executada de forma diferente; - Aumento da variabilidade do processo dificultando o controlo; - Identificações erradas/inexistentes/pouco claras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Defeitos; - Esperas; - Sobreprodução; - <i>Stock</i>; - Sobre processamento.
<p>Abastecimento desadequado dos postos de trabalho e excesso de matéria-prima</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poucos locais de recolha, desadequados e com pouco espaço; - Movimentações desnecessárias até aos pontos de recolha; - Stock de MP nos postos muito elevada face às necessidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Stock</i>; - Movimentações.
<p>Condições de trabalho desadequadas, tarefas repetitivas e más posturas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de espaço que contribuía para a adoção de más posturas; - Repetitividade; - Tarefas com ciclos muito curtos; - Possibilidade de LMERT. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não aproveitamento do potencial humano.
<p>Medidas de desempenho irrealistas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas de desempenho que não correspondiam à realidade levando à falsa sensação de ótimo desempenho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Não aproveitamento do potencial humano.

5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo serão apresentadas as propostas de melhoria que visam colmatar os problemas identificados no capítulo 4.6. Na Tabela 18 é apresentado o plano de ação desenvolvido que permite a reconfiguração do sistema de produção, recorrendo à técnica 5W2H.

Tabela 18 – Plano de ação 5W2H

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Identificação das famílias	Elevada quantidade de produtos produzidos na célula.	Análise ABC por quantidade produzida em 2021.	Joana Silva	MINI MDIF	abr/22	-
Alterações ao processo e aos equipamentos	Processo pouco fluido; Realização de atividades desnecessárias ao posto seguinte; Atividades com risco de LMERT; Esperas e <i>stock</i> .	Adequação da prensa da embalagem; Alteração do processo de soldadura dos primários; Criação de um novo equipamento de arrefecimento.	Joana Silva, Tânia Leite, Equipa de Manutenção e Equipa de Qualidade		mai/22	554,6 UM
Alteração do procedimento no teste térmico	Elevada % de não conformidades no teste térmico; Atrasos na produção; Acumulação de aparelhos; Quebra do ritmo de produção; Necessidade de retrabalho.	Criação de uma regra para reparação de aparelhos; Sensibilidade para o posicionamento do parafuso térmico.	Joana Silva, Tânia Leite e Equipa de Qualidade		mai/22 a set/22	-
Alteração do procedimento no laser	Elevadas movimentações; Sobreprodução de mostrinas; Atividades que não acrescentam valor ao processo.	Integração do laser na nova linha manual de testes IDP; Realização do laser pelas operadoras do IDP; Transporte das mostrinas para a célula realizada pelo <i>petit-train</i> .	Joana Silva e Empresa		mai/22 a set/22	-
Realocação dos recursos existentes	Necessidade de máquinas de soldar noutras células da empresa; Movimentações entre postos de trabalho.	Realocação de 3 máquinas de soldar; Colocação do teste de alta tensão e desapertar bornes em paralelo.	Joana Silva e Empresa		mai/22 a set/22	20 UM
Balanceamento dos postos de trabalho	Tempos desajustados; Esperas; WIP; Redução do ritmo de trabalho; Medidas de desempenho irreais; Não aproveitamento do potencial humano.	Aumento da capacidade e reformulação do processo de montagem dos aparelhos.	Joana Silva e Tânia Leite		mai/22 a jun/22	-
Formação das operadoras	Reduzida polivalência da equipa; Atrasos ou paragem da produção em caso de ausência.	Acompanhamento e formação das operadoras em todos os postos da célula; Formação das operadoras do IDP para as tarefas do laser.	Joana Silva e Empresa		jul/22 a set/22	-

Alteração do <i>layout</i>	Excesso de movimentações e transportes; Desorganização dos postos; Abastecimento desadequado; Elevada distância percorrida pelos aparelhos.	Nova disposição dos postos de trabalho (em U); Organização dos postos; Definição e identificação do local dos componentes.	Joana Silva e Empresa	MINI MDIF	jun/22 a set/22	3 080 UM
Redução do tamanho do lote	Baixa cadência e capacidade de resposta a variações da procura. Tempo de permanência no mesmo posto.	Definição de uma quantidade por lote inferior.	Joana Silva e Tânia Leite		set/22	-
Alteração dos tabuleiros de transporte	Tabuleiros de transporte estragados e muito grandes.	Criação de um novo tabuleiro de transporte mais pequeno.	Joana Silva e Equipa de Manutenção		set/22	40 UM
Rotatividade das operadoras	Repetitividade e monotonia do trabalho; Desmotivação da equipa; Problemas posturais.	Modo operatório em <i>rabbit-chase</i> . Equilíbrio entre postos de trabalho de pé/sentado.	Joana Silva		set/22 a out/22	-
Envolvimento das operadoras	Desmotivação da equipa; Resistência à mudança.	Diálogo constante com as operadoras; Análise das ideias de melhoria.	Joana Silva		mai/22 a out/22	-
Normalização do trabalho	Inexistência de instruções de trabalho; Variabilidade do processo.	Criação de instruções de trabalho para todos os postos e colocação no respetivo posto; Atualização dos planos de controlo de qualidade.	Joana Silva e Equipa de Qualidade		set/22 a out/22	-
Organização dos postos de trabalho	Desorganização dos postos; Posturas de risco aquando da troca de contentores; <i>Stock</i> de matéria-prima elevado.	Componentes organizados de modo a facilitar o alcance; Criação de estruturas para os acondicionar corretamente; Redimensionamento das quantidades por contentor de acordo com a capacidade de abastecimento.	Joana Silva		set/22 a out/22	-
Eliminação da caixa exterior	Cadência e fluidez do trabalho; Componente apenas utilizado nesta célula.	Eliminação da caixa exterior correspondente à embalagem dos produtos MINI.	Joana Silva e Empresa		jul/22	-
Abastecimento direto dos postos de trabalho	Locais de abastecimento desadequados; Elevadas movimentações até aos pontos de recolha.	Definição dos locais de recolha e paragem; Atualização das etiquetas de identificação dos contentores; Definição de uma nova rota para o <i>petit-train</i> .	Joana Silva		set/22 a out/22	-
Alteração da EIL	EIL incompleta obrigando as operadoras a decorar os componentes que diferem entre tipologias.	Inclusão dos componentes que diferem entre tipologias de acordo com a reformulação do processo; Inclusão dos campos de validação dos testes; Eliminação de campos duplicados.	Joana Silva e Equipa de Tecnologias de Informação		set/22 a out/22	20 UM
Estratégias de gestão visual	Desorganização dos postos; Identificações inexistentes, pouco claras ou erradas.	Identificação e delimitação de áreas, equipamentos e materiais.	Joana Silva	set/22 a out/22	-	

5.1 Reconfiguração do sistema de produção

O principal objetivo da empresa com a realização deste projeto era a reconfiguração do sistema produtivo, tornando-o mais flexível e com menos desperdícios. Ao longo da análise descrita no capítulo 4.6, tornou-se evidente a necessidade desta reconfiguração tendo sido seguida a metodologia de Alves (2007). Neste sentido foram seguidas as cinco etapas descritas na secção 2.5.3, iniciando-se com a identificação das famílias. De seguida foram realizadas alterações aos equipamentos e ao processo no sentido de reduzir o tempo de processamento dos aparelhos, as atividades de risco para as operadoras e desperdícios. Estas alterações englobaram a adequação da prensa da embalagem, a alteração do processo de soldadura dos primários, a alteração do procedimento no teste térmico e criação de um novo aparelho de arrefecimento e ainda a integração do laser na nova linha manual de testes IDP. Além destas alterações foram ainda realocadas três máquinas de soldar noutras linhas/células da empresa e colocado em paralelo o teste de alta tensão e a máquina de desapertar bornes. Estas alterações foram realizadas no contexto da instanciação das células.

Foram estabelecidos novos objetivos de produção, procedendo-se ao balanceamento dos postos de trabalho tendo em conta a reformulação do processo de montagem, sendo para isso necessária a formação das operadoras. Consequentemente foi necessário ajustar o *layout*, definir um novo modo operatório, permitindo melhorar os fluxos de materiais, organizar os postos de trabalho e reduzir desperdícios. Para além disso a criação de instruções de trabalho era essencial para o correto funcionamento da célula, uma vez que, com a sequência operatória definida e documentada, a variabilidade do processo diminuía e com isso o controlo do processo tornava-se mais simples. Todas estas atividades foram realizadas para instanciar os postos de trabalho.

Outro aspeto fulcral foi a definição de uma nova rota para o *petit-train*, que permitisse o abastecimento direto dos postos de trabalho e incluísse a máquina de laser presente na linha manual de testes IDP. Por fim, a EIL foi alterada e o fluxo de informação ajustado. Salienta-se que todo o processo de reconfiguração envolveu as operadoras, motivando-as a contribuir e a melhorar as suas competências e condições de trabalho. Estas atividades foram necessárias para obter uma organização do *layout* intracelular e intercelular, integrando a célula no sistema como um todo.

5.1.1 Identificação das famílias

De acordo com a metodologia de Alves (2007) descrita na secção 2.5.3 é importante iniciar-se a reconfiguração com a identificação das famílias. Como explicado no capítulo 4.5, as três famílias de

artigos com maior impacto na produção eram: MINI 1P+N SYSTEM, MINI 2P SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM. No entanto, e tal como mencionado nesse mesmo capítulo, a família MINI 2P SYSTEM apresentava flutuações na procura e, por esse motivo ficou estabelecido que o foco da reconfiguração seriam as famílias MINI 1P+N SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM, ajustando posteriormente as diferentes tipologias com menor expressão.

5.1.2 Instanciação de células

Identificadas as famílias, os processos e equipamentos respetivos também estão identificados. No entanto, ao longo das observações do chão de fábrica foram encontrados alguns processos desadequados que tinham como consequência o desperdício de tempo e a adoção de posturas incorretas. Neste sentido, foram realizadas alterações aos equipamentos e ao processo, no sentido de reduzir as atividades de risco realizadas pelas operadoras, tornando o processo mais rápido. No total foram identificadas necessidades de alteração na prensa da embalagem, no processo de soldadura dos primários, no procedimento no teste térmico, a integração do laser na nova linha manual de testes IDP e ainda a necessidade de melhorar o aproveitamento dos recursos existentes. Estas alterações são descritas nas secções seguintes.

5.1.2.1 Adequação da prensa da embalagem

O processo de colocação da mostrina e da capa do botão era realizado em quatro passos. Inicialmente a operadora colocava a capa do botão, encaixava-o na prensa, colocava a mostrina e encaixava-a fazendo força com os polegares. Para além do desperdício de tempo a colocar dois componentes separadamente, a colocação da mostrina exigia alguma força.

Através da aplicação da ferramenta ergonómica RULA, tornou-se evidente a necessidade de alterar este processo dado que a pontuação obtida foi de 6. Neste sentido, alterou-se a prensa utilizada para inserir a capa do botão, colocando um dispositivo que permitia encaixar simultaneamente os dois componentes. Desta forma o processo é melhorado, sendo necessários apenas três passos: colocação da capa do botão, colocação da mostrina e encaixe simultâneo dos dois componentes na prensa. Tendo em conta esta alteração, foi necessário realizar a medição do tempo de ciclo da tarefa “Encaixar capa do botão e mostrina”, seguindo o mesmo procedimento explicado no capítulo 4.6.3.

Com esta alteração foi possível reduzir 3,3 segundos por cada aparelho. Paralelamente a tarefa que apresentava risco ergonómico foi eliminada, melhorando assim as condições de trabalho.

A adequação da prensa da embalagem foi realizada por um elemento da equipa de manutenção durante 1 hora. Tendo em conta o custo de MDO de 20 UM/hora, esta alteração apresentou um custo de 20 UM.

5.1.2.2 Alteração do processo de soldadura dos primários

O processo de soldadura dos primários necessários para o MDIF era composto pelas seguintes tarefas: soldadura do primário neutro ao borne, enrolamento do terciário no primário fase e posterior soldadura ao borne. O enrolamento do terciário era uma tarefa demorada e, de acordo com a ferramenta ergonómica RULA, acarretava algum risco para a operadora devido à rotação do pulso, com uma pontuação final de 5. Nesse sentido, avaliou-se a possibilidade de alterar o enrolamento passando apenas a ser colocado por cima do primário em vez de enrolado. Desta forma, o processo passaria a ser: soldadura do primário neutro ao borne, soldadura do terciário ao primário e posterior soldadura ao borne. Assim seria possível eliminar a tarefa de enrolar o terciário, reduzindo o risco para a operadora.

Juntamente com a equipa de qualidade foi criada uma amostra para perceber se a solução era viável em termos de resistência das soldaduras. Depois de testada a amostra, confirmou-se que se mantinha dentro dos valores estipulados, sendo possível alterar o processo. Da mesma forma que na alteração anterior, foi necessário realizar a medição do tempo de ciclo das tarefas “Soldar terciário ao primário” e “Soldar primário com o terciário ao borne”, seguindo o mesmo procedimento explicado no capítulo 4.6.3.

Com esta alteração do processo foi possível obter um ganho de 10,9 segundos por cada aparelho. Para além do ganho de tempo, a tarefa de enrolamento foi eliminada, contribuindo para a melhoria das condições ergonómicas.

A alteração do processo de soldadura dos primários envolveu uma operadora do MINI/MDIF para realizar a amostra durante 15 minutos e uma operadora dos testes destrutivos durante 10 minutos, ambas acompanhadas por um elemento da equipa de qualidade. O custo de MDO associado às operadoras é de 15 UM/hora e o custo de MDO relativo ao elemento da equipa de qualidade é de 20 UM/hora, o que dá um total de 14,6 UM.

5.1.2.3 Alteração do procedimento no teste térmico e criação de um novo equipamento de arrefecimento dos aparelhos

O teste térmico apresentava um problema grave para a célula uma vez que cerca de 86% dos aparelhos estavam não conformes na primeira tentativa de teste, sendo por vezes necessárias seis tentativas para que todos os aparelhos de um *kit* estivessem em conformidade com as especificações. Sempre que um aparelho não estava conforme era ajustado o parafuso de acordo com o resultado do teste, ficando a

arrefecer num ventilador por trinta minutos para que o bimetal voltasse à sua posição. O tempo de arrefecimento era bastante elevado e desajustado face a processos idênticos na empresa uma vez que tinha sido definido sem critérios específicos.

Juntamente com a equipa de qualidade analisou-se a possibilidade de arrefecer diretamente o bimetal através de um dispositivo adequado, permitindo reduzir o tempo necessário para os aparelhos arrefecerem. De acordo com o estudo realizado, chegou-se à conclusão que era possível reduzir o tempo de arrefecimento de 30 minutos para 1,5 minutos, caso o bimetal fosse arrefecido diretamente. Para isso era necessário um dispositivo adequado visto que o ventilador existente não tinha essa possibilidade.

Em conjunto com a equipa de manutenção foi desenvolvido um novo equipamento, apresentado na Figura 97, que, para além de mais pequeno era também mais eficiente. Tornava possível o arrefecimento, em 1,5 minutos, de quatro aparelhos simultaneamente. Além disso, logo que o aparelho estivesse pronto a ser testado, era emitido um sinal visual através da luz verde que se acendia. Este equipamento foi projetado e montado por um elemento da equipa de manutenção e totalmente produzido na empresa numa impressora 3D. O desenvolvimento deste equipamento envolveu 8 horas de projeto e 3 horas de montagem, que totalizam um custo de MDO de 220 UM, visto que o custo de MDO de um elemento da equipa de manutenção é de 20 UM/hora. Além disso, a compra de material envolveu um custo de 300 UM, o que perfaz um custo total de 520 UM.



Figura 97 – Novo equipamento de arrefecimento dos aparelhos

De forma a resolver o problema da elevada rejeição no teste térmico, foi efetuado um estudo pelo departamento de qualidade onde se verificou que o teste de pré-ajuste estava a prejudicar o desempenho térmico do aparelho. Foi feito um trabalho com as operadoras de sensibilidade para o posicionamento do parafuso térmico, permitindo reduzir a percentagem de não conformidades para 50%.

Para além destas melhorias, foi criada uma regra de modo a não testar continuamente um aparelho não conforme. Sempre que um aparelho não conforme apresentasse um valor baixo, colocava-se um sinal menos (-) e sempre que o valor fosse alto colocava-se o sinal mais (+). Três tentativas seguidas com defeitos do mesmo tipo (3 disparos altos ou 3 disparos baixos), o aparelho devia ser enviado para reparação num contentor dedicado. No entanto, se apresentassem defeitos alternados, no máximo eram realizadas cinco tentativas antes de ser enviado para a reparação. Desta forma, eram também atualizados os valores de rejeição, contribuindo para o aumento da fiabilidade das medidas de desempenho.

5.1.2.4 Integração do laser na nova linha manual de testes IDP

O processo associado ao laser era constituído por tarefas sem valor acrescentado, nomeadamente a contagem individual de todas as mostrinas até à quantidade necessária para a produção diária sendo, na maioria das vezes, em quantidades superiores. Uma vez preparadas as mostrinas, estas eram transportadas até ao laser, realizando-se o laser em todas elas. Depois eram novamente transportadas para a célula MINI/MDIF e acumuladas na embalagem para serem utilizadas conforme necessário. Este processo contribuía para movimentações desnecessárias das operadoras, uma vez que esta máquina se encontrava a cerca de 16,5m da embalagem do MINI/MDIF. Além disso, os produtos eram transportados ao longo da nave 3 apenas para realização do laser e, posteriormente, acumulados na embalagem contribuindo para o elevado WIP nesse posto. Por fim, salienta-se ainda o desperdício de tempo a realizar o laser em quantidades superiores ao necessário podendo eventualmente estragar-se.

Ao longo do projeto a máquina do laser foi retirada da nave 3 passando a integrar a nova linha manual de testes IDP na nave 1, o que se tornava um desperdício ainda maior visto que se encontrava mais distante. Neste sentido, analisou-se a possibilidade de integrar o laser do MINI/MDIF na nova linha manual de testes do IDP, passando a ser realizado pelas operadoras do IDP e transportado para a célula através do *petit-train*. O programador da produção passou a colocar a EIL junto da máquina de laser na linha manual de testes IDP (Figura 98 (a)) e posteriormente o *petit-train* realizava o transporte para a célula MINI/MDIF colocando as EIL's no sequenciador dedicado ao MINI/MDIF (Figura 98 (b)).

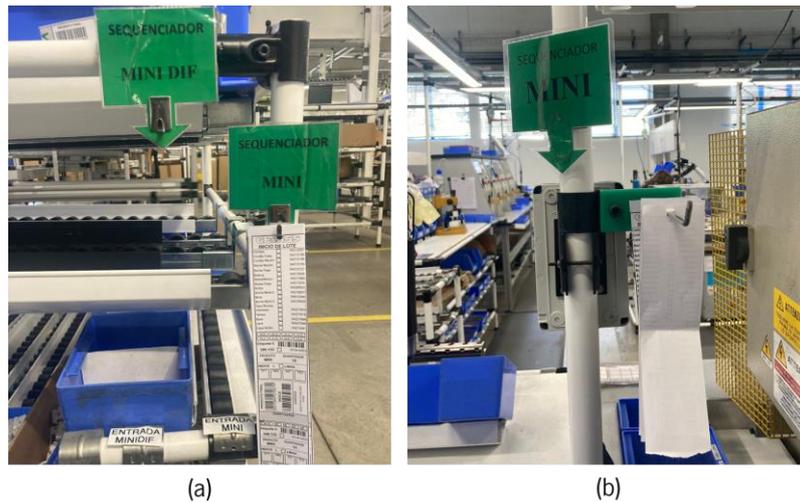


Figura 98 – (a) Sequenciador na linha manual de testes IDP; (b) Sequenciador na célula MINI/MDIF

Existindo contentores vazios de mostrinas e EIL no sequenciador da linha manual de testes IDP, a produção das mostrinas era iniciada. Sendo assim, as operadoras do IDP realizavam o laser, colocando as mostrinas e respetiva EIL no contentor, sendo enviado pelo *petit-train* para a embalagem do MINI/MDIF (Figura 99).



Figura 99 – Entrada de mostrinas no MINI/MDIF

Após o consumo destas mostrinas, o contentor vazio era colocado na recolha e enviado para a linha manual de testes IDP através do *petit-train*. Desta forma apenas se produzia a quantidade de mostrinas efetivamente necessária, reduzindo o desperdício e *stock* da embalagem. Para além disso era possível reduzir as movimentações das operadoras assim como a possibilidade de erro, uma vez que cada contentor era acompanhado pela respetiva EIL, tendo a operadora que verificar se correspondia ao *kit* que acabara de produzir.

5.1.2.5 Realocação dos recursos existentes

Dada a necessidade da empresa em adquirir máquinas de soldar para outras linhas/células da fábrica e, tendo em conta o custo unitário de 25 000 UM, foi proposto pela empresa analisar a possibilidade de retirar máquinas do MINI para outro local com um impacto maior na produção. Sendo assim analisou-se a tipologia das máquinas de soldar, chegando-se à conclusão apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 – Tipologia das máquinas de soldar

TIPOLOGIA DAS MÁQUINAS DE SOLDAR	
TRECI	NIMAKI
SOL1	SOL3
SOL2	SOL4
SOL MDIF	SOL5

De acordo com a Tabela 19, verificou-se que as máquinas SOL1, SOL2 e SOL MDIF eram da mesma tipologia. Sendo assim, decidiu-se analisar a possibilidade de retirar as máquinas SOL1 e SOL MDIF, mantendo a SOL2, onde seriam realizadas todas as tarefas. Para além destas tarefas, passaria a realizar também a soldadura do cordão ao borne da tipologia MINI 2P SYSTEM, que anteriormente era realizada na máquina SOL5 com um grande desperdício de pasta de solda tal como apresentado no capítulo 4.5.2. Desta forma, todas as tarefas do mesmo tipo passariam a ser realizadas na SOL2 (Tabela 20), contribuindo para a uniformização do processo ao mesmo tempo que se combatia o desperdício.

Tabela 20 – Distribuição das tarefas com a eliminação da SOL1 e SOL MDIF

TAREFA	PT ANTES	PT DEPOIS
Soldar contacto à prata	SOL1	SOL2
Soldar contacto ao cordão	SOL2	
Soldar contacto à prata MINI 2P	SOL1	
Soldar contacto ao cordão MINI 2P	SOL5	
Soldar cordão ao borne MINI 2P	SOL2	
Soldar primários ao borne MDIF	SOL MDIF	

De modo a perceber se a alteração era vantajosa, analisaram-se os tempos de *setup* necessários. De modo a facilitar o processo de *setup*, incorporou-se um dispositivo designado de “*setup* rápido” em todos, estipulando-se que os dispositivos e elétrodos respetivos estariam sempre agrupados e a troca seria do conjunto completo ao mesmo tempo.

Para além disso foi desenhada uma marca no eléctrodo na posição que teria de ficar para ser colocado corretamente à primeira. Anteriormente a troca era feita em separado, acrescentando o facto de terem de procurar o eléctrodo correto, o que aumentava o tempo de *setup*. É de salientar que as três tarefas do MINI 2P já implicavam a troca de elétrodos nas máquinas SOL1, SOL2 e SOL5. Com a incorporação do dispositivo de *setup* rápido, o *setup* foi reduzido. Na Figura 100 é possível verificar o dispositivo e eléctrodo incorporado, assim como a marca desenhada no eléctrodo.



Figura 100 – Setup rápido

Tendo em conta que o processo de troca passou a ser igual para todos devido à criação do dispositivo de “*setup* rápido” foi analisado o tempo de *setup*, de acordo com a folha de observações normalizada. Com estas observações foi possível concluir que cada *setup* demoraria 1,4 segundos/aparelho.

Verificou-se ainda que as máquinas SOL3, SOL4 e SOL5 também eram do mesmo tipo (NIMAKI). No entanto, optou-se por retirar apenas uma delas de modo que o processo ficasse mais fluido. Sendo assim analisou-se a possibilidade de retirar a máquina SOL4, passando a tarefa de soldar o bimetálico à armadura a ser realizada na SOL5. Sendo assim, com a eliminação da máquina SOL4, as tarefas eram distribuídas pelas máquinas SOL3 e SOL5 de acordo com a Tabela 21.

Tabela 21 – Distribuição das tarefas com a eliminação da SOL4

TAREFA	PT ANTES	PT DEPOIS
Soldar borne ao cordão neutro	SOL3	SOL3
Soldar bimetálico ao cordão fase	SOL3	
Soldar borne à bobina	SOL5	SOL5
Soldar bimetálico à armadura	SOL4	

Na SOL3 já era realizado um *setup* dependendo da forma como se encontrava a máquina. Tal como no caso anterior alterou-se a forma de trocar os elétrodos e dispositivos, ficando também agrupados. Optou-se por analisar o tempo de *setup* devido à alteração que facilitava o processo de troca, concluindo-se que cada *setup* demoraria 1,2 segundos/aparelho.

A equipa concluiu que as alterações eram vantajosas tendo em conta que o ganho por não ter de comprar máquinas novas (25 000 UM cada) aliado ao espaço livre que se obteria, seria superior à perda relativa aos *setups*.

Para além das máquinas de soldar também se verificou que era possível colocar em paralelo o teste de alta tensão e o posto de desapertar bornes. Desta forma tornava o processo mais eficiente uma vez que,

à medida que testava o aparelho, podia colocar o anterior a desapertar os bornes, sem necessidade de se deslocar constantemente como acontecia na configuração anterior. Para esta alteração foi necessário criar uma mesa adequada para a colocação dos dois equipamentos, tal como é possível encontrar na Figura 101. A colocação dos equipamentos em paralelo envolveu um elemento da equipa de manutenção durante 1 hora para assegurar o correto funcionamento dos mesmos. Dado o custo de MDO de 20 UM/hora, esta alteração apresentou um custo de MDO de 20 UM.

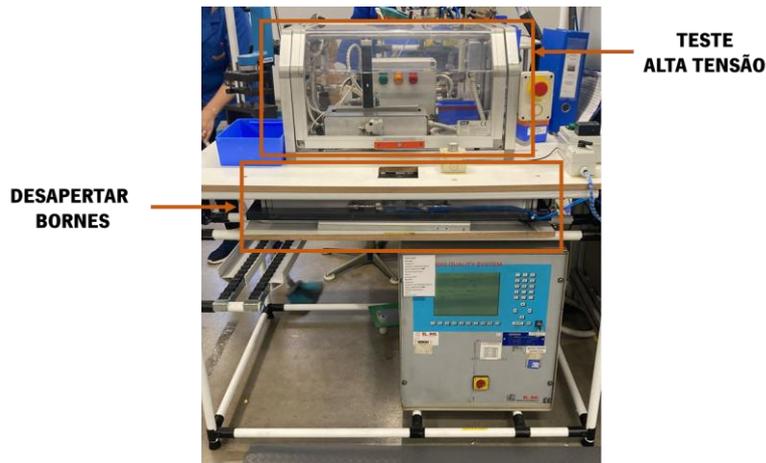


Figura 101 – Teste de Alta Tensão e Desapertar bornes

5.1.3 Instanciação dos postos de trabalho

Nesta etapa é realizado a instanciação dos postos de trabalho em que uma atividade essencial é o balanceamento destes. Assim, nesta secção é apresentado o balanceamento selecionado e respetivo investimento necessário, que contempla o aumento de capacidade proposto pela empresa e ainda a reformulação do processo de montagem dos aparelhos. É ainda abordado o número de operadoras necessário tendo em conta a capacidade atual e a capacidade proposta e, por fim, a polivalência da equipa.

5.1.3.1 Proposta de aumento de capacidade

A gestão da empresa estabeleceu como objetivo uma produção de 350 MINI e 150 MDIF. Tendo em conta que os MDIF são a junção de um MINI com a parte diferencial é necessário adicionar esses 150 a serem produzidos no MINI. Sendo assim foram considerados 500 aparelhos MINI e 150 MDIF. No momento da análise da situação atual, a célula estava preparada para produzir um total de 204 MINI e 38 MDIF, o que significa um aumento de 59% e 75%, respetivamente. Com base nas novas procuras foram calculados os novos TT e o número de postos de trabalho necessários para responder adequadamente à procura de mercado. Os cálculos realizados são apresentados de seguida.

$$TT (MINI) = \frac{\text{Tempo disponível/dia}}{\text{Procura/dia}} = \frac{28380}{500} = 56,8 \text{ s}$$

$$TT (MDIF) = \frac{\text{Tempo disponível/dia}}{\text{Procura/dia}} = \frac{28380}{150} = 189,2 \text{ s}$$

$$n^{\circ} PT (MINI) = \frac{\sum \text{operações}}{TT} = \frac{379,8}{56,8} \approx 7 PT$$

$$n^{\circ} PT (MDIF) = \frac{\sum \text{operações}}{TT} = \frac{393,8}{56,8} \approx 7 PT$$

Salienta-se que o somatório das operações tem em conta as alterações realizadas ao processo e aos equipamentos explicadas anteriormente. Para além disso, no cálculo do número de postos do MDIF, o somatório das operações não inclui os tempos da embalagem uma vez que é um posto comum e já foi incluído no MINI.

De modo a satisfazer a procura, todos os postos deverão ter um tempo de ciclo que não ultrapasse os 56,8 segundos, incluindo os postos do MDIF uma vez que este produto carece da produção de um MINI que posteriormente é utilizado para a produção do MDIF. Desta forma, todos os postos teriam um TC equilibrado independentemente da tipologia, o que implicava a necessidade de 7 postos no MINI e no MDIF. No entanto, dado que apenas se produziam 30 aparelhos por dia no momento da reconfiguração, chegou-se à conclusão de que a célula estava a ser sobredimensionada para o momento atual. Nesse sentido, a pedido da empresa, foram agrupados em 3 postos considerando o posto de acoplar/embalar em separado, sem nunca ultrapassar o TT do MDIF. Para além destes postos, foram considerados dois postos extra para a produção dos produtos MPRESA, um para montagem e outro para teste.

Na formação dos novos postos de trabalho foram considerados os seguintes critérios:

- Distribuição das operações de forma equilibrada sem nunca ultrapassar o TT, tentando reduzir o desfasamento entre eles;
- Operações semelhantes devem ser realizadas no mesmo posto, de modo a uniformizar o processo e tornar mais fácil a adaptação das operadoras;
- Reformulação do processo de montagem promovendo a realização das tarefas apenas quando são necessárias;
- Criação de raiz de novos postos de trabalho de acordo com o *standard* da empresa.

5.1.3.2 Propostas de balanceamento

Foram analisadas várias propostas de balanceamento que permitiam a reformulação do processo de montagem, sendo apresentadas no Apêndice 28 as quatro propostas que suscitaram mais interesse no

processo do MINI. Além disso foram analisadas as diferenças em termos processuais entre as quatro propostas, que podem ser consultadas no Apêndice 29.

A proposta 3 foi aquela que se destacou uma vez que permitia a reformulação do processo e promovia a realização das tarefas apenas quando necessário com um desfasamento entre postos de trabalho considerado mínimo.

O problema associado à saída das molas ao longo do transporte era eliminado, uma vez que, apenas eram colocadas no momento em que efetivamente eram necessárias. Com esta proposta era possível realocar as três máquinas propostas no capítulo 5.1.2, o que permitia à empresa otimizar os recursos existentes sem necessidade de comprar máquinas novas que apresentavam um custo unitário de 25 000 UM.

Com o novo balanceamento deixava de existir a separação entre soldaduras e montagens, sendo incluído ao longo do processo a montagem do aparelho. No sentido de diminuir a quantidade de *setups* e o esforço físico das operadoras, ficou estipulado que todas as tarefas que constituem o PT1 seriam realizadas por *kanban*. O balanceamento da tipologia MINI pode ser analisado na Figura 102.

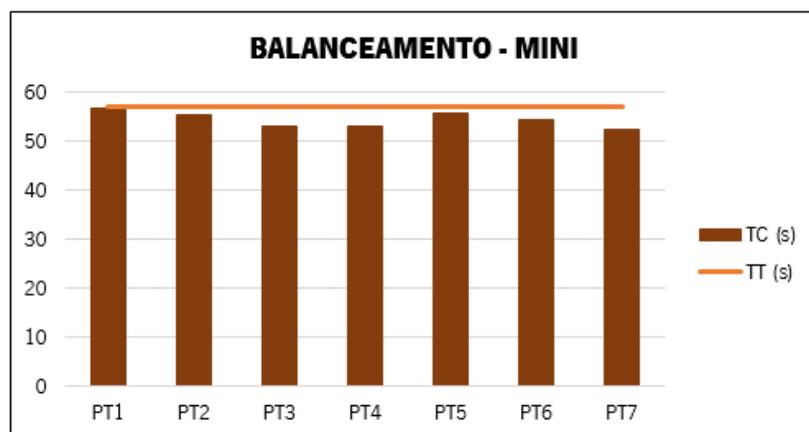


Figura 102 – Balanceamento MINI

Posteriormente foram analisadas várias propostas de balanceamento para o processo do MDIF, sendo possível consultar no Apêndice 30 as duas propostas que se destacaram e no Apêndice 31 as diferenças em termos processuais.

A equipa chegou à conclusão de que a proposta 1 era a mais vantajosa uma vez que simplificava o processo. Apesar da folga existente do TC em relação ao TT, com esta proposta o desfasamento entre postos de trabalho era menor principalmente entre o PT8, PT9 e PT11. É importante salientar que o PT7 é considerado um posto comum ao MINI, associado ao acoplamento e embalagem dos aparelhos. Este

posto não se encontra balanceado uma vez que é constituído por tarefas que não podem ser realizadas anteriormente. O balanceamento da tipologia MDIF pode ser consultado na Figura 103.

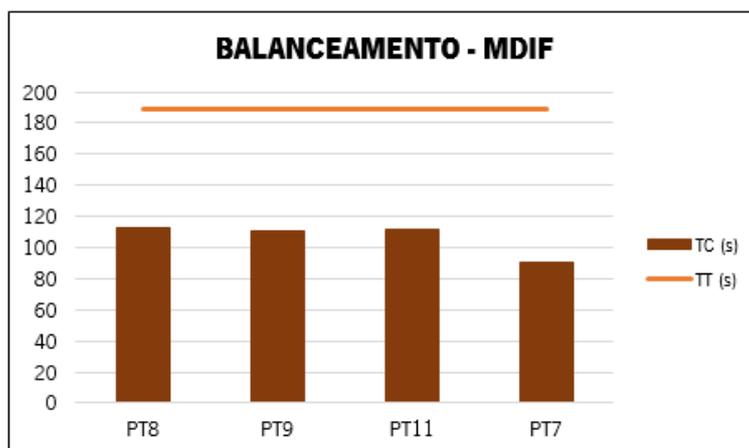


Figura 103 – Balanceamento MDIF

5.1.3.3 Investimento necessário

O impacto nos recursos foi analisado em reunião com a equipa sendo resumido na Tabela 22 o investimento final.

Tabela 22 – Impacto do balanceamento nos recursos

IMPACTO NOS RECURSOS					
Recursos	Preço (UM)	Qtd. Inicial	Qtd. Proposta	Tipologia	Investimento (UM)
Aparafusadoras	600	4	7	+2MINI +1MDIF	-
Dispositivo montar bornes	-	4	5	+1MDIF	80
Ferro de soldar	-	1	2	+1MDIF	-
Máquinas de soldar	25 000	9	6	-2MINI -1MDIF	-
Ventilador	-	-	1	1MINI	520
Postos de trabalho	-	-	9	6MINI + 2MDIF + 1MPRESA	3 000

Em termos de aparafusadoras passaram a ser necessárias 7 distribuídas por toda a célula, existindo quantidade suficiente em *stock* na empresa. Dadas as alterações realizadas ao processo, os dispositivos de montar bornes deixaram de estar todos no posto MON1 e foram distribuídos pelos postos onde eram efetivamente necessários. Apenas foi necessário duplicar um dispositivo existente (90AP0394) que passaria a incorporar o primeiro posto do MDIF, sendo integralmente produzido na empresa por um elemento da equipa de manutenção durante 4h, aproximadamente. Dado o custo de MDO de 20 UM/hora, a duplicação deste dispositivo envolveu um custo em MDO de 80 UM.

Com a reformulação do processo seriam necessários dois ferros de soldar alocados aos dois primeiros postos do MDIF. No entanto, não foi necessária a compra deste recurso dado que a empresa tinha em *stock*. Relativamente às máquinas de soldar, foi possível retirar as três máquinas de soldar referidas no capítulo 5.1.2, o que constitui um ganho para a empresa em termos monetários uma vez que não precisa de investir em máquinas novas, ao mesmo tempo que permite uma melhor utilização dos seus recursos. O ventilador inicial foi substituído por um equipamento de arrefecimento mais eficiente totalmente produzido na empresa, com um custo total de 520 UM tal como explicado no capítulo 5.1.2. Por fim, todos os postos foram construídos de raiz pela autora e pela equipa de engenharia de processo envolvendo um custo de 3 000 UM. Salienta-se que este investimento na construção de novos postos de trabalho só aconteceu por interesse da empresa na uniformização das estruturas.

5.1.3.4 Afetação de operadoras

Uma vez concluído o balanceamento procedeu-se ao cálculo do número de operadoras. Para se produzir a quantidade máxima pretendida era necessário que todos os postos estivessem ocupados, ou seja, 7 operadoras no MINI e 4 operadoras no MDIF. Tendo em conta que os postos se encontram balanceados, a carga de trabalho será semelhante entre as operadoras, não existindo risco de sobrecarga. No entanto, mantendo-se a produção atual apenas eram necessárias 2 operadoras no MINI e 1 operadora no MDIF. O cálculo relativo ao número de operadoras encontra-se no Apêndice 32.

Tal como apresentado na matriz de polivalência no capítulo 4.6.7, existiam postos considerados críticos uma vez que apenas existia uma operadora com formação naquele posto. Tornou-se essencial a formação das operadoras de modo a aumentar a polivalência da equipa e a flexibilidade da célula. Sendo assim, ao longo de três meses as operadoras receberam formação em todos os postos da célula acompanhadas pelo líder de célula e pela autora, ficando aptas em todos os postos. Desta forma, foi possível melhorar as competências de todas as operadoras, facilitando o processo de reconfiguração do processo produtivo. Além disso foi criada uma matriz de polivalência, presente no Apêndice 33, que passou a estar afixada na célula de modo a motivá-las a melhorar cada vez mais.

5.1.4 Organização intracelular e controlo da célula

Em termos de organização intracelular e controlo da célula é abordada a alteração do *layout*, redução do tamanho do lote, modo operatório selecionado, fluxo de materiais, normalização do trabalho, organização dos componentes nos respetivos postos de trabalho e por fim, a proposta de eliminação das caixas exteriores.

5.1.4.1 Alteração do layout

O *layout* da célula mantinha-se praticamente igual desde o início da produção desta tipologia de aparelhos, ou seja, durante cerca de 20 anos sofreu poucas alterações. Com a reconfiguração era imperativa uma mudança de *layout*, que se ajustasse à sequência operatória e permitisse uma maior fluidez com o mínimo de desperdícios. Sendo assim, foram analisadas várias possibilidades utilizando maquetes 2D à escala, que permitiam obter uma melhor perceção do espaço disponível, facilitavam o processo criativo e permitiam a discussão em equipa. Na Figura 104 é possível encontrar um exemplo dessas maquetes numa fase inicial. Os principais critérios para a escolha do *layout* foram a minimização das distâncias percorridas pelos aparelhos, a visibilidade das operadoras dentro da célula, o enquadramento da embalagem com a célula BD/BDHP, a facilidade de abastecimento direto dos postos de trabalho e ainda um melhor aproveitamento do espaço disponível.



Figura 104 – Exemplos de layouts 2D

Foram analisadas e discutidas várias possibilidades, permitindo chegar à conclusão de que, o *layout* presente na Figura 105 era o mais adequado e por isso seria o selecionado.

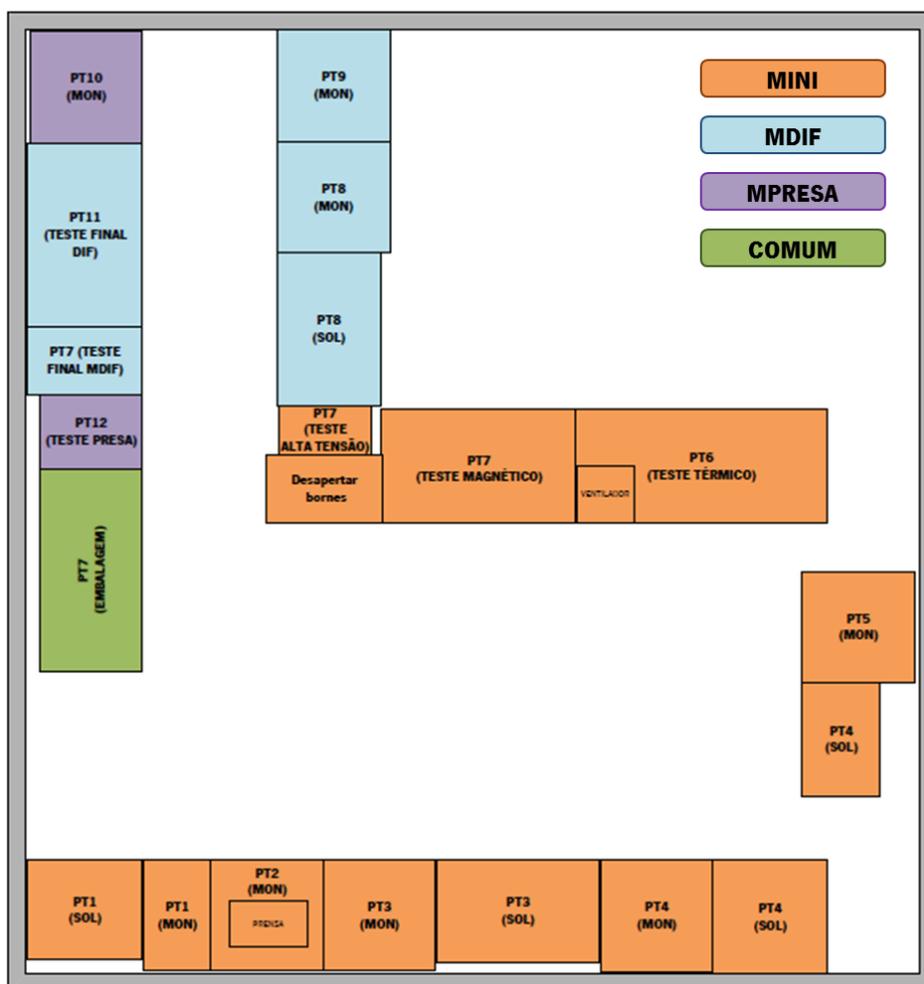


Figura 105 – Novo layout

Com esta configuração passou a ser possível um fluxo em U para todas as tipologias, sendo visível a existência de duas áreas, uma respetiva à produção do MINI e outra relativa ao MDIF/MPRESA. Desta forma, era possível reduzir a distância percorrida pelos aparelhos assim como movimentações desnecessárias das operadoras. Outra vantagem relacionava-se com o facto das máquinas de teste se encontrarem na parte de trás, tornando a célula mais visual. A tipologia mais comum era produzida na parte da frente, o que permitia que as operadoras não fiquem isoladas.

Além disso, a embalagem encontrava-se enquadrada com a célula BD/BDHP, o que era uma vantagem visto que a recolha de produto final era conjunta. A nova disposição permitia o abastecimento direto aos postos com o mínimo de deslocações por parte das operadoras até aos pontos de recolha. Por fim, esta nova configuração permitia um aumento da área livre em relação à área ocupada de, aproximadamente, 5,5m². Cerca de 15,43m² ficavam livres no canto superior direito, o que permitia à empresa a alocação da célula designada de “Linhas Pequenas” que anteriormente não era possível. Por todos os motivos mencionados, o *layout* apresentado na Figura 105 foi o selecionado, sendo possível obter uma perceção real da célula na Figura 106.



Figura 106 – (a), (b) área de produção MINI; (c) área de produção MDIF/MPRESA

5.1.4.2 Redução do tamanho do lote

No momento da análise, a EIL indicava a quantidade do lote a produzir, sendo normalmente de trinta unidades. No entanto, com a reconfiguração do sistema produtivo surge a necessidade de definir um tamanho do lote mais pequeno de modo a reduzir o tempo de permanência no posto de trabalho e aumentar a cadência de trabalho. Desta forma, tornava também o sistema mais flexível e capaz de responder eficazmente a alterações da procura.

Para definir o tamanho do lote ficou estabelecido um critério entre a autora e a equipa de engenharia de processo de acordo com a embalagem do produto. Tendo em conta que as caixas intermédias são constituídas por 15 aparelhos e dada a alteração proposta para a eliminação da caixa exterior, ficou estabelecido que o tamanho do lote passaria a ser de 15 unidades, permitindo a uniformização dos produtos mais comuns. No caso do MPRESA a quantidade atualmente produzida era de 12 unidades no máximo, sendo por vezes menos. Neste sentido, e por ser um produto com pouca expressão na produção, optou-se por manter esta quantidade.

Depois de definida a quantidade tornou-se essencial definir o modo como seriam transportados de um posto para outro. Os tabuleiros que existiam no momento da situação inicial eram desadequados para a quantidade e tamanho dos aparelhos. Neste sentido foi testado um protótipo de tabuleiro mais pequeno e que permitia acondicionar corretamente 15 aparelhos. Depois de realizado o teste com as operadoras, concluiu-se que o tabuleiro de transporte presente na Figura 107 era adequado e podia ser implementado aquando da reconfiguração do sistema produtivo. Dada a situação atual, foram apenas produzidos 3 tabuleiros, um para cada operadora da célula. Estes tabuleiros foram produzidos por um elemento da equipa de manutenção ao longo de 2 horas, sem necessidade de compra de material. Dado o custo de MDO de 20 UM/hora, perfaz um total de 40 UM.



Figura 107 – Novo tabuleiro de transporte

5.1.4.3 Modo operatório

Ao longo do projeto as operadoras estavam conscientes que eram necessárias alterações nos postos de trabalho, uma vez que eram muito antigos e contribuíam para a adoção de posturas incorretas. Além disso, a empresa tinha interesse em uniformizar as estruturas dado que era a única célula da empresa com estruturas antigas. Neste sentido, todos os postos foram construídos de raiz com um tamanho *standard*, ficando estabelecido um compromisso entre postos de trabalho em pé e sentados, o que também permitia solucionar problemas posturais.

Dada a quantidade de 15 aparelhos por cada *kit*, e tendo em conta que o PT1 é realizado por *kanban*, o *bottleneck* do MINI é o PT5 com 55,4 segundos, o que significa que no máximo as operadoras passam cerca de 14 minutos no mesmo posto. No caso do MDIF, o *bottleneck* é o PT8 com 113 segundos, o que significa um tempo de permanência inferior a 30 minutos. Para além disso, foi tida em consideração a exatidão e complexidade de algumas tarefas devendo ser realizadas num posto sentado. Segue-se na Tabela 23, a distribuição dos postos de trabalho em pé/sentado.

Tabela 23 – Distribuição dos postos de trabalho em pé/sentado

Posto de trabalho	Tipo de tarefas	Produto	Posição de trabalho
PT1	Soldadura + Montagem	MINI	Sentado + Pé
PT2	Montagem	MINI	Pé
PT3	Soldadura + Montagem	MINI	Sentado + Pé
PT4	Soldadura + Montagem	MINI	Sentado + Pé
PT5	Montagem	MINI	Sentado
PT6	Teste	MINI	Pé
PT7	Testes + Embalagem + Acoplar	TODOS	Pé
PT8	Soldadura + Montagem	MDIF	Sentado + Pé
PT9	Montagem	MDIF	Sentado
PT10	Montagem	MPRESA	Pé
PT11	Teste	MDIF	Pé
PT12	Teste	MPRESA	Pé

Sendo assim, as tarefas associadas às máquinas de soldar permaneceriam sentadas e as tarefas associadas a testes, embalagem e acoplar seriam de pé. As tarefas de montagem mais complexas eram

realizadas no posto 5 e no posto 9, e por isso ficou estabelecido que seriam sentados. Em todos os outros postos ficou definido o melhor equilíbrio sem nunca prejudicar as operadoras. A opinião das operadoras a esta alteração foi muito positiva, considerando que a relação entre postos de trabalho em pé/sentado era bastante equilibrada e adequada face às tarefas realizadas em cada um deles.

Para além da definição da posição dos postos de trabalho, ficou estabelecido que as operadoras iriam trabalhar segundo o modo operatório *rabbit-chase*, permitindo que todas passassem por todos os postos da célula, mitigando a monotonia e repetitividade do trabalho. Para além disso promovia a polivalência da equipa ao mesmo tempo que ajudava a colmatar problemas posturais.

Tal como é possível verificar na Tabela 23, o posto 7 é um posto comum e por isso era importante definir como proceder em caso de ocupação simultânea. Mantendo-se a produção atual, será muito pouco provável que esta situação se verifique. No entanto, caso aconteça, a operadora deixa o seu *kit* na embalagem que será finalizado pela operadora que se encontrar no local, e passará a produzir os contentores *kanban* que estiverem vazios no PT1.

Aumentando a produção para a capacidade máxima, será utilizada uma *rack* na parte inferior do teste de alta tensão (Figura 108), que permitirá a colocação de *stock* de dois *kits* MINI, no máximo. Estes *kits* correspondem aos que serão usados para acoplar à parte diferencial.

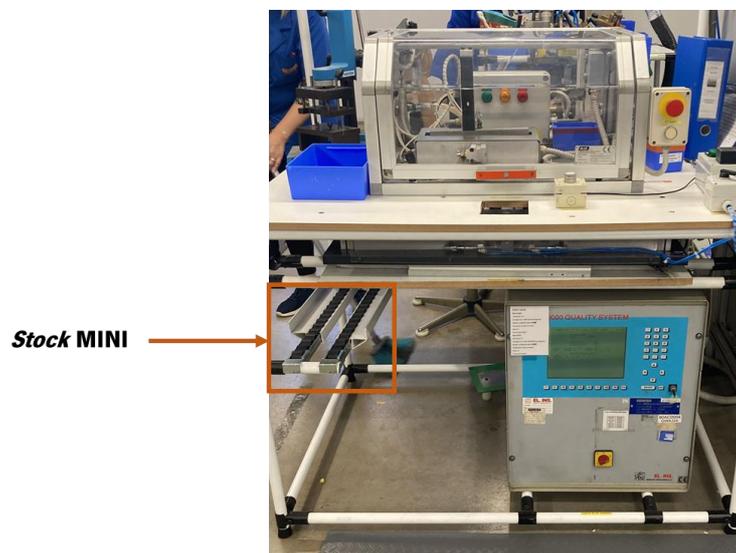


Figura 108 – Rack para colocação de stock MINI

Sendo assim, em caso de ocupação simultânea ficou estabelecido que as operadoras do MINI irão abastecer essa *rack* e continuam o processo do MINI. Caso se atinja o *stock* máximo de dois *kits*, a operadora do MINI segue para o PT8 para produzir MDIF. Relativamente às operadoras da parte MDIF, mantêm-se a produzir MDIF enquanto existir *stock* de MINI na *rack*. Se for atingido o *stock* máximo, as

operadoras passam a produzir para *kanban* no PT1 até poderem iniciar um novo processo no MINI. É ilustrado na Figura 109 a solução para o problema de ocupação simultânea em caso de produção da capacidade máxima. O fluxo das operadoras do MINI encontra-se representado a laranja e o fluxo das operadoras do MDIF está representado a azul. É ainda ilustrado o local reservado para a colocação de *stock* de *kits* MINI, assim como a quantidade máxima.

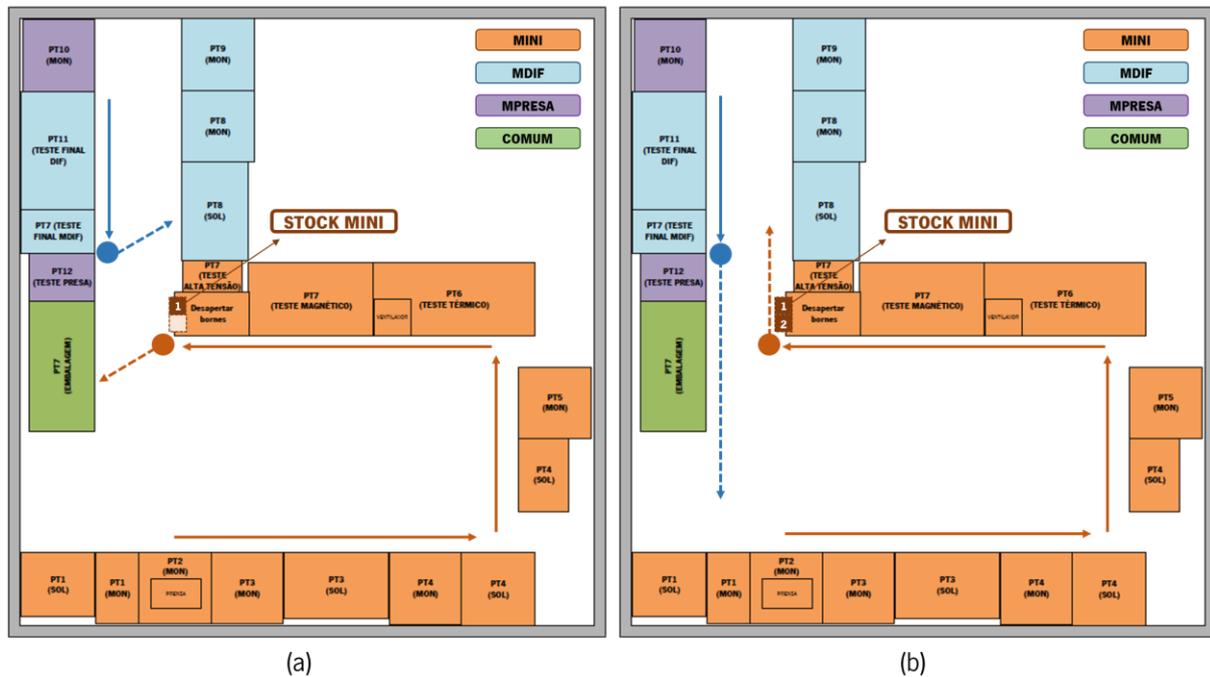


Figura 109 – (a) Abastecimento da rack de stock MINI; (b) Rack com o stock máximo de MINI

5.1.4.4 Fluxo de materiais

Com a alteração de *layout* era possível distinguir duas áreas: a área de produção do MINI e a área de produção do MDIF/MPRESA, sendo cada uma delas constituídas por postos exclusivos. Isto significa que para a produção de um produto da tipologia MINI apenas se percorre a área dedicada ao MINI. Como as outras tipologias carecem sempre de um MINI, após a sua produção este segue para a área dedicada ao MDIF/MPRESA. Desta forma era possível uma melhoria dos fluxos, percorrendo apenas os postos que eram necessários. Na Figura 110 é possível distinguir cinco fluxos: MINI, MDIF, MPRESA, fluxo de contentores *kanban* e o fluxo de mostrinas.

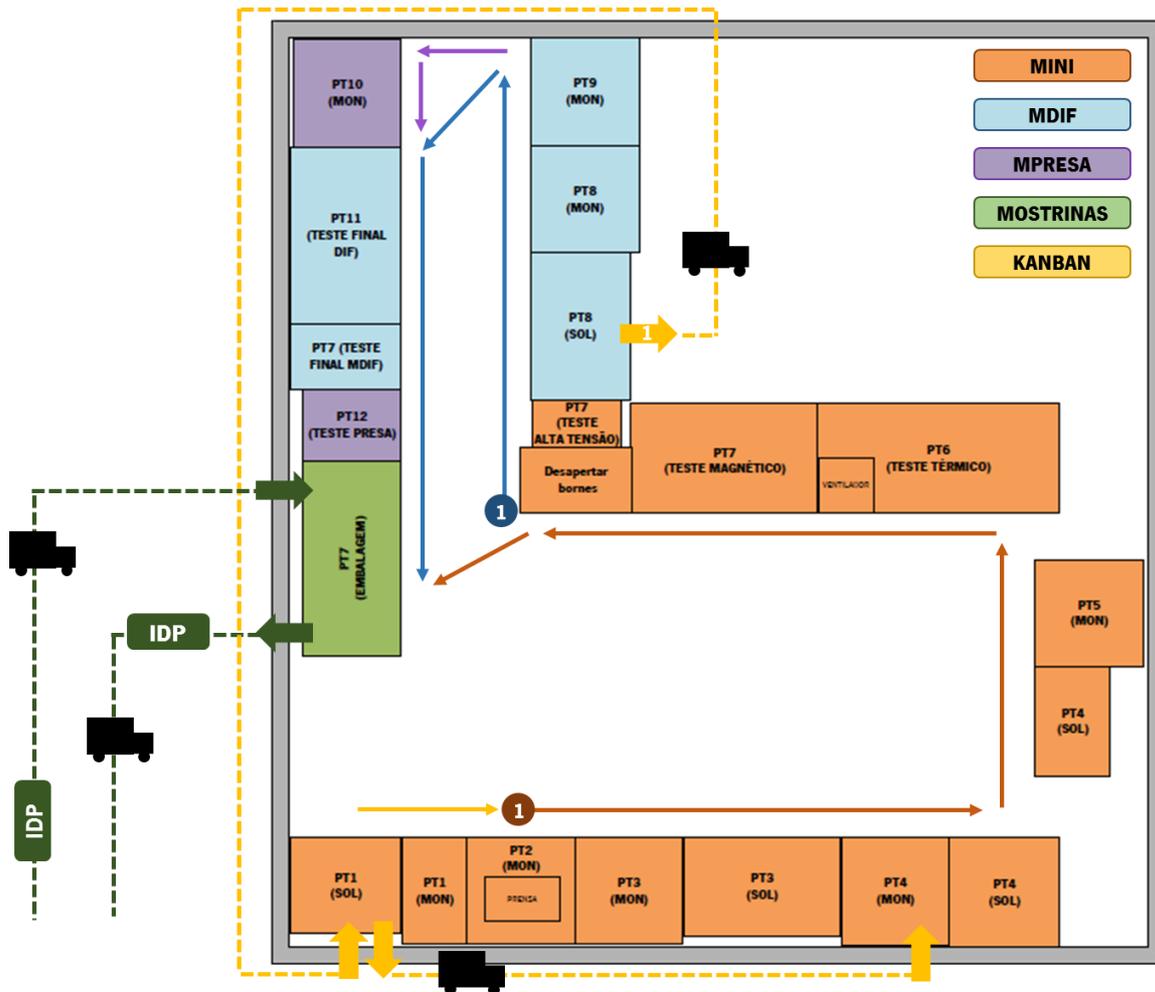


Figura 110 – Fluxo de materiais após implementação

O fluxo de mostrinas inicia na linha manual de testes IDP na nave 1, com a impressão do laser, sendo transportada pelo *petit-train* para a embalagem do MINI. Quando os contentores de mostrinas terminarem são colocados na *rack* de recolha da embalagem e enviados novamente para a linha manual de testes IDP pelo *petit-train*.

Relativamente ao fluxo de contentores *kanban*, este inicia no PT8 com a realização da soldadura do contacto à prata e do contacto ao cordão. Os contentores são transportados para o PT1 através do *petit-train* para a realização da montagem dos bornes e das soldaduras do contacto ao borne e da bobina ao borne. Os contentores relativos à última soldadura são transportados para o PT4 pelo *petit-train* uma vez que só neste posto voltam a ser necessários. Todos os outros contentores são colocados pelas operadoras no local designado e identificado no PT2. Salienta-se que, por serem tarefas realizadas por *kanban*, apenas são realizadas quando existirem contentores vazios.

Relativamente ao fluxo do MINI este inicia no PT2 e percorre todos os postos até ao PT7, verificando-se a integração das montagens e das soldaduras, o que significa que as soldaduras apenas são realizadas

de acordo com o necessário para a montagem. Ao longo do processo, os aparelhos são colocados no tabuleiro e transportados entre os postos através do sistema de rolamentos, apresentado na Figura 111. Após processamento e teste dos aparelhos, os produtos são embalados no PT7 e colocados na *rack* de produto final para serem posteriormente recolhidos.

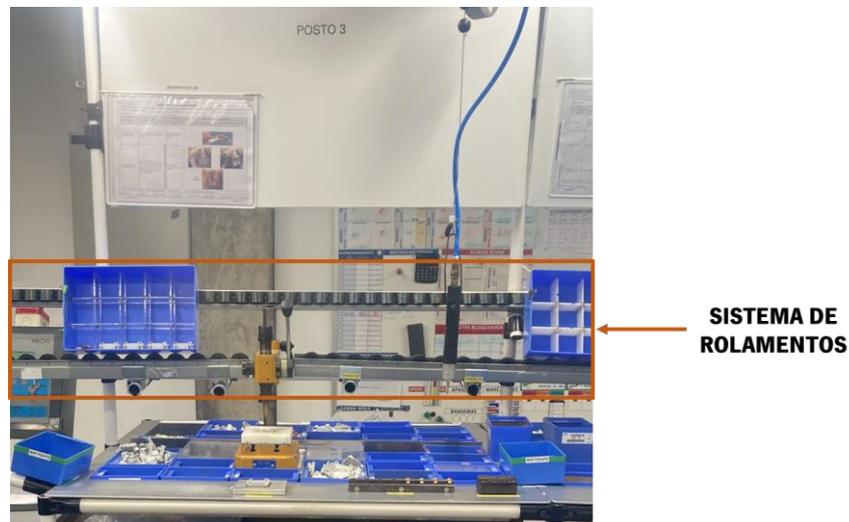


Figura 111 – Sistema de rolamentos

Os aparelhos da tipologia MDIF e MPRESA utilizam sempre um aparelho MINI e por esse motivo, este é processado primeiro, realizando todas as tarefas até ao PT7 exceto a embalagem. Uma vez concluída a produção desta parte, estes aparelhos seguem para a área dedicada MDIF/MPRESA. Sendo assim, o fluxo MDIF inicia no PT8 com as soldaduras dos primários, passando pelo PT9 onde são montados e, posteriormente seguem para o PT11 onde serão testados. Após o teste, procede-se ao acoplamento dos produtos e respetivo teste, seguindo para a embalagem onde serão finalizados e colocados na *rack* de produto final.

Relativamente ao fluxo dos produtos MPRESA, além do processamento do MINI e do MDIF, estes ainda passam nos postos 10 e 12 para a montagem e teste final, respetivamente. Por fim são embalados e colocados na *rack* de produto final, tal como todos os outros produtos.

5.1.4.5 Normalização do trabalho

A falta de instruções de trabalho era um problema evidente na célula em estudo. Tal como descrito no capítulo 4.6.8 não existiam instruções de trabalho em nenhum posto, apenas apresentavam os planos de controlo desatualizados. Esta problemática permitia que cada operadora desenvolvesse o seu método de trabalho, podendo a mesma tarefa ser realizada de forma diferente. Consequentemente o processo tornava-se confuso e difícil de controlar dada a variabilidade existente.

Tendo em conta a reconfiguração do sistema produtivo, tornou-se imperativo o desenvolvimento de documentação com as instruções de trabalho referentes ao novo processo assim como o acompanhamento e formação de todas as operadoras.

A empresa fornece documentação designada de JBS (*Job Breakdown Sheet*) onde é descrita a sequência operatória com imagens representativas que ajudam a compreender o processo. Neste sentido, foram criados os JBS para todos os postos no formato utilizado pela empresa e afixados em todos os postos, permitindo que as operadoras consultem sempre que precisem. Na Figura 112 encontra-se um exemplo das instruções de trabalho criadas, tendo sido replicado para todos os postos da célula.

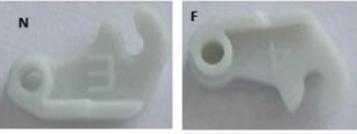
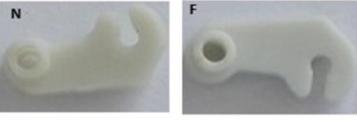
O QUÊ?		COMO?	PORQUÊ?	AUXILIAR DE FORMAÇÃO E EXECUÇÃO
Nr	Sequência lógica das operações	Passos importantes Incluir frequência (quando aplicável) e pontos-chave	Razões para os pontos-chave	Inclua esboços, diagramas, peças ou layouts. Insira imagens digitais se disponíveis
1	Iniciar a produção	Verificar a tipologia a produzir de acordo com EIL. Colocar os respetivos contentores em utilização, colocando as tampas nos contentores a não utilizar. Validar a EIL.	Garante que são utilizados os componentes corretos.	<p>Chorus</p>  <p>Restantes</p> 
2	Inserir tubetos na prensa	Alcançar dois tubetos e inserir um em cada cavidade da prensa.	Garantir estabilidade do componente.	
3	Colocar biela	Alcançar biela e inserir na ranhura do contacto de acordo com a imagem.	Garantir cravação no local correto.	

Figura 112 – Excerto do JBS do PT2

Da mesma forma, os planos de controlo também foram atualizados pela equipa de qualidade adequando-se às alterações realizadas. Nesta documentação é possível encontrar dados relativos a parâmetros de processo que permitem um melhor controlo por parte da equipa de qualidade.

Para além de toda a documentação desenvolvida, as operadoras foram acompanhadas constantemente ao longo da reconfiguração de modo a facilitar a adaptação e evitar a adoção de métodos próprios.

5.1.4.6 Organização dos componentes nos postos de trabalho

Dado que a célula apresentava postos de trabalho muito antigos e tendo em conta o interesse da empresa na uniformização das estruturas, tornou-se necessária a criação dos postos de trabalho de raiz com as medidas *standard* adotadas pela empresa nas restantes linhas/células. Desta forma, os postos são

constituídos por um tampo de 90x90cm com 24 ranhuras, o que significa que cada posto tem capacidade para 24 contentores do tipo L61 ou 12 do tipo L60. O tampo encontra-se dividido ao meio sendo que os contentores da parte de trás funcionam como um espelho da parte da frente, tal como representado na Figura 113.

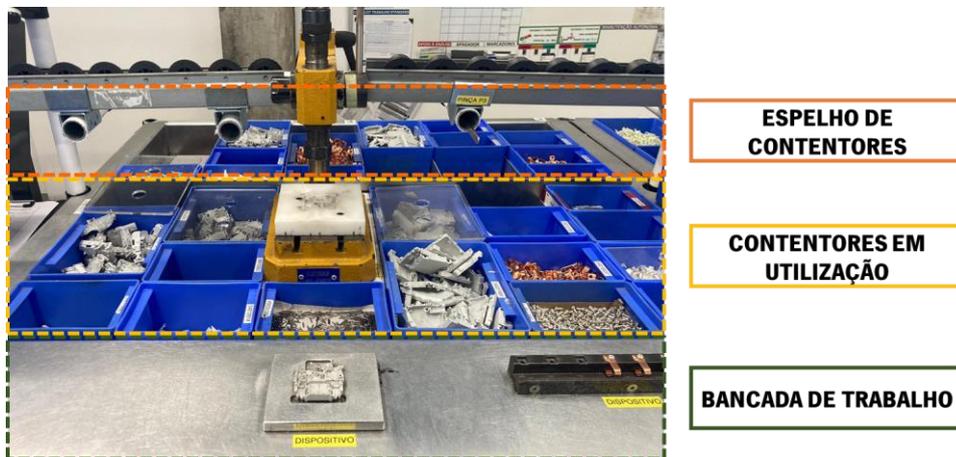


Figura 113 – Tampo de um posto de trabalho standard

A utilização dos contentores funciona segundo o sistema caixa cheia caixa vazia, o que significa que quando termina o contentor em utilização, a operadora coloca o contentor vazio na zona de recolha e passa a utilizar o contentor respetivo da parte de trás. Em todos os postos existem sempre dois contentores de todos os componentes sendo o abastecimento feito pela parte de trás. De modo a facilitar o abastecimento, a cada contentor foi atribuída uma localização específica estando associado um número constituído por 3 algarismos: número do posto, número da coluna e número da fila. Na Figura 114 é apresentado como exemplo o *microlayout* do PT3.

Legenda	
	Abastecedor
	Sucata
	Ferramenta

	352		332	321	
363	353	343		322	312
			334	323	313
364	354	344		324	314
	352		332	321	
363				322	312
	353	343		323	313
364	354	344	334	324	314

Localização	Código	Designação em sistema
311	-	Sucata
312	54214887	NEUTRAL SMALL PLATE CONN.MINIAUT.
313	54218037	NEUTRAL FIXED CONTACT RV.A
314	54212154	CLAMPING SCREW SMALL PLATE MINIAT.RV.G
321	54227590	SMALL PLATE CONN.1P MINI NSC
322	54212105	LINE FIXED CONTACT MINI RV.E
323	54222443	NEUTRAL FIXED CONTACT 25A RV.B
324	58211871	SCREW M3,5 RV.D
332	54227483	MINI RCBO 1P COVER NSC RV.F
334	54227491	MINI RCBO 1P+N COVER NSC RV.F
342	-	Ferramenta (Prensa)
343	54212030	MINIAUTOMATIC MAGNETIC SHELL RV. I
344	58510264	MOBILE CONTACT PIVOT MINIATURE RV A
352	54227517	INTERMEDIATE BASE 1P MINI NSC RV.F
353	58610353	MINI RCBO MOBIL CONT.LINE POLE SPRING RD
354	54212014	MINI RCBO LEFT DRAG ARC PALTE RV.F
363	54227525	INTERMEDIATE BASE 1P+N MINI NSC RV.F
364	54211990	RELEASE LEVER MINIAUTOMATIC RV.L

Figura 114 – Microlayout do PT3

Tal como mencionado no capítulo 4.6.9 a quantidade de componentes era extremamente elevada face às necessidades e capacidade de abastecimento. Para além disso a quantidade presente em cada contentor não tinha por base nenhum critério específico. Neste sentido, foi redimensionada a quantidade de cada componente de acordo com o critério base da empresa, ou seja, cada contentor deveria garantir pelo menos 4h de consumo. Para componentes de pequenas dimensões foi considerada uma quantidade superior e em alguns casos foram criados fundos de modo a facilitar o alcance dos componentes, como demonstrado na Figura 115.



Figura 115 – Exemplos de contentores com fundos

Este tipo de postos é indicado para a utilização de contentores L60 ou L61, sendo necessário criar outras opções para contentores que não sejam *standard* como as caixas. Inicialmente procedeu-se à análise da possibilidade de alteração das caixas para contentores, o que permitiu a passagem das caixas dos componentes menos utilizados para contentores. No entanto, os componentes com maior utilização não podiam ser alterados para contentores porque não garantiam 4h de consumo. Neste sentido, foram criadas estruturas com rolamentos na parte inferior dos postos de acordo com o tamanho das caixas permitindo o correto acondicionamento das mesmas.

Estas estruturas foram criadas nos postos 3, 5 e 8, sendo nelas colocadas as caixas de acordo com a utilização dos componentes. Isto significa que os componentes de maior utilização se encontram no primeiro nível e os de menor utilização no segundo nível. Para situações em que os componentes não se encontrem nas ranhuras do tempo, a localização é constituída por uma letra de acordo com a Tabela 24 precedida pelo número do posto e número da coluna.

Tabela 24 – Identificação das estruturas nos postos de trabalho

Identificação das estruturas nos postos	
A	nível da bancada de trabalho
B	1 nível acima da bancada de trabalho
C	1 nível abaixo da bancada de trabalho
D	2 níveis abaixo da bancada de trabalho
E	3 níveis abaixo da bancada de trabalho

Na Figura 116 é apresentado como exemplo as estruturas criadas para as caixas do PT3, assim como a identificação de cada localização. É de salientar que no caso de postos de trabalho sentados, apenas foi

possível a colocação de uma caixa deste tipo por baixo do posto de modo que a operadora tenha espaço suficiente para as pernas.

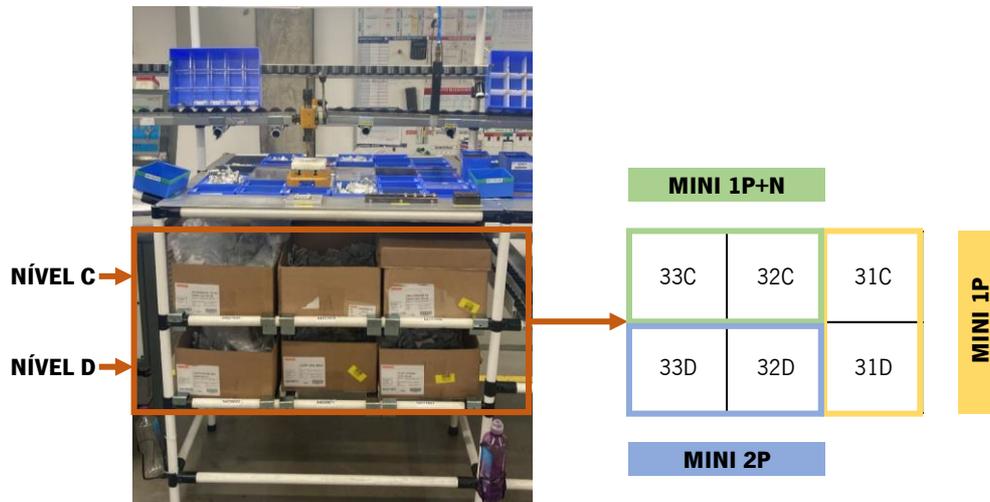


Figura 116 – Estruturas criadas para as caixas do PT3

Na embalagem também se optou pela criação de estruturas do género anterior de modo a acondicionar corretamente todos os componentes. Anteriormente a embalagem era um posto de trabalho confuso, constituído por componentes que deixaram de fazer sentido para este posto após a reconfiguração. Sendo assim, apenas ficaram os que eram efetivamente utilizados nesta etapa do processo, passando os outros a incorporar os respetivos postos onde eram necessários. Foram criadas estruturas ao nível da bancada de trabalho, um nível acima e três níveis abaixo tal como se verifica na Figura 117.



Figura 117 – Estruturas criadas na Embalagem

No nível A ficaram as caixas individuais e as caixas intermédias. No nível B encontram-se os manuais, tapa bornes e local para abastecimento de etiquetas. No nível C estão localizadas as caixas exteriores e nos níveis D e E encontram-se as capas do botão e as mostrinas. Os componentes presentes nos níveis A, B e C podem ser utilizados por várias tipologias e, por este motivo, ficaram organizados de acordo com o produto que os utiliza. Isto significa que do lado esquerdo se encontram componentes do MINI, na parte central componentes do MDIF e no lado direito componentes MPRESA, ficando os três níveis alinhados, tal como demonstrado na Figura 118.



Figura 118 – Organização dos componentes da embalagem por tipologia

Os componentes dos níveis D e E apenas são utilizados por produtos MINI, sendo organizados de acordo com a utilização, ficando os de maior utilização no nível D e os de menor utilização no nível E. Para além disso, na organização destes componentes foi tido em consideração que cada capa do botão só pode ser utilizada com determinadas mostrinas. Neste sentido, cada capa do botão ficou agrupada com as respetivas mostrinas que utiliza.

Excecionalmente foram criados suportes para determinados componentes abastecidos de forma diferente, como no PT5 e no PT9, apresentados de seguida na Figura 119.



Figura 119 – Suporte para componentes com abastecimento diferente

Salienta-se que não foi possível alterar a quantidade de alguns componentes devido às restrições de abastecimento por parte dos fornecedores. No Apêndice 34 é possível encontrar a quantidade existente de cada componente após redimensionamento.

Por fim, o PT12 faz uso de quatro dispositivos diferentes para testar os produtos MPRESA. Anteriormente estes encontravam-se desorganizados e sem identificação, pelo que passaram a ter um local específico para cada. Foram criados dois níveis abaixo do posto, ficando no nível superior os dispositivos mais pesados e no nível inferior os dispositivos mais leves.

5.1.4.7 Proposta de eliminação das caixas exteriores

Na embalagem do MINI são utilizados três tipos de caixas, as caixas individuais para cada aparelho, as caixas intermédias onde se colocavam quinze caixas individuais e as caixas exteriores constituídas por duas caixas intermédias. A proposta passava pela eliminação da caixa exterior de modo a aumentar a cadência e fluidez do trabalho. Para além destes fatores, este tipo de caixa não é necessário em mais nenhuma linha/célula da empresa, o que significa que com a sua eliminação, a empresa não necessitaria de as comprar.

No entanto, a proposta teria que ser aceite pela Gewiss S.p.A., em Itália, e não foi possível obter uma resposta no tempo útil do projeto. Neste sentido, a proposta não foi implementada.

5.1.5 Integração e organização intercelular

Com a integração e organização intercelular pretendia-se enquadrar as diferentes células da empresa de modo a facilitar o fluxo de informação. Neste sentido foi analisado o enquadramento da embalagem com a célula BD/BDHP, a integração do abastecimento direto dos postos de trabalho e da máquina de laser na rota do *petit-train* e as alterações realizadas ao nível do fluxo de informação, nomeadamente a alteração da EIL. Salienta-se que a localização da célula MINI/MDIF não sofreu alterações, continuando na nave 3 como demonstrado Figura 120.

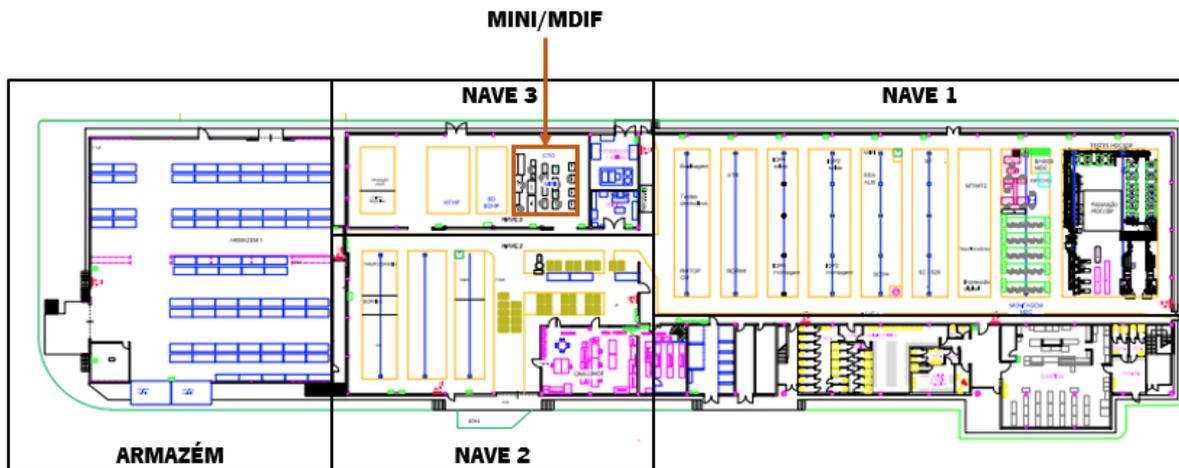


Figura 120 – Localização da célula MINI/MDIF após reconfiguração

5.1.5.1 Enquadramento da embalagem com a célula BD/BDHP

A recolha do produto final do MINI era feita conjuntamente com os produtos BD/BDHP, devendo as embalagens ficar enquadradas. A localização da embalagem do MINI permite a recolha conjunta, uma vez que se encontra no mesmo corredor. Para além disso, a rota de recolha realizada pelo operador logístico não sofreu alterações significativas, ficando a *rack* de recolha do MINI no início do corredor. De certa forma facilitava a tarefa do operador uma vez que não tinha de percorrer o corredor até ao fundo. De seguida é apresentada a nova rota de recolha de produto final (Figura 121), onde se verifica apenas a alteração do local de recolha do MINI.

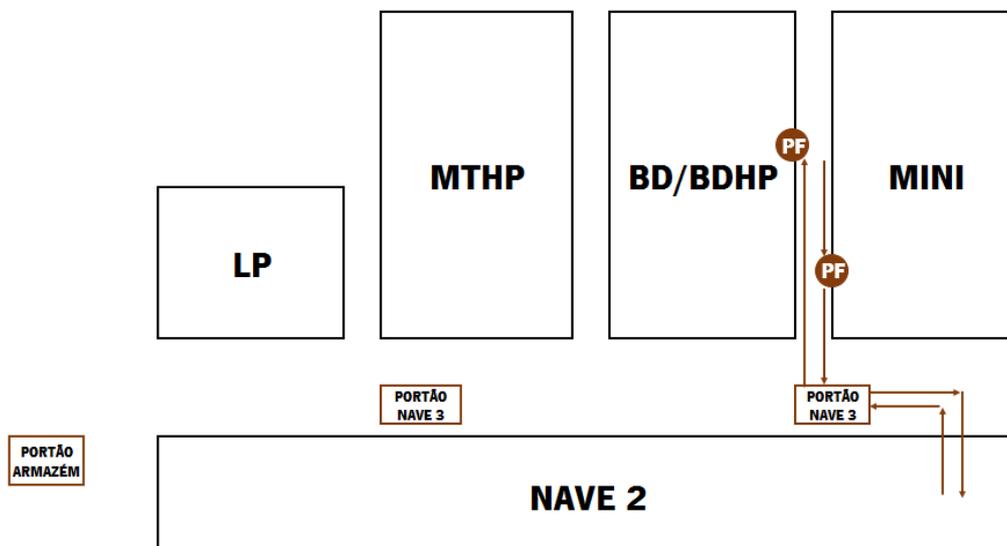


Figura 121 – Nova rota de recolha de PF

5.1.5.2 Integração do abastecimento direto dos postos de trabalho e da máquina de laser na rota do *petit-train*

No que diz respeito ao abastecimento dos componentes, as alterações foram significativas. Tal como tem sido explicado, o consumo dos componentes funciona segundo o sistema caixa cheia caixa vazia,

existindo sempre dois contentores para cada componente em todos os postos. Assim que a operadora termina os componentes de um contentor, coloca o contentor no local designado para contentores vazios. Estes contentores serão recolhidos pelo *petit-train* a todas as horas, sendo abastecido na volta seguinte no local identificado no contentor e com a quantidade estipulada. Na Figura 122 é apresentada a nova rota do *petit-train*, com indicação dos pontos de paragem e de recolha, sendo estipulada uma ordem de tarefas que devem cumprir. A primeira é o abastecimento direto de todos os postos de modo a libertar espaço no *petit-train*. De seguida recolhe os contentores vazios nos locais especificados e efetua a leitura do código do componente.

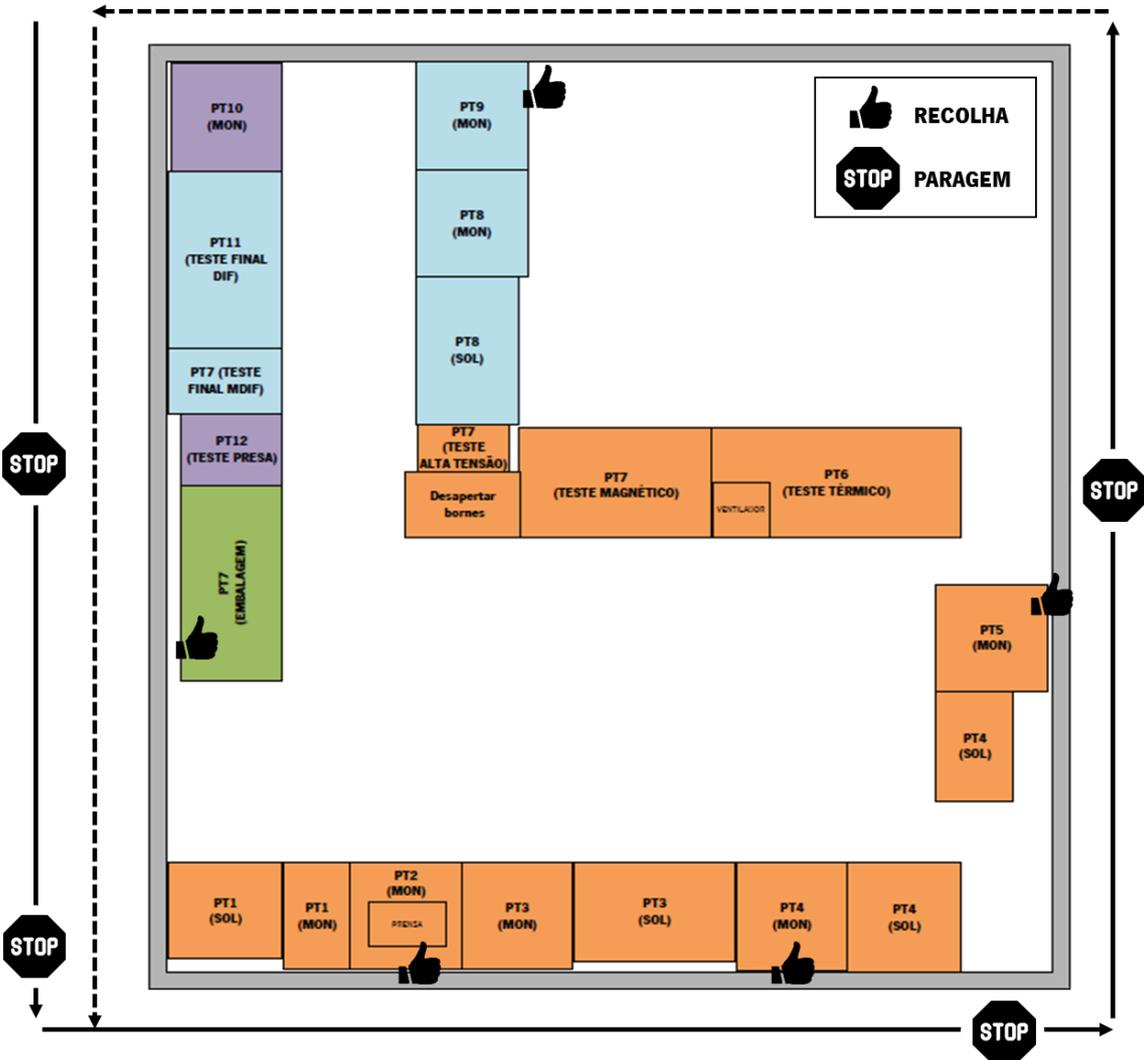


Figura 122 – Nova rota do *petit-train*

Os sinais indicados como recolha e paragem encontram-se devidamente colocados nos postos de trabalho no sentido de aumentar a visibilidade dos locais para o abastecedor e evitar que passem despercebidos. Na Figura 123 é possível visualizar um exemplo dessa sinalização, salientando que os sinais de recolha apontam sempre na direção do local de recolha.



Figura 123 – Indicação de paragem e recolha

Tal como descrito no capítulo 5.1.4, a cada componente é atribuída uma localização que se encontra na etiqueta do contentor respetivo. De modo a facilitar o processo de abastecimento foram colocadas etiquetas de identificação dos componentes nos postos. A cada componente é atribuída uma localização específica no posto, permitindo que o abastecedor reconheça facilmente o local do componente. Através da Figura 124 é possível compreender o modo como os contentores estão localizados no posto.



Figura 124 – Identificação no posto e no contentor

Por fim, dada a integração da máquina de laser na nova linha manual de testes IDP explicada no capítulo 5.1.2, tornou-se necessário incluir o abastecimento das mostrinas vindas do IDP para o MINI através do *petit-train*. Na Figura 125 é apresentada a localização da máquina de laser na nave 1.

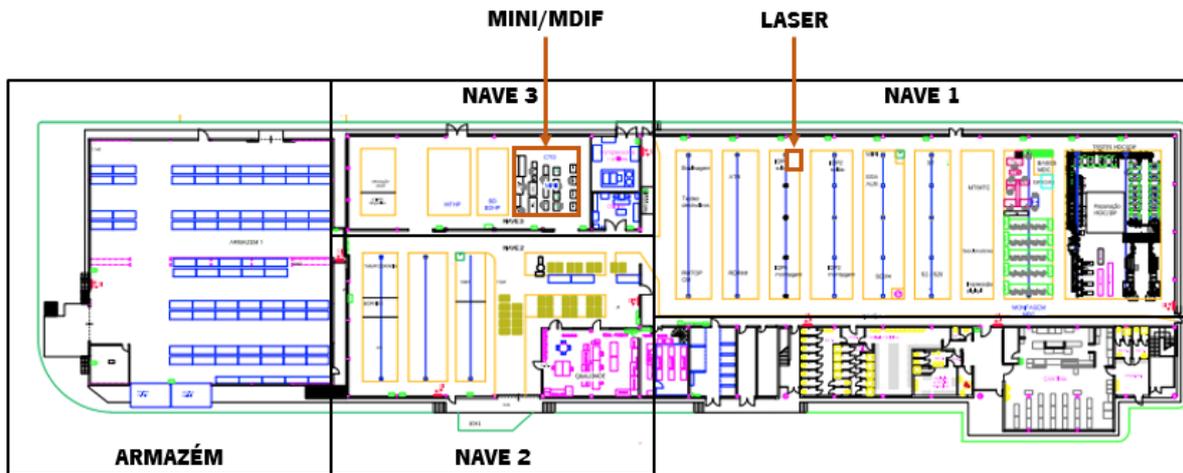


Figura 125 – Localização do laser na nova linha manual de testes IDP

5.1.5.3 Fluxo de informação

Com a reconfiguração do sistema produtivo, o fluxo de informação também foi alterado. A EIL que dá início e acompanha todo o processo produtivo sofreu alterações em termos de componentes e organização dos diferentes campos da etiqueta. Sendo assim, foram incluídos os componentes que diferem de tipologia para tipologia e pela ordem com que eram necessários. Desta forma, a operadora consegue validar os componentes que alteram antes de começar a produzir. Com esta alteração, facilita-se o processo às operadoras e reduz-se a probabilidade de colocar componentes errados. Para além dos componentes, também foram alterados os testes pelos quais terão de passar e pela ordem com que são realizados. Passou a incluir o campo de validação do teste de alta tensão, que não estava anteriormente, e foram organizados de acordo com o processo. Foram também eliminados campos duplicados. Estas alterações permitiram uma atualização da EIL, apresentada na Figura 126. A alteração da EIL foi acompanhada por um elemento da equipa de tecnologias de informação durante 1 hora, envolvendo um custo de MDO de 20 UM.

INICIO DE LOTE Contato 54212097 Cordão Fase 54212188 Cordão Neutro 54212196 Borne Neutro 54212139 Borne Fase 54212121 Bobina 54212055 Bobina/Neutro 54211982 Bobina/Fase 54211974 Bordo 54228915 Borne Mont.2 54218037 Borne Mont.3 59811393 Tapa Borne 54218029 Injeção 54221643 Tampa 54221619 Base 54221688 Leva 54221686 Capa Bordo 54211941		Etiqueta N. 422.132 25-05-2023 PRODUTO QUANTIDADE MINI 15	PRODUTO FINAL O1156410799687 INDICE GW20436 MCB-1P-M C16 3KA 230V LMY Observações	Etiqueta N. 422.132 25-05-2023 PRODUTO QUANTIDADE MINI 15	Etiqueta N. 422.132 25-05-2023 PRODUTO QUANTIDADE MINI 15	Etiqueta N. 422.132 25-05-2023 PRODUTO QUANTIDADE MINI 15
--	--	--	---	--	--	--

Figura 126 – Nova EIL

As operadoras do MINI iniciam a produção com a EIL presente no sequenciador, acompanhando todo o processo até à embalagem do produto. Na Figura 127 é possível verificar a forma como a EIL é transportada no tabuleiro.



Figura 127 – Transporte da EIL no tabuleiro

5.2 Aplicação do programa 5S e gestão visual

A metodologia 5S era uma prática comum na empresa, estando as operadoras familiarizadas com o tema. No entanto, a secção em estudo apresentava vários problemas que indicavam a não implementação deste programa. Os postos encontravam-se bastante desorganizados, com materiais em excesso e localizados em postos onde não eram necessários. Para além disso a identificação era pouco clara ou inexistente, tornando a célula confusa.

Aquando da reconfiguração do sistema produtivo, as operadoras foram sensibilizadas acerca da importância da organização e limpeza do posto de trabalho, mantendo apenas aquilo que é necessário no local estipulado. Neste sentido foram delimitadas todas as ferramentas, dispositivos e materiais com fita-adesiva, utilizando o código de cores da empresa que pode ser consultado no Anexo 2. A fita-adesiva fez-se acompanhar por uma etiqueta com a descrição correspondente. Na Figura 128 é possível encontrar alguns exemplos tais como os dispositivos e equipamentos, contentores de ferramentas e de sucata e materiais retrabalhados.



Figura 128 – Exemplos de gestão visual (dispositivos/equipamentos, ferramentas, sucata e retrabalho)

Todos os locais referentes a WIP, entrada e saída de material foram igualmente identificados, sendo apresentados na Figura 129 alguns exemplos.



Figura 129 – Exemplos de gestão visual (WIP, entrada/saída de material, rack PF)

Tal como foi mencionado anteriormente, para todos os componentes está definido o local com etiquetagem não só nos contentores como também no próprio posto. Todas as ferramentas apresentam um local onde devem ser guardadas, assim como a sucata. Desta forma, tudo o que é necessário no posto apresenta uma localização e identificação específica, permitindo às operadoras manter tudo organizado.

No que diz respeito à limpeza, ficou estipulado que nos últimos 2 minutos de trabalho, as operadoras deveriam proceder à arrumação e limpeza do posto de trabalho assim como do chão. Para a realização destas tarefas foram fornecidos materiais e equipamentos de limpeza tais como papel de limpeza, álcool, vassoura e apanhador.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são analisados e discutidos os resultados obtidos com a implementação das propostas de melhoria apresentadas no capítulo anterior. Salienta-se que todas as propostas apresentadas foram implementadas com exceção da proposta de eliminação das caixas exteriores que, embora não tenha sido implementada, a empresa tenciona fazê-lo futuramente.

6.1 Redução do tempo de processamento e melhor utilização dos equipamentos

Foram implementadas melhorias nos equipamentos e no processo não só para combater fontes de desperdício como também para eliminar ou melhorar tarefas que constituíam risco para as operadoras. Desta forma o processo foi melhorado garantindo condições de segurança.

A primeira alteração foi realizada na prensa da embalagem, através da colocação de um dispositivo que permitiu eliminar a tarefa “Encaixar mostrina” e simplificar o encaixe conjunto dos dois componentes. Com esta alteração foi possível reduzir 3,3 s/ap., tal como apresentado na Tabela 25, o que significa uma redução de 0,8% e 0,4% no tempo de processamento total do MINI e do MDIF, respetivamente. Além disso foi possível eliminar a tarefa que apresentava uma pontuação final de 6 de acordo com a ferramenta RULA, constituindo uma melhoria em termos de condições de segurança.

Tabela 25 – Ganho obtido com adequação da prensa da embalagem

TAREFA	TEMPO DE CICLO (s)	
	Antes	Depois
Colocar capa do botão	2,5	2,5
Prensar capa do botão	2,7	-
Colocar mostrina	2,8	2,8
Encaixar mostrina	2,8	-
Encaixar capa do botão e mostrina	-	2,2
TOTAL	10,8	7,5
Ganho (s/ap)	3,3	

As alterações ao processo de soldadura dos primários permitiram uma redução de 10,9 s/ap., como se verifica na Tabela 26, o que significa uma redução de 1,3% do tempo total de processamento do MDIF. Simultaneamente contribuiu para a melhoria das condições de trabalho uma vez que foi eliminada a tarefa que envolvia a rotação do pulso até próximo do limite. Esta tarefa constituía risco para a operadora, dado que apresentava uma pontuação final de 5 de acordo com a ferramenta RULA.

Tabela 26 – Ganho obtido com a alteração do processo de soldadura dos primários

TAREFA	TEMPO DE CICLO (s)	
	Antes	Depois
Soldar primário neutro ao borne	16,1	16,1
Enrolar terciário ao primário fase	15,9	-
Soldar terciário ao primário	-	11,9
Soldar primário com o terciário ao borne	16,1	9,2
TOTAL	48,1	37,2
Ganho (s/ap)	10,9	

Com a exposição do problema no teste térmico foi acionada a equipa de qualidade que realizou várias intervenções, nomeadamente a eliminação do teste de pré-ajuste e a sensibilização das operadoras para o posicionamento do parafuso, permitindo a redução da percentagem de rejeição de 86% para 50%. Esta redução de 36% permitiu que o tempo de ciclo do teste térmico reduzisse 9,7s/ap., tal como se pode verificar na Tabela 27, constituindo uma redução de 2,4% e 1,2% no tempo total de processamento do MINI e do MDIF, respetivamente.

Tabela 27 – Ganho obtido com a alteração do procedimento no teste térmico

Teste Térmico	Antes	Depois
TC (s)	27	27
Setup (s)	0,3	0,3
Rejeição (%)	86	50
TC Final (s)	50,6	40,8
Ganho (s/ap)	9,7	

Além disso foi desenvolvido um novo ventilador que permitia o arrefecimento direto do bimetal e com isso reduzia o tempo de arrefecimento de 30 minutos para 1,5 minutos.

Relativamente ao laser, a integração na nova linha manual de testes IDP tornou o processo mais eficiente e com menos desperdícios uma vez que deixou de ser necessário realizar tarefas sem valor acrescentado como contar as mostrinas necessárias, transportar essas mostrinas entre secções e acumular quantidades superiores ao necessário. Sendo assim, esta tarefa passou a ser da responsabilidade das operadoras do IDP, sendo realizada na quantidade efetivamente necessária e transportada pelo *petit-train* para o MINI. Neste sentido, verifica-se uma redução de 1,4% e 1,1% do tempo total de processamento do MINI e do MDIF, respetivamente.

Na Tabela 28 encontra-se um resumo das alterações realizadas bem como dos ganhos no tempo de processamento.

Tabela 28 – Melhorias nos equipamentos e no processo

MELHORIAS NOS EQUIPAMENTOS E NO PROCESSO					
Alteração	Antes	Depois	Diferença	T Processamento (%)	
				MINI	MDIF
1. Redução do tempo de colocação dos componentes na prensa da embalagem (s/ap.)	10,8	7,5	-3,3	-0,8	-0,4
2. Redução do tempo de soldadura dos primários (s/ap.)	48,1	37,2	-10,9	-	-1,3
3. Redução da percentagem de rejeição no teste térmico (%)	86	50	36	-2,4	-1,2
4. Redução do tempo de arrefecimento dos aparelhos não conformes (min)	30	1,5	-28,5	-	-
5. Eliminação do tempo gasto na realização do laser pelas operadoras do MINI/MDIF (s/ap.)	5,4	-	-5,4	-1,4	-
	9,1	-	-9,1		-1,1

Em suma, todas as alterações realizadas aos equipamentos e ao processo permitiram reduzir 4,6% do tempo de processamento total do MINI e 4,1% do tempo de processamento total dos produtos MDIF.

Relativamente ao melhor aproveitamento dos recursos existentes foi possível retirar 3 máquinas de soldar da célula MINI/MDIF que foram posteriormente realocadas noutras secções da empresa. Dado o custo unitário de 25 000 UM representa um ganho de 75 000 UM pelo facto de conseguir reutilizar os próprios recursos sem necessidade de compra. Para além disso a colocação conjunta do teste de alta tensão e desapertar bornes contribuiu para a redução das movimentações e da área ocupada, assim como para a melhoria das posturas, nomeadamente a redução da pontuação da tarefa 17 de 5 para 3.

6.2 Melhor balanceamento dos postos de trabalho e aumento de capacidade

Um dos principais objetivos do projeto estava associado ao balanceamento dos postos de trabalho. Para além disso, o aumento de capacidade só era possível com um novo balanceamento que contemplaria a modificação do processo de montagem e permitia a redução do tempo de processamento. Juntamente com a gestão da empresa ficou estabelecido um aumento de capacidade cujo objetivo de produção eram 500 aparelhos MINI e 150 aparelhos MDIF. Estes objetivos correspondiam a um aumento de 59% e 75%, respetivamente.

Na Figura 130 encontra-se a comparação entre do balanceamento realizado para a tipologia MINI 1P+N SYSTEM com o balanceamento inicial.

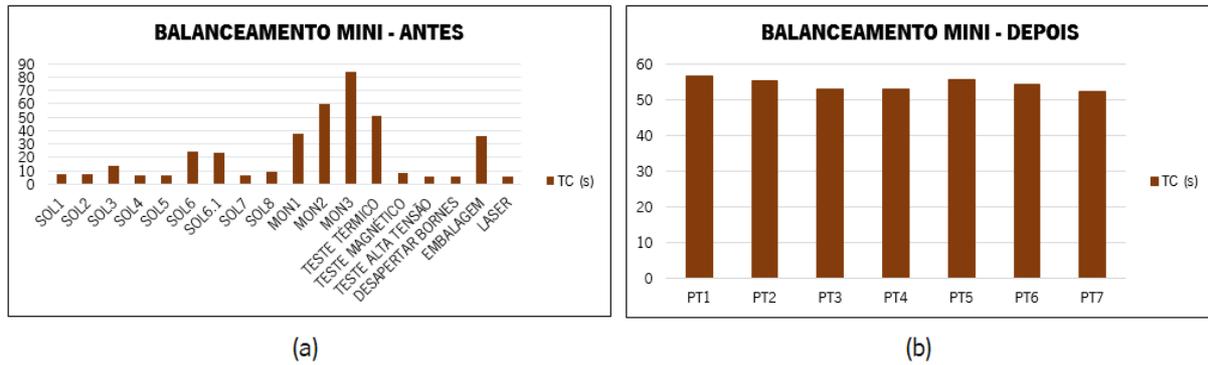


Figura 130 – (a) Balanceamento MINI Antes; (b) Balanceamento MINI Depois

Da mesma forma é possível analisar na Figura 131 o balanceamento realizado para a tipologia MDIF 1P+N SYSTEM em comparação com o balanceamento inicial.

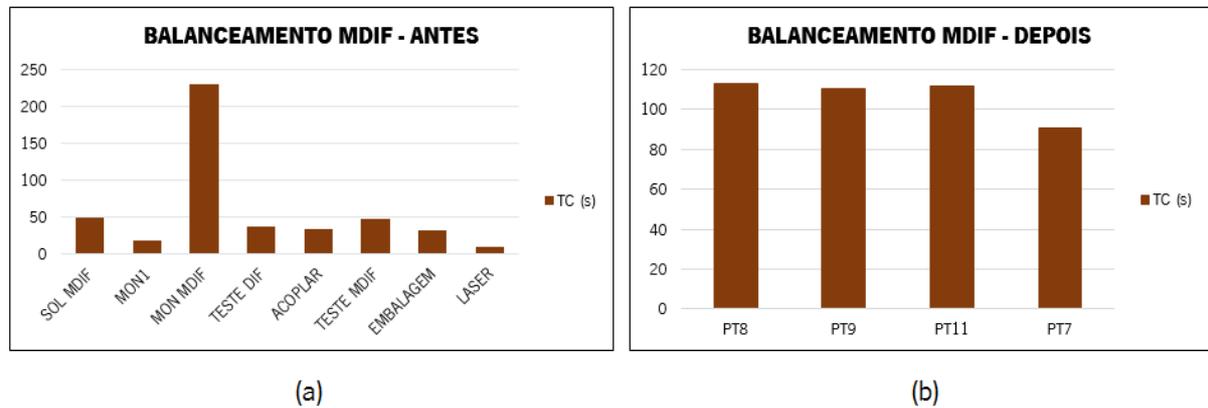


Figura 131 – (a) Balanceamento MDIF Antes; (b) Balanceamento MDIF Depois

Comparando com o balanceamento inicial de ambas as tipologias, a diferença é extremamente positiva. O tempo de ciclo dos postos encontra-se equilibrado sem risco de sobrecarga para as operadoras tornando o processo mais fluido.

Com o novo processo, a montagem passou a ser realizada entre as várias soldaduras, o que permitiu reduzir o WIP entre postos de trabalho uma vez que as tarefas são realizadas à medida que são necessárias. O problema associado à saída de molas ao longo do transporte deixou de existir uma vez que estes componentes passaram a ser colocados quando são montados, reduzindo o sobre processamento e manuseamento dos materiais. Além disso, a integração da montagem dos bornes em vários pontos do processo permitiu eliminar a sobreprodução e acumulação nos postos.

Com o balanceamento proposto os objetivos de produção foram conseguidos uma vez que a célula passou a ter capacidade para produzir 512 aparelhos MINI e 251 aparelhos MDIF. O gráfico seguinte (Figura 132) representa a quantidade inicial, a quantidade proposta e a quantidade possível com o novo balanceamento para ambas as tipologias.

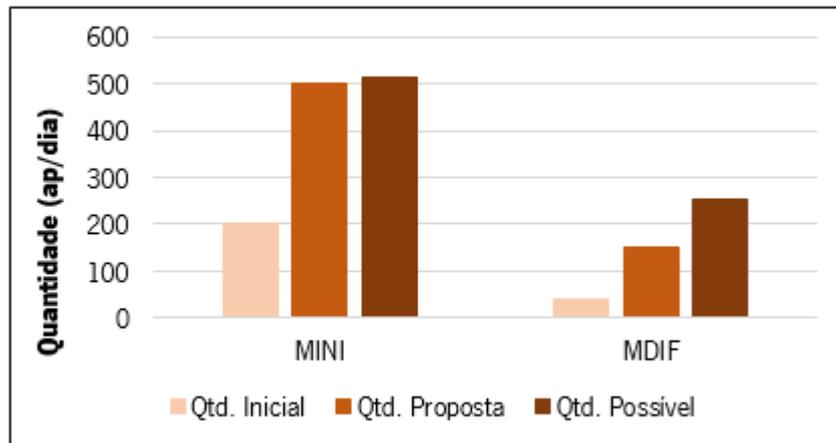


Figura 132 – Comparação entre capacidade inicial, capacidade proposta e capacidade possível

6.3 Redução do *lead-time* e do WIP e aumento do rácio de valor acrescentado

De modo a perceber o impacto da implementação nas atividades sem valor acrescentado (VNA), valor acrescentado (VA), *Lead-Time* (LT) e rácio de valor acrescentado (RVA) foi realizado um novo VSM do estado futuro (após implementação) para as duas tipologias. Na Tabela 29 encontram-se os resultados obtidos através dos VSM que pode ser consultado no Apêndice 35 e Apêndice 36.

Tabela 29 – Resultados VSM depois da implementação (VNA, VA, LT, RVA)

RESULTADOS VSM - DEPOIS				
Tipologia	VNA (dias)	VA (seg)	LT (dias)	RVA (%)
MINI 1P+N System	0,86	371,40	0,87	1,47
MDIF 1P+N System	0,99	768,70	1,01	2,63

Foi realizada uma comparação do *Lead-Time* e RVA antes e depois da implementação, que pode ser consultada na Tabela 30.

Tabela 30 – LT e RVA antes e depois da implementação

Tipologia	LEAD-TIME (dias)				RVA (%)		
	Antes	Depois	Redução	%	Antes	Depois	Aumento
MINI 1P+N System	9,48	0,87	-8,61	90,8	0,13	1,47	1,34
MDIF 1P+N System	11,50	1,01	-10,49	91,2	0,23	2,63	2,4

Verifica-se uma redução do LT de 8,6 dias e 10,5 dias e um aumento do rácio de valor acrescentado de 1,34% e 2,40% para as tipologias MINI e MDIF, respetivamente.

No que diz respeito a WIP também se verificou uma redução significativa, tal como é possível verificar no gráfico da Figura 133.

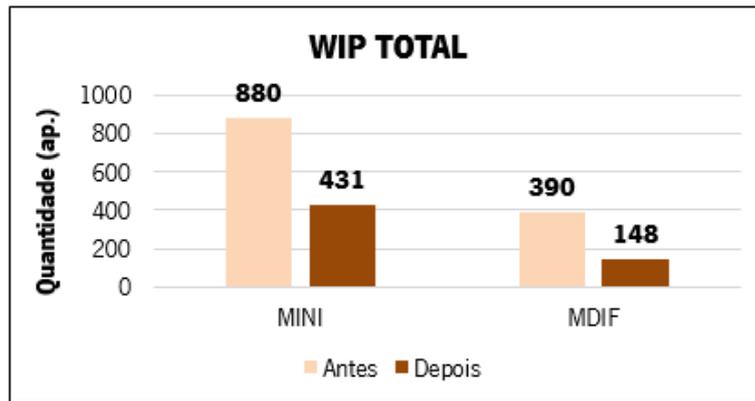


Figura 133 – WIP total antes e depois da implementação

Verifica-se assim uma redução de WIP de 449 aparelhos MINI e 242 aparelhos MDIF, o que significa uma redução na ordem dos 51% e 62,1%, respetivamente.

A normalização e reformulação do processo são os principais motivos desta diminuição uma vez que as tarefas passaram a ser realizadas à medida que são necessárias, reduzindo assim o WIP entre postos de trabalho. A montagem dos bornes passou a integrar os postos onde efetivamente eram utilizados permitindo eliminar a sobreprodução de bornes e acumulação nos postos. A redução do tamanho do lote e implementação do modo operatório *rabbit-chase* também tiveram um impacto positivo uma vez que cada operadora produz apenas a quantidade necessária para o seu *kit*. A integração do laser no IDP permitiu eliminar a sobreprodução de mostrinas e acumulação na embalagem, fator que também contribuiu para a redução do WIP. Por fim, as alterações realizadas no teste térmico e o desenvolvimento do novo ventilador permitiram reduzir a percentagem de rejeição e o tempo necessário para arrefecimento, reduzindo consequentemente a quantidade de aparelhos acumulados no teste térmico.

6.4 Redução da área ocupada, simplificação do fluxo e redução de transportes, sobreprodução e movimentações

A implementação de um novo *layout* permitiu a reconfiguração total da célula MINI/MDIF contribuindo para a redução da área ocupada, simplificação dos fluxos e do processo de montagem dos aparelhos assim como redução de desperdícios associados a transportes, sobreprodução e movimentações.

6.4.1 Redução da área ocupada

A disposição dos postos de trabalho em U permitiu aumentar o espaço livre disponível, sendo apresentado na Tabela 31 o impacto da alteração do *layout* nas áreas livre e ocupada. No Apêndice 37 é possível analisar os cálculos efetuados para as áreas.

Tabela 31 – Ganhos na área ocupada e área livre útil

	Antes	Depois	Redução	%
Área Ocupada	26,18	20,67	-5,51	-8,5
Área Livre Útil	-	15,43	15,43	100

Verifica-se uma diminuição da área ocupada de 5,51m², o que equivale a uma redução de aproximadamente 8,5%. Salienta-se que atualmente a célula apresenta 15,43m² de área livre útil no canto superior direito, o que permitirá a alocação de outra célula da empresa, designada de “Linhas Pequenas” que anteriormente não era possível.

6.4.2 Simplificação do fluxo de materiais e redução da distância percorrida pelos aparelhos

O novo *layout* apresenta duas disposições em U, uma associada à produção do MINI e outra associada ao MDIF/MPRESA, o que permitiu simplificar os fluxos. Desta forma, apenas são percorridos os postos efetivamente necessários para a produção dos aparelhos. Na base deste pensamento esteve o facto de um aparelho MDIF/MPRESA precisar sempre da produção de um MINI, mas o contrário não se verifica. Sendo assim, se a tipologia de aparelhos a produzir for um MINI percorre apenas os postos de 1 a 7 e no caso das outras tipologias, após a produção do MINI este segue para a área MDIF/MPRESA. Esta disposição permitiu reduzir significativamente as distâncias percorridas pelos aparelhos de todas as tipologias. Na Tabela 32 encontra-se uma comparação da distância percorrida pelos aparelhos, antes e depois da implementação do novo *layout*.

Tabela 32 – Comparação da distância percorrida pelos aparelhos antes e depois da implementação

DISTÂNCIA PERCORRIDA (m)				
Tipologia	Antes	Depois	Redução	%
MINI 1P+N SYSTEM	71,6	14,2	-57,4	-80,1
MDIF 1P+N SYSTEM	105,2	22,3	-83,0	-78,8
MPRESA	137,4	23,0	-114,4	-83,3

Verifica-se assim que a distância percorrida pelos aparelhos diminuiu significativamente para todas as tipologias. A tipologia MINI 1P+N SYSTEM percorre menos 57,4 metros o que representa uma redução de 80,1% na tipologia mais produzida. No que diz respeito à tipologia MDIF 1P+N SYSTEM, a distância percorrida pelos aparelhos diminui 83 metros o que significa uma redução de 78,8%. A tipologia menos comum, MPRESA, também apresenta melhorias neste aspeto, estimando-se uma redução da distância percorrida pelos aparelhos de 114,4 metros representando uma diminuição de 83,3%. Importa referir que o resultado associado ao MPRESA é um valor estimado uma vez que praticamente não foi produzido ao longo do projeto.

6.4.3 Redução dos desperdícios associados a transportes e sobreprodução

Com o novo *layout* e reformulação do processo, os desperdícios associados a transportes reduziram significativamente como se pode constatar na Tabela 33. Anteriormente, o transporte associado à tipologia MINI representava 57% do tempo total, o que significava 8,2 minutos desperdiçados. No que diz respeito à tipologia MDIF o desperdício também era elevado, na ordem dos 41,1%, ou seja, cerca de 9 minutos gastos apenas em transportes.

Tabela 33 – Comparação do tempo desperdiçado em transportes antes e depois da implementação

TRANSPORTES (min)				
Tipologia	Antes	Depois	Redução	%
MINI 1P+N SYSTEM	8,2	0,75	-7,45	-90,9
MDIF 1P+N SYSTEM	9	1,5	-7,5	-83,3

Após a reconfiguração, os valores desceram 90,9% e 83,3% para as tipologias MINI 1P+N SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM, respetivamente. Atualmente são gastos 45 segundos no máximo, correspondendo a 10,6% do tempo de processamento de um aparelho MINI. No caso do MDIF, os transportes desceram para um máximo de 90 segundos, o que corresponde a 10,3% do tempo de processamento de um aparelho MDIF. Importa referir que os transportes considerados para o cálculo são apenas os realizados pelas operadoras, não estando contemplado o transporte do *petit-train*.

6.4.4 Redução das movimentações das operadoras

Dada a alteração do *layout* foi realizado um novo diagrama de *spaghetti* representativo da situação após implementação que se apresenta na Figura 134.

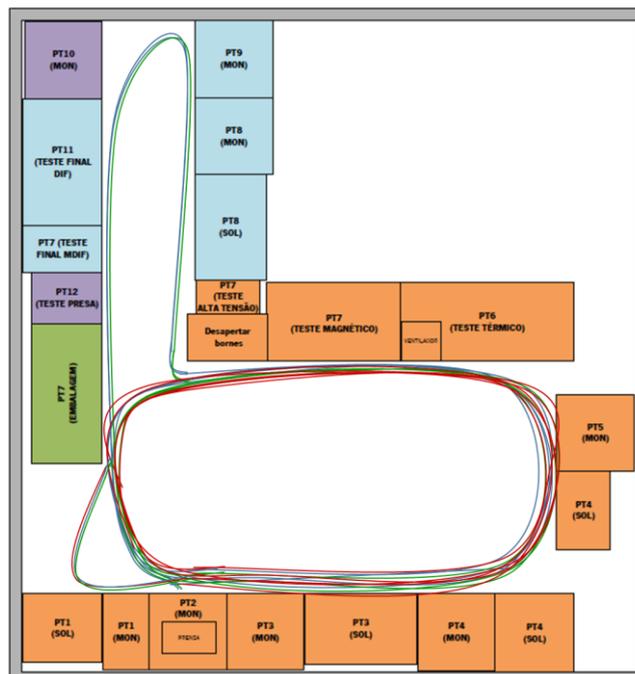


Figura 134 – Diagrama de Spaghetti após implementação

Através deste novo diagrama constatou-se que as movimentações reduziram significativamente. Na Tabela 34 é realizada uma comparação com a situação inicial.

Tabela 34 – Comparação das movimentações das operadoras e tempo gasto antes e depois da implementação

	Antes	Depois	Redução	%
Total de distâncias percorridas (m)	930,0	225,5	-704,5	-75,8
Tempo total gasto (min)	97,0	9,2	-87,8	-90,5

Verificou-se uma redução de 75,8% na distância percorrida pelas operadoras, percorrendo menos 704,5 metros por dia. Em termos de tempo desperdiçado verificou-se que as operadoras gastam menos 87,8 minutos, o que corresponde uma redução na ordem dos 90,5%. Anteriormente era gasto 20,5% do dia de trabalho em movimentações, sendo atualmente apenas 2%.

Os principais fatores que contribuíram para esta redução significativa foram a alteração do *layout* e consequente simplificação dos fluxos assim como a integração do abastecimento direto dos postos de trabalho através da criação de vários pontos de recolha ao longo da célula.

6.5 Aumento da polivalência e motivação das operadoras e redução de esperas

Aquando da análise inicial, a polivalência das operadoras era muito reduzida existindo postos considerados críticos, ou seja, postos em que apenas uma operadora sabia realizar corretamente todas as tarefas. A formação e acompanhamento contínuo das operadoras permitiu melhorar a polivalência da equipa, deixando de existir postos críticos. O envolvimento das operadoras em todas as etapas do processo fez com que se sentissem integradas e motivadas a contribuir com as suas ideias. O equilíbrio entre postos de trabalho em pé e sentados e a implementação do modo operatório em *rabbit-chase* permitiu mitigar problemas posturais uma vez que o tempo de permanência no mesmo posto não ultrapassa os 15 minutos no caso do MINI e os 30 minutos no caso do MDIF. A existência de postos de trabalho em pé era um dos receios das operadoras, no entanto, todas ficaram satisfeitas referindo que existe um bom equilíbrio.

Além disso, o facto de todas as operadoras passarem por todos os postos também contribuiu para aumentar a polivalência, reduzir a monotonia e repetitividade do trabalho. Considera-se como cumprido o objetivo associado à criação de uma equipa polivalente, dinâmica e motivada.

A implementação do modo operatório *rabbit-chase* permitiu ainda reduzir o tempo desperdiçado em esperas. No caso da tipologia MINI 1P+N SYSTEM, os aparelhos passam apenas 6 minutos em espera na embalagem uma vez que cada *kit* contém 15 aparelhos, mas as embalagens exteriores são de 30. No entanto, com a implementação da proposta de eliminação das caixas exteriores apresentada no

capítulo 5.1.4, este desperdício é completamente eliminado. Relativamente aos produtos da tipologia MDIF 1P+N SYSTEM, as esperas foram totalmente eliminadas uma vez que, com a implementação deste modo operatório, a operadora realiza todas as tarefas associadas a este produto desde a produção do MINI até à embalagem do MDIF. Importa ressaltar que o desperdício inicial associado a esperas era extremamente elevado, cerca de 4:50h no caso do MINI e 4h no caso do MDIF.

6.6 Normalização do trabalho e melhor organização da célula

Dada a inexistência de instruções de trabalho na célula tornou-se imperativa a sua criação, de modo a clarificar a sequência operatória representativa do processo. Desta forma, o processo de montagem dos aparelhos ficou normalizado, as operadoras passaram a seguir o mesmo procedimento e a utilizar as ferramentas da mesma forma, evitando a adoção de métodos próprios. Consequentemente, o controlo do processo tornou-se mais fácil dada a redução da variabilidade.

As instruções de trabalho criadas foram afixadas em todos os postos de modo a auxiliar as operadoras e permitir a consulta sempre que surja alguma dúvida. Por conseguinte, facilitou o processo de aprendizagem e adaptação das operadoras às alterações realizadas e, em caso de necessidade, será mais simples a formação e integração de novas operadoras.

Por fim, salienta-se que a atualização da documentação relativa aos planos de controlo de qualidade permitiu a clarificação dos parâmetros do processo que, juntamente com as instruções de trabalho, contribuem para aumentar a previsibilidade do processo e qualidade dos produtos.

Com a criação dos novos postos de trabalho, todos os materiais, ferramentas e equipamentos foram organizados adequadamente nos locais onde efetivamente eram necessários. Foram retirados da célula os componentes e ferramentas em excesso, reorganizando os postos de acordo com as tarefas associadas e facilidade de alcance dos mesmos. Consequentemente foi possível eliminar quatro tarefas de risco para as operadoras: a tarefa 13 que apresentava uma pontuação de 6, as tarefas 6 e 22 com pontuação de 5 e ainda a tarefa 11 com pontuação de 4. Todas estas tarefas estavam associadas à troca de contentores ou caixas que se encontravam em locais com difícil acesso.

No que diz respeito ao abastecimento dos postos de trabalho foram criados vários pontos de recolha de contentores vazios e atualizados os pontos de paragem do *petit-train*, encontrando-se ambos visualmente sinalizados. Com estas alterações foi necessária a criação de uma nova rota que passou a ser efetivamente cumprida. Além disso, o processo de abastecimento tornou-se mais simples devido à correta identificação dos contentores e do respetivo local no posto de trabalho.

A definição das quantidades por contentor de acordo com o consumo e capacidade de abastecimento tornou a célula muito mais organizada. Tal como foi explicado no capítulo 4.6.9, o *stock* de matéria-prima na célula era extremamente elevado face ao consumo e capacidade de abastecimento. Sendo assim a quantidade associada a cada componente foi revista tendo em conta os requisitos da empresa, ou seja, cada contentor deveria garantir pelo menos 4h de consumo. A maioria das quantidades foi alterada permitindo reduzir significativamente a quantidade de componentes e respetivo valor monetário presente na célula, visível na Tabela 35. No Apêndice 34 encontra-se a análise efetuada após implementação.

Tabela 35 – Stock MP antes e depois da implementação

	Antes	Depois	Redução	%
Quantidade	428216	99020	-329196	-76,9
Valor Monetário (UM)	30 811,50	20 200,10	-10 611,40	-34,4

Verifica-se uma redução de 76,9% em termos de quantidade e 34,4% em valor monetário, o que significa uma redução de 329196 componentes associado a 10 611,40 UM.

Todos os postos permitem o correto acondicionamento dos componentes e ferramentas, que, por sua vez se encontram devidamente identificados e no respetivo local. Além disso também foram identificados corretamente todos os postos assim como locais próprios para WIP de modo a evitar WIP espalhado e sem identificação. Os locais de recolha de contentores por parte do *petit-train* também se encontram identificados não só na parte da frente para a operadora como também na parte de trás dos postos. Para além disso, tudo o que for considerado sucata apresenta um local próprio e identificado. Ressalva-se que a identificação foi realizada de acordo com o código de cores da empresa, permitindo uma interpretação mais fácil por parte das operadoras.

Salienta-se que ao longo de todo o projeto as operadoras foram familiarizadas com o conceito 5S, tornando mais fácil a sua implementação. Todas as operadoras deixam os postos limpos e arrumados, tendo o cuidado de deixar todas as ferramentas no respetivo local. Anteriormente transportavam ferramentas entre postos de trabalho por comodidade, o que não acontece atualmente. Por fim, a nova organização da célula permitiu que as operadoras se sentissem mais motivadas a contribuir com sugestões de melhoria que efetivamente eram ouvidas e implementadas.

De modo a comparar com a situação inicial, foi realizada uma nova auditoria 5S utilizando a mesma *checklist* da fase de diagnóstico, que pode ser consultada no Apêndice 22.

De um total de 125 pontos foram obtidos 111, o que corresponde a 88,8%, verificando-se uma melhoria bastante expressiva quando comparada com os 36% obtidos na fase inicial. No gráfico da Figura 135 é possível visualizar as melhorias face à situação inicial.

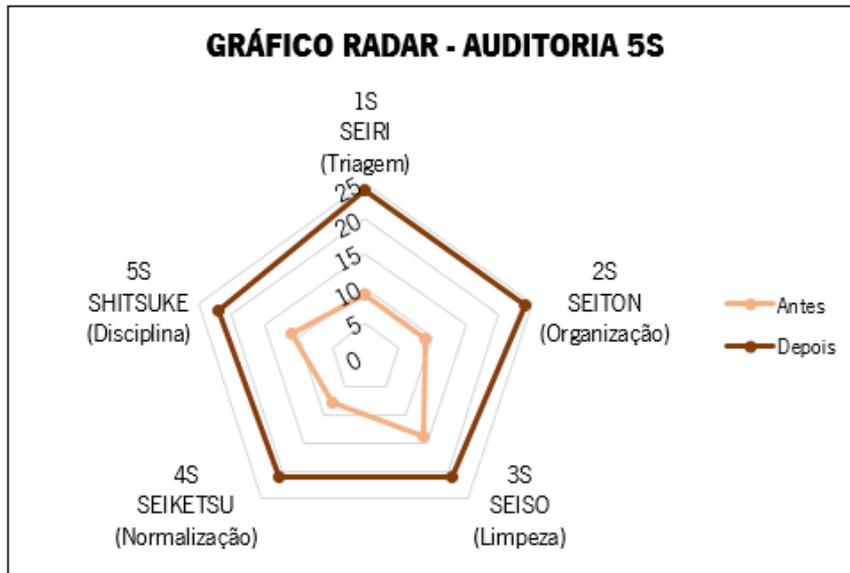


Figura 135 – Comparação dos resultados obtidos nas auditorias 5S antes e depois da implementação

Face a estes resultados é possível concluir que a célula se encontra melhor organizada e todos os pontos foram melhorados significativamente. Salienta-se que a opinião das operadoras relativamente à nova organização da célula foi extremamente positiva.

6.7 Melhorias ao nível dos postos de trabalho e redução das atividades de risco

Em termos ergonómicos também se verificaram melhorias significativas como resultado das alterações realizadas ao processo e aos equipamentos, da reformulação do processo, organização dos postos de trabalho, implementação do modo operatório *rabbit-chase*, integração do trabalho em pé/sentado e ainda as melhorias ao nível da EIL. Todas estas alterações contribuíram não só para a mitigação da monotonia e repetitividade do trabalho como também para a melhoria das tarefas de risco realizadas pelas operadoras.

Sendo assim foi distribuído novamente o mesmo questionário EWA às operadoras de modo a perceber o impacto real por parte de quem executa as tarefas diariamente. Sendo assim, constatou-se que todos os pontos críticos foram melhorados, destacando-se as posturas e movimentos, repetitividade do trabalho e nível de atenção. Anteriormente estes três itens foram classificados pelas operadoras como mau, sendo atualmente bom, todos eles com uma pontuação inferior a 2. Para além disso, as operadoras

consideraram que o espaço de trabalho se encontra organizado, sendo um dos aspetos mais referidos. No gráfico da Figura 136 é apresentada uma comparação dos resultados obtidos com a situação inicial.

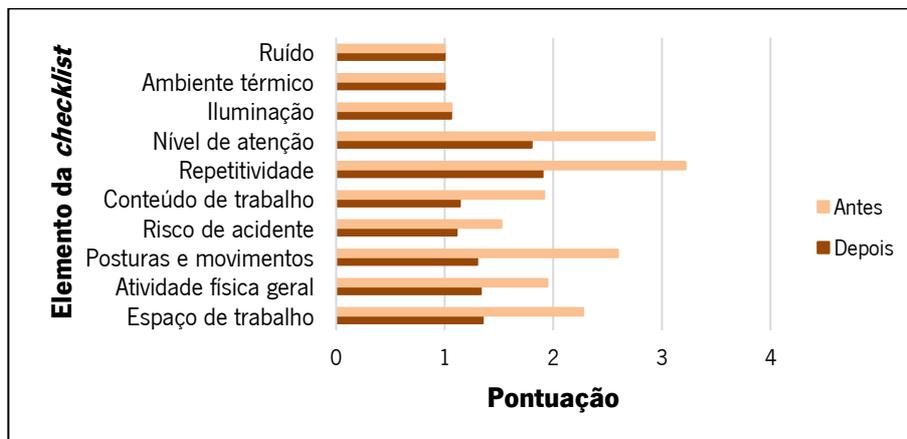


Figura 136 – Comparação dos resultados do questionário EWA antes e depois da implementação

A avaliação por parte da analista está de acordo com a percepção das operadoras, com melhorias em todos os pontos críticos destacados aquando do diagnóstico no capítulo 4.6.10. É possível consultar no Apêndice 38 a avaliação mais detalhada sustentada com comentários.

Todas as alterações acima mencionadas contribuíram para a melhoria das posturas, reduzindo o risco de LMERT. Sendo assim foi possível eliminar seis tarefas nomeadamente a tarefa 13 e 19 que apresentavam pontuação final de 6. As tarefas 6, 20 e 22, cuja pontuação final era de 5, também foram eliminadas. Por fim, a tarefa 11 que anteriormente apresentava uma pontuação final de 4, também foi eliminada.

Dadas as alterações realizadas aos postos de trabalho, foi necessário analisar novamente algumas posturas, para as quais foi aplicado o método RULA. No Apêndice 39 é possível encontrar as posturas que foram novamente submetidas a análise e no Apêndice 40 a aplicação do método RULA.

A Tabela 36 apresenta uma comparação de todas as tarefas antes e depois da implementação. As tarefas a vermelho correspondem às que foram eliminadas, a amarelo as que foram novamente submetidas a análise e a verde as que não se alteraram após a reconfiguração.

Tabela 36 – Comparação dos resultados obtidos com a aplicação do método RULA antes e depois da implementação

Tarefa		Pontuação Final	
		Antes	Depois
1	Soldar contacto à prata	4	4
2	Soldar cordão ao contacto	4	4
3	Soldar borne ao cordão	3	3
4	Soldar armadura ao bimetal	3	3
5	Soldar borne à bobina	4	4
6	Trocar contentor de bielas	5	-
7	Montar bobina	4	3
8	Soldar bobina à armadura	4	4
9	Soldar eletro socorrimento	4	4
10	Montar bornes (sentado)	5	4
	Montar bornes (em pé)	-	3
11	Trocar contentor de bornes	4	-
12	Encaixar neutro no botão	3	2
13	Trocar caixas de tampas/interbases	6	-
14	Fechar aparelho	3	3
15	Empurrar cavidade	2	2
16	Inserir janela	3	3
17	Colocar aparelho no teste	5	3
18	Colocar aparelho	3	3
19	Encaixar mostrina	6	-
20	Enrolar terciário no primário	5	-
21	Montar rele	4	4
22	Trocar caixas de reles	5	-
23	Colocar aparelho	2	2
24	Terminar encaixe da peça de acoplar 1	4	4
25	Aparafusar MDIF	6	4

Através desta análise foi possível concluir que, após a implementação, as tarefas que apresentavam maior risco foram eliminadas ou melhoradas, deixando de existir tarefas com pontuação final de 6 e de 5. Sendo assim, passam a existir nove tarefas com pontuação final de 4, oito tarefas com pontuação final de 3 e três tarefas com pontuação final de 2, não apresentando risco para as operadoras se não forem mantidas ou repetidas por longos períodos de tempo. Salienta-se que todas as posturas submetidas novamente a análise diminuíram ou mantiveram a pontuação final, contribuindo para a diminuição do risco e melhoria das condições ergonómicas.

6.8 Previsão dos ganhos com a proposta de eliminação das caixas exteriores

De acordo com a base de dados da empresa, no ano de 2021 foram utilizadas 1164 caixas exteriores, cada uma com um custo de 0,21 UM. Desta forma era possível uma poupança de 242,59 UM/ano tal como se verifica na Tabela 37.

Tabela 37 – Ganho monetário obtido com a eliminação da caixa exterior

GANHO MONETÁRIO	
Quantidade (cx.)	1164
Preço unitário (UM)	0,21
Custo total 2021 (UM)	242,59

Paralelamente era possível eliminar quatro tarefas da embalagem, garantindo a correta identificação e acondicionamento dos aparelhos. A eliminação destas tarefas permitia um ganho de 1,4 segundos por aparelho, tal como demonstrado na Tabela 38, constituindo uma redução de 0,4% no tempo de processamento do MINI.

Tabela 38 – Ganho obtido com a eliminação da caixa exterior

TAREFA	TEMPO DE CICLO (s)	
	ANTES	DEPOIS
Montar caixa exterior	0,6	-
Colocar caixa intermédia na caixa exterior	0,2	-
Fechar caixa exterior	0,4	-
Colar etiqueta na caixa exterior	0,2	-
TOTAL	1,4	0
GANHO (s/ap)	1,4	

6.9 Previsão de melhoria das medidas de desempenho

Em termos de medidas de desempenho, não foi possível obter dados concretos devido ao término do estágio. No entanto, foram criadas diretrizes para facilitar a monitorização da eficiência, rejeição e produtividade.

6.9.1 Eficiência

Relativamente à eficiência foram criados cartões para cada operadora, colocados no PT2 e PT7, onde cada uma deveria anotar a hora de início no PT2 e a hora a que terminou a embalagem no PT7. Além disso, foram estabelecidos objetivos semanais de eficiência de modo a criar uma rampa de crescimento e motivar as operadoras a melhorar constantemente. Os objetivos de eficiência são apresentados na Figura 137.

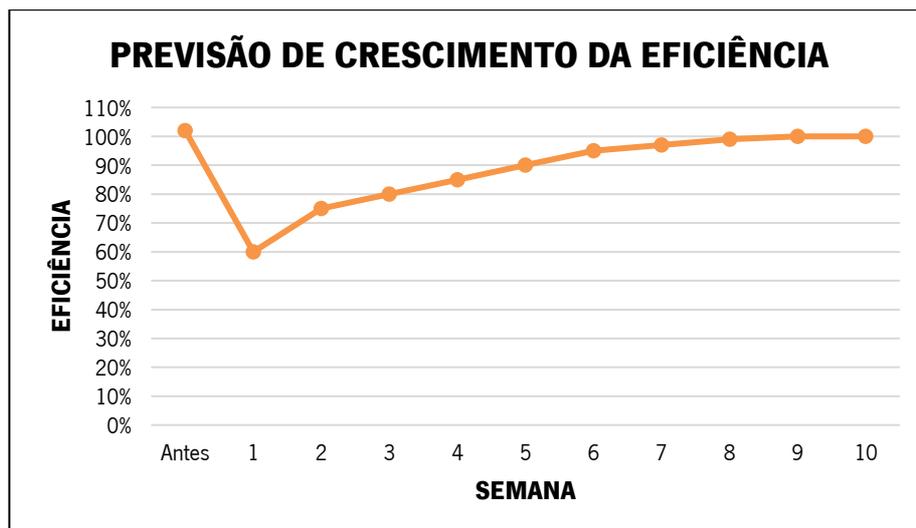


Figura 137 – Previsão de crescimento da eficiência

Sendo assim, prevê-se uma diminuição da eficiência depois da implementação como resultado da mudança, do processo de adaptação e ainda da atualização dos dados. No entanto, prevê-se um crescimento gradual ao longo do tempo, de acordo com as previsões estabelecidas pela empresa para processos de reconfiguração. Sendo assim, está previsto que, na primeira semana após reconfiguração, a eficiência seja de 60%, aumentando na segunda semana para 75%. Posteriormente, prevê-se uma subida de 5% por semana até atingir 95% e, por fim, 2% por semana até alcançar os 100%.

6.9.2 Rejeição

No que diz respeito à rejeição, esta situava-se nos 0%, o que não correspondia à realidade. Não existia uma regra para a abertura e reparação dos aparelhos, não sendo feito o registo. Com a criação de uma regra para o teste de aparelhos, após 3 defeitos do mesmo tipo ou 5 defeitos alternados os aparelhos devem ser enviados para a reparação. Desta forma, torna-se necessário o registo dos aparelhos reparados, permitindo o correto acompanhamento por parte da equipa de qualidade. Apesar de se prever um aumento dos valores de rejeição da célula, os dados são representativos da realidade o que não acontecia anteriormente.

6.9.3 Produtividade

Em termos de produtividade, estima-se que cada operadora conseguirá produzir um *kit* de 15 unidades de produtos MINI em 1,5h, o que permite concluir que a produtividade será de 10 ap./h-h. No que diz respeito à produção total do MDIF, o objetivo passa por cada operadora precisar de 3h para produzir um *kit* de 15 unidades, o que perfaz uma produtividade de 5 ap./h-h.

Comparando com a produtividade no início do estágio, apresentado na Tabela 39, estima-se um aumento da produtividade do MINI e do MDIF em 16,3% e 2%, respetivamente.

Tabela 39 – Comparação da produtividade antes e depois da implementação

PRODUTIVIDADE				
Tipologia	Antes	Depois	Aumento	%
MINI	8,6	10	1,4	16,3
MDIF	4,9	5	0,1	2,0

Tendo em conta que a célula inicial não se encontrava balanceada, tornou-se mais correto avaliar os ganhos de MDO através do aumento previsto da produtividade, apresentado na Tabela 40.

Tabela 40 – Ganhos anuais em MDO

GANHOS MDO					
Capacidade inicial	Antes (h)	Depois (h)	Redução diária (h)	Redução anual (h)	Ganho Monetário (UM)
204 ap. MINI	23,7	20,4	3,3	730,6	10 959,07
38 ap. MDIF	7,8	7,6	0,2	34,1	511,84
TOTAL	31,5	28,0	3,5	764,7	11 470,91

De acordo com os dados de produtividade iniciais fornecidos pela empresa e considerando a capacidade inicial da célula, estima-se uma redução de 3,5h por dia para produzir a mesma quantidade. Tendo em conta os 220 dias de trabalho anuais e um custo padrão de MDO de 15 UM/hora, o ganho monetário com o aumento de produtividade é de 11 470,91 UM/ano. Sendo assim, é libertada MDO que pode ser aproveitada para a realização de outras tarefas.

6.10 Síntese dos resultados

Na Tabela 41 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos.

Tabela 41 – Síntese dos resultados obtidos

PROPOSTAS	RESULTADOS OBTIDOS
Identificação das famílias	- Conhecimento das famílias com mais impacto na produção.
Alterações ao processo e aos equipamentos	- Redução de 4,6% e 4,1% nos tempos de processamento do MINI e MDIF; - Redução de 36% de rejeição no teste térmico; - Redução de 95% do tempo de arrefecimento; - Eliminação de duas tarefas de risco para as operadoras com pontuação de 5 e 6; - Redução de tarefas sem valor acrescentado (transportes, movimentações, <i>stock</i> e sobreprodução).

Realocação dos recursos existentes	<ul style="list-style-type: none"> - Realocação de 3 máquinas de soldar (25 000 UM/máquina); - Redução da área ocupada; - Redução de tarefas sem valor acrescentado (movimentações); - Melhoria de tarefa de risco: Pontuação de 5 para Pontuação de 3.
Balanceamento dos postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Célula preparada para um aumento de capacidade de 59% no MINI e 75% no MDIF; - Reformulação do processo de montagem; - Redução do LT em 90,8% e 91,2% para os produtos MINI e MDIF; - Redução do WIP em 51% e 62,1% para os produtos MINI e MDIF; - Aumento do rácio de valor acrescentado em 1,34% e 2,4% para os produtos MINI e MDIF; - Redução de sobreprodução, sobre processamento e stock.
Formação das operadoras	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da polivalência com todas as operadoras aptas em todos os postos de trabalho.
Alteração do layout	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de 8,5% da área ocupada e criação de 15,43m² de área livre útil; - Redução de 80,1%, 78,8% e 83,3% na distância percorrida pelos aparelhos MINI, MDIF e MPRESA; - Redução de 90,9% e 83,3% dos transportes das tipologias MINI e MDIF; - Redução de 75,8% nas movimentações das operadoras; - Melhoria das tarefas de risco (todas com pontuação inferior a 4).
Redução do tamanho do lote	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de permanência no mesmo posto de trabalho.
Alteração dos tabuleiros de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Correto acondicionamento dos aparelhos.
Rotatividade das operadoras	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da polivalência; - Redução da repetitividade e monotonia do trabalho: - Redução de 98% no tempo desperdiçado em esperas no MINI; - Eliminação do tempo desperdiçado em esperas no MDIF.
Envolvimento das operadoras	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da motivação da equipa.
Normalização do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Sequência operatória definida e documentada.
Organização dos postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminação de tarefas de risco: uma com pontuação de 6, duas com pontuação de 5 e uma com pontuação de 4; - Redução de 76,9% no <i>stock</i> de matéria-prima.
Abastecimento direto dos postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Redução das movimentações até ao ponto de recolha; - Processo de abastecimento simplificado.
Alteração da EIL	<ul style="list-style-type: none"> - Redução da possibilidade de colocação de componentes errados.
Estratégias de gestão visual	<ul style="list-style-type: none"> - Organização e limpeza da célula; - Implementação da técnica 5S por parte das operadoras.

Para além dos resultados obtidos, é apresentada de seguida na Tabela 42 uma síntese dos resultados esperados para as propostas que não foram implementadas.

Tabela 42 – Síntese dos resultados esperados

PROPOSTAS	RESULTADOS ESPERADOS
Eliminação das caixas exteriores	- Eliminação total do tempo desperdiçado em esperas nos produtos MINI; - Redução de 242,59 UM/ano na compra do componente; - Redução de 0,4% no tempo de processamento dos aparelhos MINI.
Melhoria do desempenho da célula	- Medidas de desempenho que correspondem à realidade; - Aumento da produtividade em 16,3% e 2% para os produtos MINI e MDIF; - Ganho de 11 470,91 UM/ano em MDO.

De modo a perceber o retorno do investimento, foi realizado um estudo do *cash flow* que inclui os custos associados à reconfiguração do processo produtivo e os ganhos previstos de MDO de acordo com a produtividade. No Apêndice 41 é possível consultar detalhadamente os cálculos efetuados, sendo apresentada uma conclusão do estudo no gráfico da Figura 138.



Figura 138 – Cash Flow do tempo de recuperação do investimento

Através da análise do gráfico é perceptível que o retorno do investimento acontecerá no 6º mês após reconfiguração, com um ganho de 86,4 UM. Tendo em conta a previsão da eficiência estipulada pela empresa, esta atingirá os 100% a partir da semana 9, o que significa que apenas a partir dessa semana a produtividade irá estabilizar nos 10 aparelhos/hora-homem no caso do MINI e 5 aparelhos/hora-homem no caso do MDIF. A partir deste momento, os ganhos anuais em MDO serão 11 470,91 UM tal como apresentado anteriormente no capítulo 6.8.

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões deste projeto de dissertação, assim como algumas sugestões para trabalhos futuros.

7.1 Considerações finais

O principal objetivo deste projeto consistia na melhoria do processo e reconfiguração do sistema produtivo através da aplicação de princípios e ferramentas *Lean*, no sentido de melhorar o desempenho da célula e reduzir desperdícios.

Numa fase inicial foram essenciais atividades de brainstorming e observações diárias do chão de fábrica de modo a conhecer o processo e identificar os principais problemas. Foi realizada uma análise ABC por quantidade de modo a identificar os produtos com maior impacto na produção. Dada a inexistência de tempos de ciclo por operação tornou-se essencial a execução de um estudo de tempos representativo da situação inicial. Nesta fase foram detetados vários problemas tais como: processo pouco fluido, elevada percentagem de não conformidades no teste térmico, falta de balanceamento, fluxos de materiais, *Lead-Time* e quantidades de WIP elevadas, *layout* desadequado com consequências na elevada distância percorrida pelos aparelhos, transportes e movimentações das operadoras, polivalência reduzida, inexistência de instruções de trabalho, falta de normalização e desorganização geral da célula, abastecimento desadequado, problemas associados ao espaço de trabalho e problemas posturais com risco de LMERT e, por fim, medidas de desempenho irrealistas.

As melhorias realizadas aos equipamentos e ao processo permitiram a redução do tempo de processamento do MINI em 4,6% e do MDIF em 4,1%. Além disso permitiu a melhoria das condições ergonómicas dado que foi possível eliminar duas tarefas que apresentavam risco elevado de LMERT, avaliadas com uma pontuação de 5 e 6 pela ferramenta ergonómica RULA. As melhorias ao nível do teste térmico foram muito positivas, não só pela redução da percentagem de rejeição em 36%, mas também pelo desenvolvimento de um novo ventilador que permitiu reduzir o tempo de arrefecimento dos aparelhos não conformes em 95%. Por fim, a integração do laser na nova linha manual de testes IDP permitiu a redução de desperdícios associados a transportes, movimentações, *stock* e sobreprodução.

Em termos de realocação dos recursos existentes, foi possível realocar três máquinas de soldar, necessárias noutras células da empresa com um impacto maior na produção. Dado o custo unitário de 25 000 UM, esta alteração constituiu um ganho pelo facto de não ser necessária a compra de três

máquinas, aliado ao espaço livre que se obteve. Além disso, a colocação em paralelo do teste de alta tensão e da máquina de desapertar bornes permitiu reduzir a área ocupada e as movimentações das operadoras. Simultaneamente permitiu a melhoria de uma tarefa de risco, reduzindo a pontuação de 5 para 3, de acordo com a ferramenta ergonómica RULA.

O novo balanceamento contemplava a reformulação do processo de montagem assim como o aumento de capacidade proposto pela empresa. Em termos de capacidade, verificou-se que a célula se encontra preparada para um aumento de 59% na produção do MINI e 75% na produção do MDIF. Com a reformulação do processo de montagem dos aparelhos, as tarefas passaram a ser realizadas no momento em que eram necessárias.

Verificou-se ainda uma redução significativa do WIP em 51% e 62,1% assim como do LT em 8,6 dias e 10,5 dias, aumentando consecutivamente o rácio de valor acrescentado em 1,34% e 2,40% para as tipologias MINI 1P+N SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM, respetivamente.

Com a reconfiguração do *layout*, foi possível reduzir a área ocupada em 8,5% e criar um espaço livre útil de 15,43m², permitindo a alocação da célula “Linhas Pequenas” que anteriormente não era possível. A melhoria dos fluxos de materiais, permitiu reduzir a distância percorrida pelos aparelhos em 80,1% e 78,8% para as tipologias MINI 1P+N SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM, estimando-se uma redução de 83,3% para a tipologia MPRESA. Além disso também foi possível reduzir desperdícios associados a transportes, verificando-se uma diminuição de 90,9% e 83,3% no tempo desperdiçado em transportes nas tipologias MINI 1P+N SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM, respetivamente. As movimentações das operadoras reduziram significativamente, menos 75,8% na distância percorrida e 90,5% no tempo desperdiçado.

Com a redução do tamanho do lote de 30 unidades para 15, foi possível reduzir o tempo de permanência no mesmo posto e com isso colmatar problemas posturais. Além disso, com a criação de um novo tabuleiro de transporte adequado à quantidade e tamanho dos aparelhos foi possível garantir o correto acondicionamento dos mesmos e eliminar tabuleiros degradados e desajustados.

A implementação do modo operatório *rabbit-chase* e o equilíbrio entre postos de trabalho em pé/sentado, permitiu colmatar problemas posturais, reduzir a monotonia e repetitividade do trabalho e aumentar a polivalência das operadoras. A implementação deste modo operatório implicou a formação das operadoras em todos os postos de trabalho, tendo sido acompanhadas por toda a equipa. Esta alteração permitiu reduzir os desperdícios associados a esperas uma vez que cada operadora passou a realizar todas as tarefas associadas a cada *kit*. Desta forma, o tempo desperdiçado em esperas associado ao

MINI reduziu 98%, sendo totalmente eliminado após a implementação da proposta de eliminação das caixas exteriores. No que diz respeito ao MDIF, este desperdício foi totalmente eliminado. Por fim, salienta-se que as operadoras foram envolvidas em todas as etapas do processo, sendo muito importantes as suas ideias e opiniões.

No que diz respeito à normalização, foram criadas instruções de trabalho para todos os postos assim como atualizados os planos de controlo de qualidade. Desta forma foi possível clarificar o processo e facilitar o seu controlo, dado que a sequência operatória ficou definida. Por conseguinte, as operadoras passaram a seguir o mesmo procedimento e a utilizar as mesmas ferramentas da mesma forma, tendo sempre a possibilidade de consultar os documentos em caso de dúvida uma vez que, estes se encontram afixados em todos os postos. Além disso, será mais fácil a integração de novas operadas se necessário.

Em termos de organização dos postos de trabalho, o resultado é bastante positivo, com uma redução de 76,9% no *stock* de matéria-prima, correspondendo a menos 10 611,40 UM em valor monetário, como resultado do redimensionamento das quantidades por contentor. Além disso, apenas se encontram nos postos de trabalho os componentes efetivamente necessários para as respetivas etapas do processo. Todos os postos foram criados de raiz permitindo o correto acondicionamento dos componentes e ferramentas, existindo um local definido para cada um deles. Como consequência foi possível eliminar quatro tarefas de risco associadas à troca de contentores em zonas de difícil acesso, uma delas com pontuação de 6, duas com pontuação de 5 e uma com pontuação de 4. Todos os postos encontram-se identificados assim como locais próprios para WIP, entrada/saída de material, locais de recolha, sucata e ferramentas, de acordo com o código de cores da empresa. Com a aplicação da técnica 5S verificou-se uma melhoria em todos os pontos, sendo de salientar o cumprimento desta técnica por parte das operadoras, deixando os postos limpos e arrumados e respeitando o local estipulado para cada coisa. É importante referir que as operadoras se sentem muito mais motivadas a contribuir com as suas sugestões de melhoria.

Relativamente ao abastecimento da célula foram propostas alterações na rota do *petit-train* de modo a incluir o abastecimento direto aos postos de trabalho com o mínimo de deslocações desnecessárias por parte das operadoras. Todos os locais de recolha e de paragem encontram-se devidamente sinalizados de modo a aumentar a visibilidade dos mesmos. Para além disso, foram incluídas em cada tampo etiquetas de identificação dos componentes de modo a facilitar o abastecimento por parte do operador logístico. Todas estas alterações contribuíram para a redução das movimentações e tornaram o processo de abastecimento mais simples e intuitivo.

Em termos ergonômicos verifica-se uma melhoria significativa das condições de trabalho principalmente em termos de posturas e movimentos, mas também ao nível do espaço de trabalho, mitigação da monotonia e repetitividade. Sendo assim, todas as posturas com risco elevado de LMERT foram eliminadas ou melhoradas, deixando de existir tarefas com pontuação final superior a 4, o que permitiu aumentar a segurança do local de trabalho.

Por fim, prevê-se uma melhoria no desempenho da célula principalmente em termos de produtividade, com um aumento estimado de 16,3% e 2% para as tipologias MINI 1P+N SYSTEM e MDIF 1P+N SYSTEM. Com este aumento, prevê-se um ganho anual em MDO de 11 470,91 UM, que pode ser utilizado para a realização de outras tarefas. Relativamente à eficiência e rejeição, não foi possível a obtenção de dados concretos, no entanto salienta-se que os dados foram atualizados contribuindo para a fiabilidade das medidas de desempenho. Prevê-se uma diminuição inicial da eficiência após reconfiguração e um aumento da rejeição, como resultado do processo de adaptação e atualização dos dados. No entanto, está prevista uma rampa de crescimento da eficiência e monitorização da rejeição por parte da equipa de qualidade.

De uma forma geral, o projeto envolveu um custo total de 3 714,60 UM, salientando-se que o custo associado à construção de novos postos de trabalho apenas aconteceu por interesse da empresa em uniformizar as suas estruturas. Tendo em conta o aumento de produtividade previsto, espera-se um retorno do investimento ao fim de 6 meses.

Em termos de execução do projeto, salienta-se o acompanhamento e envolvimento da empresa, com a realização de vários pontos de controlo e reuniões de brainstorming. Tratava-se de um projeto desafiante envolvendo uma célula de produção onde nunca tinham sido implementados projetos *Lean*, com poucas operadoras, mas a trabalhar naquele local há cerca de 20 anos, sendo de esperar a resistência à mudança. Apesar de todos os desafios, todos os objetivos propostos no início do projeto foram cumpridos com sucesso, permitindo o desenvolvimento pessoal através de uma experiência bastante enriquecedora e repleta de aprendizagem.

7.2 Trabalho futuro

Como trabalho futuro sugere-se a implementação da proposta de eliminação das caixas exteriores de modo a aumentar a cadência de trabalho e reduzir os custos associados a esse componente que apenas é utilizado nesta célula.

Relativamente à implementação e monitorização dos cartões de eficiência, sugere-se o acompanhamento das operadoras, ajustando os objetivos de eficiência semanalmente de acordo com os resultados obtidos. Sugere-se ainda o acompanhamento dos valores de rejeição da célula por parte da equipa de qualidade, assim como da produtividade por parte da equipa de engenharia de processo.

Após a análise dos dados documentais da empresa, constatou-se a elevada variedade de artigos produzidos na célula. Neste sentido tornou-se essencial priorizar as tipologias de produtos que seriam alvo de estudo ao longo do projeto. No entanto, e para que tudo fique documentado e validado corretamente, sugere-se uma análise aprofundada das tipologias menos comuns como: MINI 1P+N CHORUS, MINI 1P+N PLAYBUS, MINI 1P SYSTEM, MINI 1P CHORUS, MINI 1P PLAYBUS, MDIF 1P+N CHORUS, MDIF 1P+N PLAYBUS e MPRESA.

Ao longo do projeto o teste térmico revelou-se um fator crítico para a célula uma vez que a percentagem de rejeição era extremamente elevada. Apesar das alterações realizadas permitirem uma redução significativa deste valor, torna-se pertinente analisar todas as variáveis que possam afetar este teste permitindo a melhoria de processos idênticos noutras células da empresa.

Para além destas propostas sugere-se a melhoria contínua do processo contribuindo para a melhoria constante das condições de trabalho. Salienta-se ainda a necessidade de atualização dos procedimentos de trabalho e envolvimento das operadoras, fornecendo a motivação necessária para que possam contribuir com ideias de melhoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhonen, M., Launis, M., & Kuorinka, T. (1989). *Ergonomic Workplace Analysis*. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health, Ergonomic Section.
- Alves, A. C. (2007). *Projeto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*. Universidade do Minho.
- Alves, A. C. (2018). U-Shaped Cells Operating Modes: a Review and a Hands-on Simulation Comparison. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(2), 87–97. <https://doi.org/https://doi.org/658.5:004.94>
- Alves, A. C., Abreu, M. F., Tereso, A. P., & Ferreira, P. V. (2017). Production System Configuration Selection in a Lean Environment Using Analytic Hierarchy Process. In *Cellular Manufacturing Systems: Recent Developments, Analysis and Case Studies* (pp. 57–76). Nova Science Publishers, Inc.
- Alves, A. C., Ferreira, A. C., Maia, L. C., Leão, C. P., & Carneiro, P. (2019). A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: Insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(4), 243–256. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2019-4-244>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., & Dinis-Carvalho, J. (2016). Redesign of the production system: A hard decision-making process. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1128–1132. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7385824>
- Alves, Anabela C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *Learning Organization*, 19(3), 219–237. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Alves, Anabela C., Dinis-Carvalho, J., Sousa, R. M., Moreira, F., & Lima, R. M. (2011). Benefits of Lean Management: Results form some Industrial Cases in Portugal. *6 Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME'2011)*, (1977), 9.
- Alves, Anabela C., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., Lima, R. M., Moreira, F., Leão, C. P., ... Fernandes, S. (2014). Final year Lean projects: advantages for companies, students and academia. *Sixth International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2014)*, (July), [1-10]ID56. <https://doi.org/10.13140/2.1.3211.1685>
- Alves, Anabela C., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production Systems Redesign in a Lean Context: A Matter of Sustainability. *FME TRANSACTIONS*, 43(4), 344–352. <https://doi.org/10.5937/fmet1504344A>
- Alves, Anabela Carvalho. (1999). *Metodologia para a Concepção de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*. Universidade do Minho.
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2015). Workplace ergonomics in lean production environments: A literature review. *Work*, 52(1), 57–70. <https://doi.org/10.3233/WOR-141941>
- Arezes, P., & Serranheira, F. (2017). New approaches and interventions to prevent Work Related Musculoskeletal Disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 60, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.10.005>
- Bevan, S. (2015). Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*, 29(3), 356–373. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.08.002>
- Bhat, S. B. N. (2008). Cellular Manufacturing-the Heart of Lean Manufacturing. *Advances in Production Engineering & Management*, 3, 171–180. Retrieved from http://apem-journal.org/Archives/2008/APEM3-4_171-180.pdf

- Bittencourt, W., Alves, A., & Arezes, P. (2010). Revisão Bibliográfica Sobre a Sinergia Entre Lean Production e Ergonomia. *Universidade Do Minho*, (2007).
- Black, J. T., & Hunter, S. L. (2003). *Lean manufacturing system and cell design*. Society of Manufacturing Engineers.
- Brito, M. F., Ramos, A. L. F. A., Carneiro, P., Gonçalves, M. A., Ferreira, J. A. de V., & Frade, A. B. T. (2018). Improving the Production Performance and Ergonomic Aspects Using Lean and Agile Concepts. *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, *12*(1), 122–135. <https://doi.org/10.2174/1874110x01812010122>
- Colim, A., Faria, C., Braga, A. C., Sousa, N., Rocha, L., Carneiro, P., ... Arezes, P. (2020). Towards an ergonomic assessment framework for industrial assembly workstations - A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(9). <https://doi.org/10.3390/app10093048>
- Dinis-Carvalho, J., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2014). Moving from job-shop to production cells without losing flexibility: a case study from the wooden frames industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, *25*(3), 212–225.
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, *40*(4), 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.07.001>
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, *29*(1), 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- Feld, W. M. (2001). *Lean manufacturing—tools, techniques, and how to use them*. CRC Press.
- Galsworth, G. D. (1977). *Visual Systems: Harnessing the Power of the Visual Workplace*. New York: American Management Association.
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean and green—a systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>
- Hakkarainen, P., Ketola, R., & Nevala, N. (2011). Reliability and usability of the ergonomic workplace method for assessing working environments. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *12*(4), 367–378. <https://doi.org/10.1080/14639221003736339>
- Hamel, M. R. (2010). *Kaizen Event Fieldbook - Foundation, Framework, and Standard Work for Effective Events*. Society of Manufacturing Engineers.
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2008). *Staying Lean: thriving, not just surviving*. Lean Enterprise Research Centre.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, *25*(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- IEA. (2000). Human Factors/Ergonomics (HFE). Retrieved from International Ergonomics Association website: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen - A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (Second Edi). McGraw-Hill.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, *45*(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New-York: McGraw-Hill.
- 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>
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2012). Do Lean Methodologies include ergonomic tools? *International Symposium On Occupational Safety and Hygiene (SHO2012)*, (1996), 350–356. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1822/18877>
- Markovitz, D. (2012). *A Factory of One: Applying Lean Principles to Banish Waste and Improve Your*

- Personal Performance*. CRC Press - Taylor & Francis Group.
- McAtamney, L., & Nigel Corlett, E. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (3rd. ed.). Engineering & Management Press.
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*, 1–15. Retrieved from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. CRC Press - Taylor & Francis Group.
- OSHA. (n.d.). Lesões musculoesqueléticas. Retrieved from Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho website: <https://osha.europa.eu/pt/themes/musculoskeletal-disorders>
- Patel, N., Chauhan, N., & Trivedi, P. (2015). Benefits of Value Stream Mapping as A Lean Tool Implementation Manufacturing Industries: A Review. *IJRST –International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 1(8), 53–57.
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking - Introdução ao pensamento magro. In *Comunidade Lean Thinking* (pp. 159–163).
- Productivity Press Development Team. (1998). *Just-in-Time for Operators*. Productivity Press.
- Productivity Press Development Team. (2002a). *Pull Production for the Shopfloor*. Productivity Press.
- Productivity Press Development Team. (2002b). *Standard Work for Shopfloor*. Productivity Press.
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(3), 334–361. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Ribeiro, L., Alves, A. C., Moreira, J. F. P., & Ferreira, M. (2013). Applying standard work in a paint shop of wood furniture plant: A case study. *22nd International Conference on Production Research, ICPR 2013*, (April).
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., & Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 5947–5954. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students* (5th ed.). Prentice Hall.
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean for Dummies*. Wiley Publishing, Inc.
- Schneider, E., Irastorza, X., & Copsey, S. (2010). OSH in Figures: Work-related Musculoskeletal Disorders in the EU – Facts and Figures. In *European Agency for Safety and Health at Work*. <https://doi.org/978-92-9191-261-2>
- Scholl, A. (1999). *Balancing and Sequencing of Assembly Lines* (2nd editio). Physica.
- Shararah, M. a, El-Kilany, K. S., & El-Sayed, A. E. (2010). Component Based Modeling and Simulation of Value Stream Mapping for Lean Production Systems. *FAIM Conference*, (December 2014), 881–888.
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota Production System*. Productivity Press.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production*

- Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582–603.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). Value Stream Management for the lean office: 8 steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas. *Productivity Press*.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York: HARPER & BROTHERS.
- Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. *International Research Symposium*, 201–219. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Van Scyoc, K. (2008). Process safety improvement-Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.036>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2017). Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 311–320. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0204-7>
- Wilson, L. (2010). *How to implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.

ANEXOS

ANEXO 1 – FOLHA DE OBSERVAÇÕES NORMALIZADA

		Medida de Tempo dos Elementos de Trabalho																																										
GEWISS PORTUGAL																																												
Tarefa: _____		Data: _____																																										
Nº	Fases do processo	Ponto de Medição	Quant Referencia	Notas	Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Média (L e t)	t	Média Amplitude	Z	S	V	ε		
1					L																																							
2					t																																							
3					L																																							
4					t																																							
5					L																																							
6					t																																							
7					L																																							
8					t																																							
9					L																																							
10					t																																							

Figura 139 – Folha Excel de observações normalizada

ANEXO 2 – CÓDIGO DE CORES DA GEWISS PORTUGAL

Tabela 43 – Código de cores - Gewiss Portugal

CÓDIGO DE CORES - GEWISS PORTUGAL	
VERDE	Componentes/Matéria-Prima WIP
VERMELHO	Sucata Não conforme Incêndio
LARANJA	Reparação Retrabalho
AMARELO	Equipamentos/Dispositivos Ferramentas Corredores Principais Divisão de áreas (N/A se utilizada outra cor)

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – DIVERSIDADE DE PRODUTOS

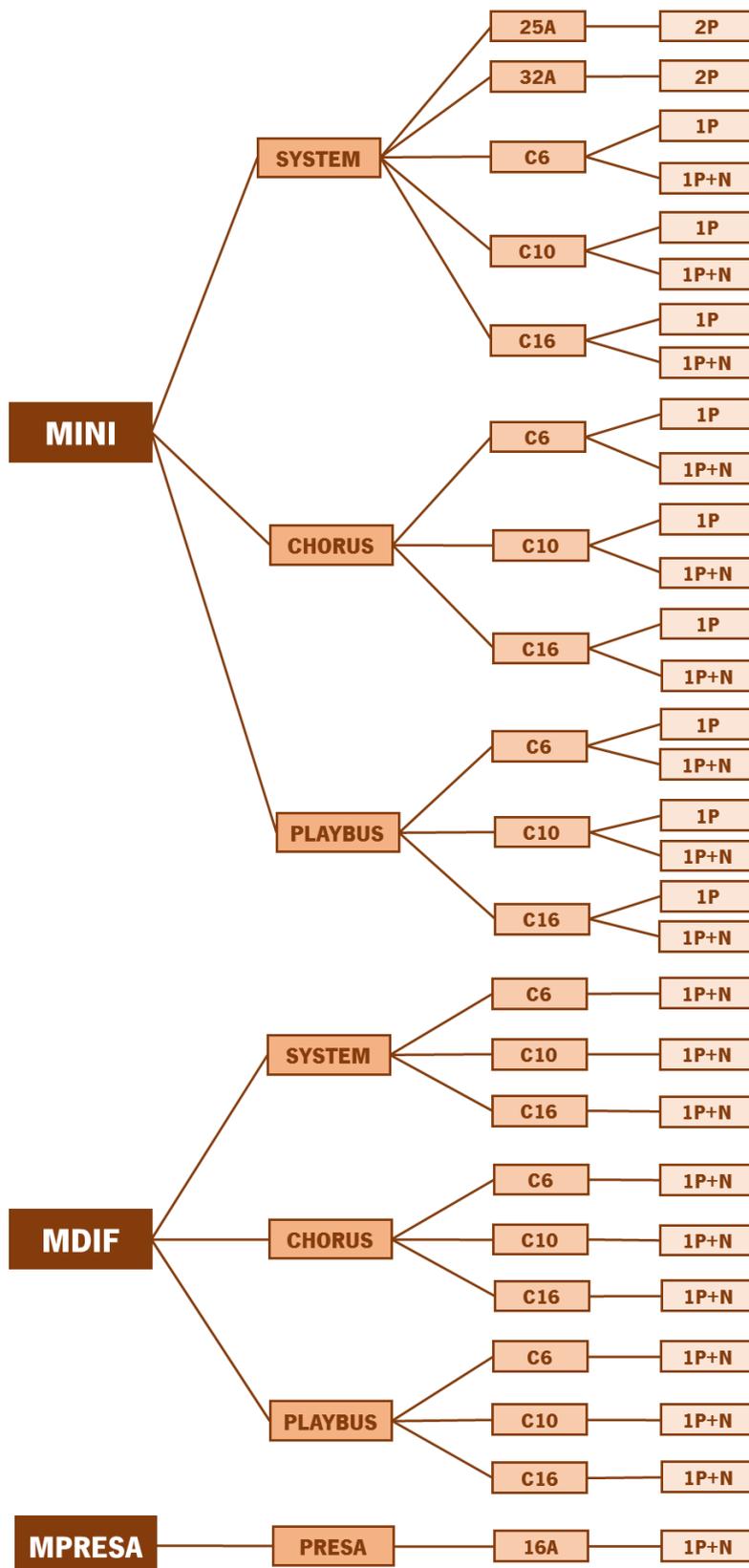


Figura 140 – Diversidade de produtos

APÊNDICE 2 – ANÁLISE DA REPRESENTATIVIDADE NA PRODUÇÃO DE 2021

Tabela 44 – Produção de 2021

Nº artigo	ID	Tipologia	Amperagem	Nº Polos	Quantidade
1	MINI	System	C16	1P+N	11756
2	MINI	System	25A	2P	7200
3	MINI	System	C10	1P+N	6120
4	MDIF	System	C10	1P+N	4410
5	MINI	System	32A	2P	3735
6	MINI	System	C6	1P+N	1800
7	MDIF	System	C16	1P+N	1321
8	MDIF	System	C10	1P+N	780
9	MINI	Chorus	C16	1P+N	628
10	MINI	System	C6	1P	555
11	MDIF	System	C16	1P+N	540
12	MINI	System	C16	1P	480
13	MINI	System	C16	1P+N	435
14	MINI	System	C6	1P+N	288
15	MINI	Chorus	C10	1P+N	282
16	MDIF	System	C6	1P+N	270
17	MINI	Chorus	C16	1P+N	264
18	MINI	Playbus	C6	1P	252
19	MINI	System	C10	1P	240
20	MPRESA	Presas	16A	1P+N	227
21	MINI	System	25A	2P	210
22	MDIF	Chorus	C16	1P+N	144
23	MDIF	Chorus	C16	1P+N	133
24	MINI	Chorus	C6	1P+N	124
25	MDIF	System	C6	1P+N	120
26	MINI	System	C10	1P+N	120
27	MINI	System	C10	1P	82
28	MINI	Chorus	C10	1P+N	60
29	MDIF	System	C10	1P+N	60
30	MPRESA	Presas	16A	1P+N	50

31	MINI	Chorus	C16	1P+N	50
32	MINI	Playbus	C6	1P+N	48
33	MDIF	Playbus	C16	1P+N	48
34	MPRESA	Presa	16A	1P+N	42
35	MDIF	Chorus	C6	1P+N	31
36	MINI	System	C6	1P+N	30
37	MDIF	System	C16	1P+N	30
38	MPRESA	Presa	16A	1P+N	26
39	MDIF	Chorus	C16	1P+N	24
40	MINI	Chorus	C16	1P+N	20
41	MINI	Chorus	C16	1P+N	20
42	MINI	Chorus	C10	1P+N	20
43	MDIF	Chorus	C16	1P+N	20
44	MPRESA	Presa	16A	1P+N	19
45	MPRESA	Presa	16A	1P+N	17
46	MPRESA	Presa	16A	1P+N	15
47	MINI	Chorus	C10	1P	15
48	MDIF	Chorus	C16	1P+N	15
49	MINI	Chorus	C16	1P	12
50	MDIF	Chorus	C10	1P+N	12
51	MDIF	Chorus	C16	1P+N	12
52	MDIF	Chorus	C16	1P+N	12
53	MPRESA	Presa	16A	1P+N	10
54	MDIF	Chorus	C16	1P+N	10
55	MPRESA	Presa	16A	1P+N	10
56	MINI	Chorus	C6	1P	10
57	MINI	Chorus	C16	1P	10
58	MINI	Chorus	C6	1P+N	10
59	MDIF	Chorus	C6	1P+N	10
60	MDIF	Chorus	C10	1P+N	10
61	MDIF	Chorus	C10	1P+N	10
62	MINI	System	C16	1P	10
63	MINI	Chorus	C10	1P+N	8
64	MPRESA	Presa	16A	1P+N	8
65	MDIF	Chorus	C6	1P+N	8

66	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5
67	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5
68	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5
69	MINI	Chorus	C6	1P	5
70	MINI	Chorus	C10	1P	5
71	MINI	Chorus	C16	1P	5
72	MINI	Chorus	C6	1P+N	5
73	MDIF	Chorus	C6	1P+N	5
74	MDIF	Chorus	C6	1P+N	5
75	MDIF	Chorus	C10	1P+N	5
76	MDIF	Chorus	C10	1P+N	5
77	MDIF	Chorus	C16	1P+N	5
78	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5
79	MPRESA	Presa	16A	1P+N	4
80	MDIF	Chorus	C10	1P+N	4
81	MPRESA	Presa	16A	1P+N	4
82	MINI	Playbus	C10	1P	4
83	MDIF	Chorus	C6	1P+N	2
84	MPRESA	Presa	16A	1P+N	1
85	MDIF	Chorus	C6	1P+N	1
86	MINI	Chorus	C6	1P	0
87	MINI	Chorus	C10	1P	0
88	MINI	Chorus	C6	1P	0
89	MINI	Chorus	C10	1P	0
90	MINI	Chorus	C16	1P	0
91	MINI	Chorus	C6	1P+N	0
92	MINI	Chorus	C6	1P	0
93	MINI	Chorus	C10	1P	0
94	MINI	Chorus	C16	1P	0
95	MINI	Chorus	C6	1P+N	0
96	MINI	Chorus	C10	1P+N	0
97	MINI	System	C10	1P+N	0
98	MINI	System	C6	1P	0
99	MINI	System	C16	1P+N	0
100	MINI	Playbus	C16	1P	0

101	MINI	Playbus	C10	1P+N	0
102	MINI	Playbus	C16	1P+N	0
103	MDIF	Chorus	C6	1P+N	0
104	MDIF	Chorus	C6	1P+N	0
105	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0
106	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0
107	MDIF	Chorus	C6	1P+N	0
108	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0
109	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0
110	MDIF	Chorus	C16	1P+N	0
111	MDIF	System	C6	1P+N	0
112	MDIF	System	C10	1P+N	0
113	MDIF	System	C16	1P+N	0
114	MDIF	System	C6	1P+N	0
115	MDIF	Playbus	C6	1P+N	0
116	MDIF	Playbus	C10	1P+N	0
117	MPRESA	Presa	16A	1P+N	0
118	MPRESA	Presa	16A	1P+N	0
119	MPRESA	Presa	16A	1P+N	0
TOTAL					43433

Tabela 45 – Análise da produção de 2021 de acordo com a designação

DESIGNAÇÃO	QUANTIDADE	%
MINI	34918	80,4
MDIF	8062	18,56
MPRESA	453	1,04
	43433	100,00

Tabela 46 – Análise da produção de 2021 de acordo com a tipologia

TIPOLOGIA	QUANTIDADE	%
SYSTEM	40592	93,46
CHORUS	2036	4,69
PLAYBUS	352	0,81
PRESA	453	1,04
	43433	100,00

Tabela 47 – Análise da produção de 2021 de acordo com a amperagem

AMPERAGEM	QUANTIDADE	%
C6/C10/C16	31835	73,3
25A/32A	11145	25,66
16A	453	1,04
	43433	100,00

Tabela 48 – Análise da produção de 2021 de acordo com o número de polos

Nº POLOS	QUANTIDADE	%
1P	1685	3,88
1P+N	30603	70,46
2P	11145	25,66
	43433	100,00

APÊNDICE 3 – LAYOUT INICIAL COM CÁLCULOS DE ÁREA

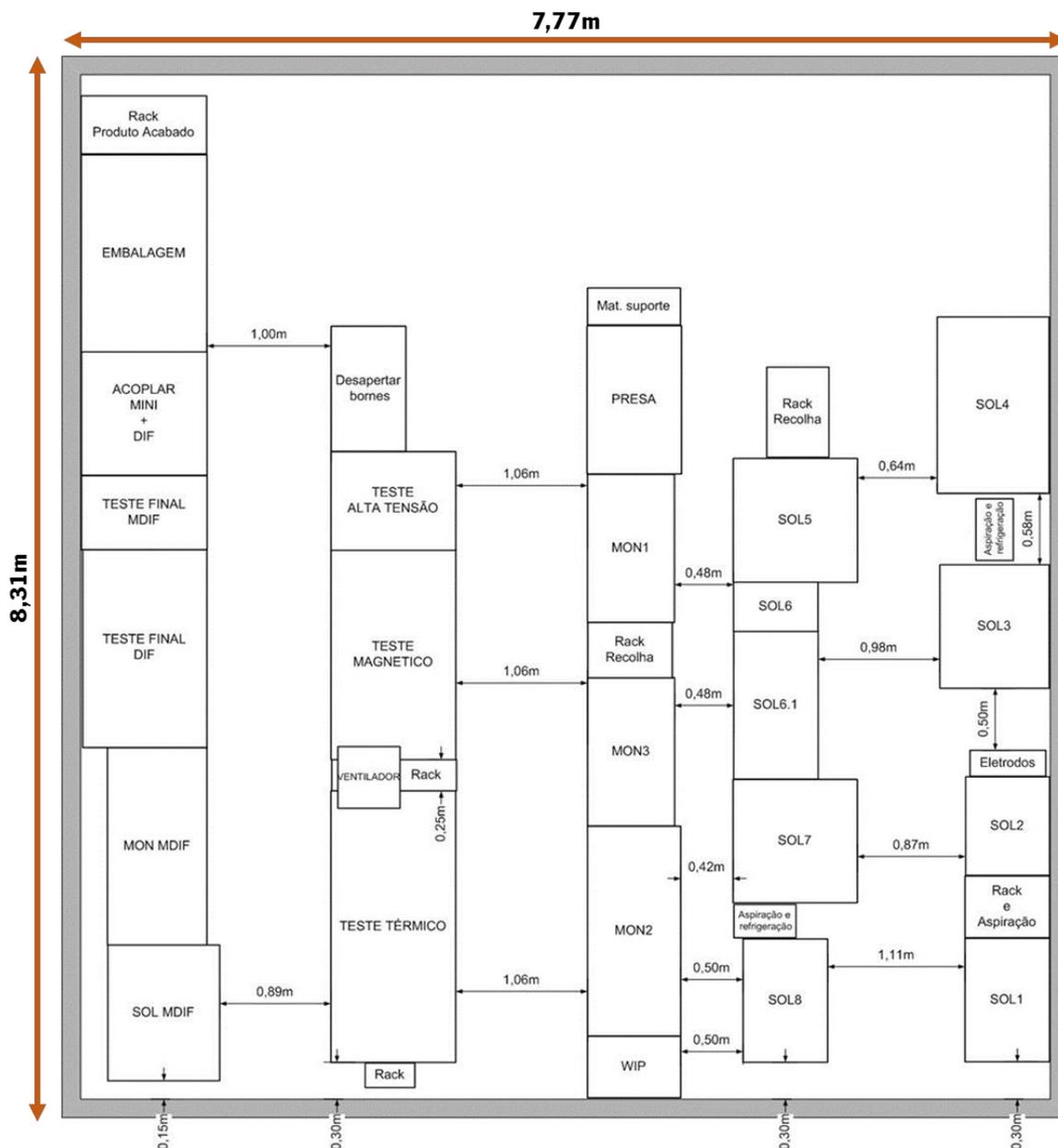


Figura 141 – Layout inicial com medidas

Tabela 49 – Cálculo da área total e ocupada

POSTO DE TRABALHO	ÁREA (m2)
SOL1	0,68
SOL2	0,54
SOL3	0,88
SOL4	1,29
SOL5	1,00
SOL6	0,27
SOL6.1	0,82
SOL7	1,00
SOL8	0,68
MON1	0,84
MON2	1,28
MON3	0,84
PRESA	0,91
TESTE TÉRMICO	2,20
TESTE MAGNÉTICO	1,70
TESTE ALTA TENSÃO	0,80
DESAPERTAR BORNES	0,61
SOL MDIF	0,99
MON MDIF	1,28
TESTE FINAL DIF	1,62
TESTE FINAL MDIF	0,60
ACOPLAR	1,10
EMBALAGEM	1,76
RACKS DE RECOLHA	0,67
RACK DE PRODUTO ACABADO	0,52
RACKS	0,33
MAT. SUPORTE	0,23
ELÉTRÓDOS	0,13
ASPIRAÇÃO E REFRIGERAÇÃO	0,63
Área total	64,57
Área ocupada	26,18
Área livre	38,39

APÊNDICE 4 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA CÉLULA

Tabela 50 – Equipamentos utilizados na célula

EQUIPAMENTOS			
Tipo de equipamento	Quantidade	Código	Local
MÁQUINA DE SOLDAR	9	800000010145-0	SOL1
		80100000	SOL2
		801000010182-0	SOL3
		SHAH0078	SOL4
		801000010175-0	SOL5
		106684	SOL6
		801000010174-0	SOL7
		801000002445-1	SOL8
		801000010164-0	SOL MDIF
PRENSA	6	Sem Identificação	SOL6.1
		AGAM0318	MON2
		SHAM0152	MON3 SYSTEM
		SHAM0005	MON3 CHORUS
		SHAM0251	MON3 (Descravar)
		AGAM0162	EMBALAGEM
MÁQUINA DE TESTE	4	801000010253-0	TESTE TÉRMICO
	1	801000010260-0	TESTE MAGNÉTICO
	1	801000010689-0	TESTE ALTA TENSÃO
	1	801000010081-0	TESTE MINI 2P
	3	801000010268-0	TESTE FINAL DIF
	1		TESTE FINAL MDIF
MÁQUINA DE DESAPERTAR BORNES	1	90AP0345	DESAPERTAR BORNES
FERRO DE SOLDAR	1	801000010449-0	MON MDIF
APARAFUSADORA	4	Sem Identificação	MON1
		801000010489-0	MON3
		Sem Identificação	MON MDIF
		801000000080-0	ACOPLAR
CARIMBO	3	806000010399-0	MON3
		Sem Identificação	ACOPLAR
		Sem Identificação	EMBALAGEM
LEITOR CÓDIGO DE BARRAS	1	806000010840-0	EMBALAGEM
DESENROLADOR	1	SHAE0014	MON MDIF
VENTILADOR	1	Sem Identificação	TESTE TÉRMICO
LASER	1	801000010401-10	NAVE 3
PINÇA	5	Sem Identificação	SOL1
			MON2
			MON3
			TESTE MAGNÉTICO
			MON MDIF
ALICATE	2	Sem Identificação	SOL6.1
			MON MDIF
SERINGA	5	Sem Identificação	SOL2
			SOL3
			SOL5
			SOL7
			SOL MDIF

APÊNDICE 5 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS ELÉTRÓDOS

Tabela 51 – Identificação e localização dos elétrodos

ELÉTRÓDOS		
Código	Onde está?	Onde é preciso?
8A00002	SOL2	SOL2/SOL5
8A00003		SOL8
8A00004		SOL4
8A00005		SOL7
8A00008		SOL8
8A00023		SOL3
8A00026		SOL3
8A00027		SOL1/SOL4/SOL5
8A00042		SOL3/SOL7
8A00044		SOL2
8A00048		PRESA
8A00049		PRESA
8A00051		SOL2
8A00065		SOL1/SOL2
8A00066		SOL MDIF
8A00074		PRESA
8A00077		SOL1/SOL2
8A00078		SOL MDIF
8A00079		PRESA
8A00080		SOL5

APÊNDICE 6 – IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS *POKA-YOKE*

Tabela 52 – Identificação e localização dos dispositivos poka-yoke

DISPOSITIVOS <i>POKA-YOKE</i>	
Local	Código
SOL1	90AP0196
SOL2	8061000010683-0
	90AP0166
SOL3	90AP0173
	90AP0174
	Sem Identificação
	Sem Identificação
SOL4	806000010667-1
	806000010667-0
SOL5	90AP0181
	90AP0170
SOL6	90AP0270
SOL6.1	90AP0212
SOL7	90AP0193
SOL8	90AP0189
MON1	90AP0394
	SHAP0474
	SHAP0476
	Sem Identificação
MON2	Sem Identificação
MON3	Sem Identificação
PRESA	11AP0216
SOL MDIF	90AP0440
MON MDIF	806000010422-0
EMBALAGEM	AGAM0162
LASER	801000003214-4
	801000003214-3

APÊNDICE 7 – ANÁLISE ABC POR QUANTIDADE PRODUZIDA EM 2021

Tabela 53 – Análise ABC por quantidade produzida em 2021

Nº do artigo	ID	Tipologia	Amperagem	Nº Polos	Quantidade	% Individual	% Acumulada	Classe
1	MINI	System	C16	1P+N	11756	27,07%	27,07%	A
2	MINI	System	25A	2P	7200	16,58%	43,64%	
3	MINI	System	C10	1P+N	6120	14,09%	57,73%	
4	MDIF	System	C10	1P+N	4410	10,15%	67,89%	
5	MINI	System	32A	2P	3735	8,60%	76,49%	
6	MINI	System	C6	1P+N	1800	4,14%	80,63%	
7	MDIF	System	C16	1P+N	1321	3,04%	83,67%	
8	MDIF	System	C10	1P+N	780	1,80%	85,47%	
9	MINI	Chorus	C16	1P+N	628	1,45%	86,92%	
10	MINI	System	C6	1P	555	1,28%	88,19%	
11	MDIF	System	C16	1P+N	540	1,24%	89,44%	
12	MINI	System	C16	1P	480	1,11%	90,54%	
13	MINI	System	C16	1P+N	435	1,00%	91,54%	
14	MINI	System	C6	1P+N	288	0,66%	92,21%	
15	MINI	Chorus	C10	1P+N	282	0,65%	92,86%	
16	MDIF	System	C6	1P+N	270	0,62%	93,48%	
17	MINI	Chorus	C16	1P+N	264	0,61%	94,09%	
18	MINI	Playbus	C6	1P	252	0,58%	94,67%	
19	MINI	System	C10	1P	240	0,55%	95,22%	
20	MPRESA	Presas	16A	1P+N	227	0,52%	95,74%	
21	MINI	System	25A	2P	210	0,48%	96,22%	C
22	MDIF	Chorus	C16	1P+N	144	0,33%	96,56%	
23	MDIF	Chorus	C16	1P+N	133	0,31%	96,86%	
24	MINI	Chorus	C6	1P+N	124	0,29%	97,15%	
25	MDIF	System	C6	1P+N	120	0,28%	97,42%	
26	MINI	System	C10	1P+N	120	0,28%	97,70%	
27	MINI	System	C10	1P	82	0,19%	97,89%	
28	MINI	Chorus	C10	1P+N	60	0,14%	98,03%	
29	MDIF	System	C10	1P+N	60	0,14%	98,16%	
30	MPRESA	Presas	16A	1P+N	50	0,12%	98,28%	
31	MINI	Chorus	C16	1P+N	50	0,12%	98,40%	
32	MINI	Playbus	C6	1P+N	48	0,11%	98,51%	
33	MDIF	Playbus	C16	1P+N	48	0,11%	98,62%	
34	MPRESA	Presas	16A	1P+N	42	0,10%	98,71%	
35	MDIF	Chorus	C6	1P+N	31	0,07%	98,78%	
36	MINI	System	C6	1P+N	30	0,07%	98,85%	
37	MDIF	System	C16	1P+N	30	0,07%	98,92%	
38	MPRESA	Presas	16A	1P+N	26	0,06%	98,98%	

39	MDIF	Chorus	C16	1P+N	24	0,06%	99,04%
40	MINI	Chorus	C16	1P+N	20	0,05%	99,08%
41	MINI	Chorus	C16	1P+N	20	0,05%	99,13%
42	MINI	Chorus	C10	1P+N	20	0,05%	99,18%
43	MDIF	Chorus	C16	1P+N	20	0,05%	99,22%
44	MPRESA	Presa	16A	1P+N	19	0,04%	99,27%
45	MPRESA	Presa	16A	1P+N	17	0,04%	99,30%
46	MPRESA	Presa	16A	1P+N	15	0,03%	99,34%
47	MINI	Chorus	C10	1P	15	0,03%	99,37%
48	MDIF	Chorus	C16	1P+N	15	0,03%	99,41%
49	MINI	Chorus	C16	1P	12	0,03%	99,44%
50	MDIF	Chorus	C10	1P+N	12	0,03%	99,46%
51	MDIF	Chorus	C16	1P+N	12	0,03%	99,49%
52	MDIF	Chorus	C16	1P+N	12	0,03%	99,52%
53	MPRESA	Presa	16A	1P+N	10	0,02%	99,54%
54	MDIF	Chorus	C16	1P+N	10	0,02%	99,56%
55	MPRESA	Presa	16A	1P+N	10	0,02%	99,59%
56	MINI	Chorus	C6	1P	10	0,02%	99,61%
57	MINI	Chorus	C16	1P	10	0,02%	99,63%
58	MINI	Chorus	C6	1P+N	10	0,02%	99,66%
59	MDIF	Chorus	C6	1P+N	10	0,02%	99,68%
60	MDIF	Chorus	C10	1P+N	10	0,02%	99,70%
61	MDIF	Chorus	C10	1P+N	10	0,02%	99,73%
62	MINI	System	C16	1P	10	0,02%	99,75%
63	MINI	Chorus	C10	1P+N	8	0,02%	99,77%
64	MPRESA	Presa	16A	1P+N	8	0,02%	99,79%
65	MDIF	Chorus	C6	1P+N	8	0,02%	99,80%
66	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5	0,01%	99,82%
67	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5	0,01%	99,83%
68	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5	0,01%	99,84%
69	MINI	Chorus	C6	1P	5	0,01%	99,85%
70	MINI	Chorus	C10	1P	5	0,01%	99,86%
71	MINI	Chorus	C16	1P	5	0,01%	99,87%
72	MINI	Chorus	C6	1P+N	5	0,01%	99,88%
73	MDIF	Chorus	C6	1P+N	5	0,01%	99,90%
74	MDIF	Chorus	C6	1P+N	5	0,01%	99,91%
75	MDIF	Chorus	C10	1P+N	5	0,01%	99,92%
76	MDIF	Chorus	C10	1P+N	5	0,01%	99,93%
77	MDIF	Chorus	C16	1P+N	5	0,01%	99,94%
78	MPRESA	Presa	16A	1P+N	5	0,01%	99,95%

C

79	MPRESA	Presa	16A	1P+N	4	0,01%	99,96%
80	MDIF	Chorus	C10	1P+N	4	0,01%	99,97%
81	MPRESA	Presa	16A	1P+N	4	0,01%	99,98%
82	MINI	Playbus	C10	1P	4	0,01%	99,99%
83	MDIF	Chorus	C6	1P+N	2	0,00%	100,00%
84	MPRESA	Presa	16A	1P+N	1	0,00%	100,00%
85	MDIF	Chorus	C6	1P+N	1	0,00%	100,00%
86	MINI	Chorus	C6	1P	0	0,00%	100,00%
87	MINI	Chorus	C10	1P	0	0,00%	100,00%
88	MINI	Chorus	C6	1P	0	0,00%	100,00%
89	MINI	Chorus	C10	1P	0	0,00%	100,00%
90	MINI	Chorus	C16	1P	0	0,00%	100,00%
91	MINI	Chorus	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
92	MINI	Chorus	C6	1P	0	0,00%	100,00%
93	MINI	Chorus	C10	1P	0	0,00%	100,00%
94	MINI	Chorus	C16	1P	0	0,00%	100,00%
95	MINI	Chorus	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
96	MINI	Chorus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
97	MINI	System	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
98	MINI	System	C6	1P	0	0,00%	100,00%
99	MINI	System	C16	1P+N	0	0,00%	100,00%
100	MINI	Playbus	C16	1P	0	0,00%	100,00%
101	MINI	Playbus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
102	MINI	Playbus	C16	1P+N	0	0,00%	100,00%
103	MDIF	Chorus	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
104	MDIF	Chorus	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
105	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
106	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
107	MDIF	Chorus	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
108	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
109	MDIF	Chorus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
110	MDIF	Chorus	C16	1P+N	0	0,00%	100,00%
111	MDIF	System	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
112	MDIF	System	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
113	MDIF	System	C16	1P+N	0	0,00%	100,00%
114	MDIF	System	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
115	MDIF	Playbus	C6	1P+N	0	0,00%	100,00%
116	MDIF	Playbus	C10	1P+N	0	0,00%	100,00%
117	MPRESA	Presa	16A	1P+N	0	0,00%	100,00%
118	MPRESA	Presa	16A	1P+N	0	0,00%	100,00%
119	MPRESA	Presa	16A	1P+N	0	0,00%	100,00%
TOTAL					43433	100,00%	

C

APÊNDICE 8 – GAMA OPERATÓRIA MINI 1P+N SYSTEM

Tabela 54 – Gama Operatória MINI 1P+N SYSTEM

GAMA OPERATÓRIA - MINI 1P+N SYSTEM		
Posto de Trabalho	Nº	Operação
MON1	1	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo
	2	Encaixar os bornes por cima das anilhas
	3	Aparafusar bornes e anilhas
	4	Virar na caixa e acionar contador
LASER	5	Impressão das mostrinas MINI
SOL1	6	Soldar contacto à prata
SOL2	7	Soldar cordão ao contacto
SOL3	8	Soldar borne ao cordão neutro
	9	Soldar bimetálico ao cordão fase
SOL4	10	Soldar armadura ao bimetálico
SOL5	11	Soldar borne à bobina
SOL6	12	Cravar bielas
SOL6.1	13	Inserir a mola
	14	Montar bobina no conjunto fase
SOL7	15	Soldar bobina à armadura no conjunto fase
SOL8	16	Soldar eletro socorrimento no conjunto fase
MON2	17	Montar interbase
	18	Colocar interbase no dispositivo
	19	Encaixar borne
	20	Montar o botão
	21	Encaixar o conjunto neutro no botão
	22	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase
	23	Encaixar tampa
	24	Ajustar botão
MON3	25	Encaixar pré-montado no dispositivo
	26	Encaixar peça branca e verde tipo 1
	27	Encaixar o conjunto fase
	28	Encaixar pino branco
	29	Encaixar mola no pino branco
	30	Encaixar peça verde tipo 2
	31	Ajustar cordão e botão
	32	Encaixar leva
	33	Encaixar câmara e borne simultaneamente
	34	Aparafusar com aparafusadora
	35	Aparafusar manualmente a peça de cobre
	36	Encaixar peça branca tipo 2 na base
	37	Encaixar base no conjunto montado
	38	Ajustar botão
	39	Prensar rebites
	40	Verificações ao botão

MON3	41	Carimbar
TESTE TÉRMICO	42	Testar aparelho
	43	Colocar letra correspondente à operadora
	44	Colocar lacre
TESTE MAGNÉTICO	45	Inserir janela
	46	Testar aparelho
TESTE ALTA TENSÃO	47	Testar aparelho
DESAPERTAR BORNES	48	Desapertar bornes
EMBALAGEM	49	Colocar capa do botão
	50	Prensar capa do botão
	51	Colocar mostrina
	52	Encaixar mostrina
	53	Inspeção visual
	54	Colar a etiqueta cinza em cada aparelho
	55	Colar a etiqueta na caixa intermédia e abrir
	56	Colar a etiqueta na caixa individual
	57	Abrir a caixa individual
	58	Testar manualmente o botão e colocar na caixa individual
	59	Fechar caixa individual e colocar na caixa intermédia
	60	Fechar a caixa intermédia
	61	Montar a caixa exterior
	62	Carimbar caixa exterior
	63	Colocar caixa intermédia na caixa exterior
	64	Fechar caixa exterior
	65	Colar etiqueta na caixa exterior
	66	Passar o código de barras no leitor

APÊNDICE 9 – DIAGRAMA DE ANÁLISE DE PROCESSO E SEQUÊNCIA DE MATERIAL MINI 1P+N SYSTEM

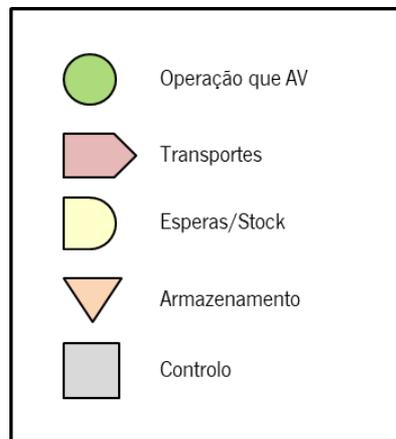
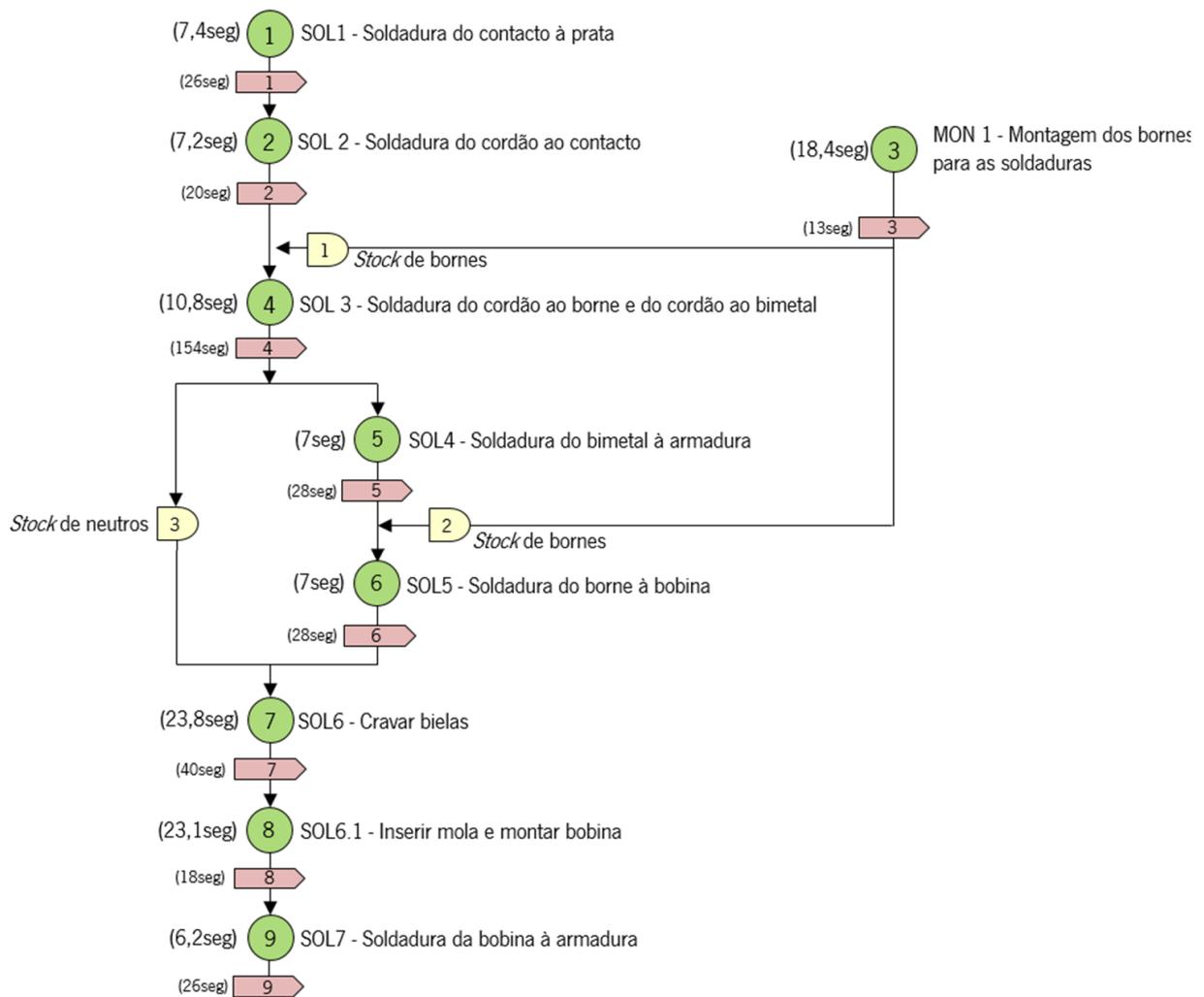


Figura 142 – Legenda do diagrama de análise de processo



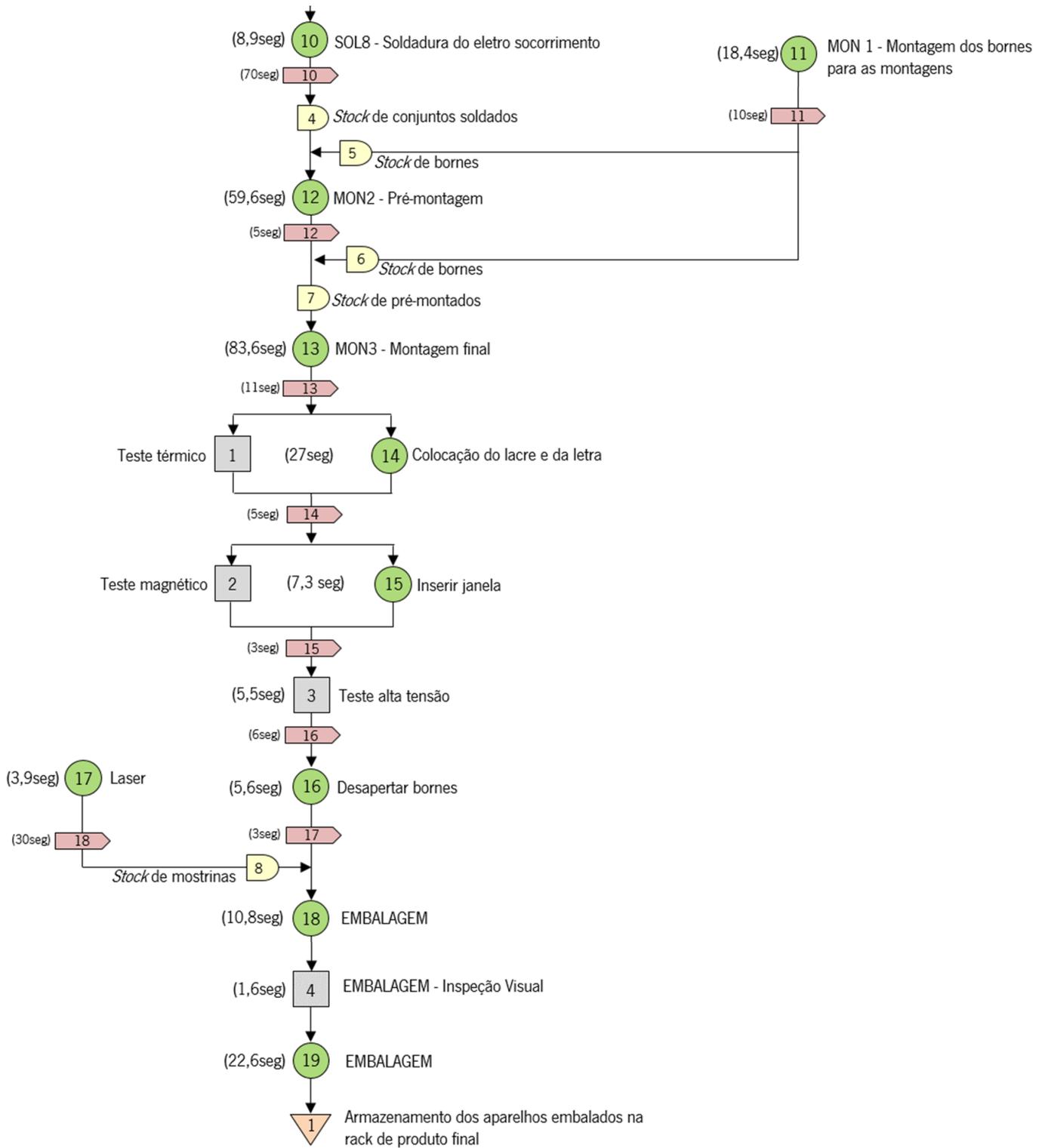


Figura 143 – Diagrama de análise de processo MINI 1P+N SYSTEM

Tabela 55 – Diagrama de seqüência de material MINI 1P+N SYSTEM

Legenda						Distância (cm)	Tempo (s)
MON1 para as soldaduras			●				18,4
Transporte para SOL3-SOL5		●	●			840	13
Stock de bornes SOL3				●			
Stock de bornes SOL5				●			
MON1 para as montagens			●				18,4
Transporte para MON2-MON3		●	●			420	10
Stock de bornes MON2				●			
Stock de bornes MON3				●			
Laser			●				3,9
Transporte para embalagem		●	●			2100	30
Stock de mostrinas				●			
SOL1			●				7,4
Transporte para SOL2		●	●			135	26
SOL2			●				7,2
Transporte para SOL3		●	●			170	20
SOL3			●				10,8
Transporte SOL6.1-SOL4		●	●			300	154
Stock de neutros				●			
SOL4			●				7
Transporte para SOL5		●	●			120	28
SOL5			●				7
Transporte para SOL6		●	●			80	28
SOL6			●				23,8
Transporte para SOL6.1		●	●			80	18
SOL6.1			●				23,1
Transporte para SOL7		●	●			115	26
SOL7			●				6,2
Transporte para SOL8		●	●			147	30
SOL8			●				8,9
Transporte para MON2		●	●			980	70
Stock de conjuntos soldados				●			
MON2			●				59,6
Transporte para MON3		●	●			350	5
Stock de conjuntos pré-montados				●			
MON3			●				83,6
Transporte para o teste térmico		●	●			840	11
Teste térmico, lacre e letra			●	●			27
Transporte para o teste magnético		●	●			200	5
Inserir janela e teste magnético			●	●			7,3
Transporte para teste alta tensão		●	●			100	6

Teste alta tensão					●		5,5
Transporte para desapertar bornes		●				80	6
Desapertar bornes			●				5,6
Transporte para embalagem		●				100	6
Embalagem			●				10,8
Embalagem - Inspeção visual					●		1,6
Embalagem			●				22,6
Armazenamento na rack de PF	●						
TOTAL	1	18	19	8	4	7157	857,7
						(71,57m)	(14,3min)

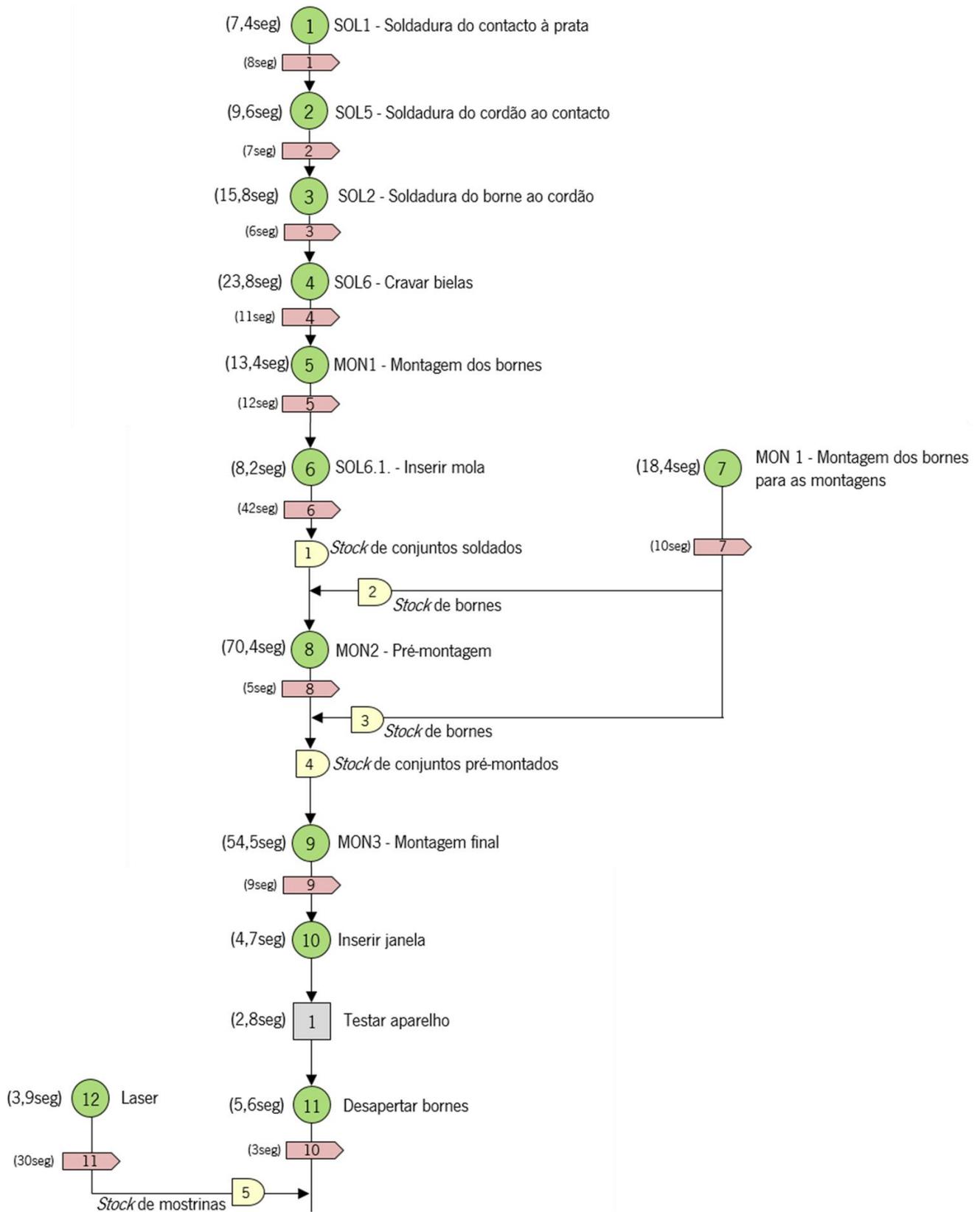
APÊNDICE 10 – GAMA OPERATÓRIA MINI 2P SYSTEM

Tabela 56 – Gama operatória MINI 2P SYSTEM

GAMA OPERATÓRIA - MINI 2P SYSTEM		
Posto de Trabalho	Nº	Operação
MON1	1	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo
	2	Encaixar os bornes por cima das anilhas
	3	Aparafusar bornes e anilhas
	4	Virar na caixa e acionar contador
LASER	5	Impressão das mostrinas MINI
SOL1	6	Soldar contacto à prata
SOL5	7	Soldar cordão ao contacto
SOL2	8	Soldar bornes ao cordão
SOL6	9	Cravar bielas
MON1	10	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo
	11	Aparafusar bornes e anilhas
SOL6.1	12	Inserir mola
MON2	13	Montar interbase
	14	Colocar interbase no dispositivo
	15	Encaixar borne
	16	Montar o botão
	17	Encaixar o conjunto neutro no botão
	18	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase
	19	Encaixar tampa
	20	Ajustar botão
MON3	21	Encaixar peça branca tipo 1
	22	Ajustar botão
	23	Encaixar borne
	24	Encaixar conjunto fase
	25	Encaixar peça branca tipo 2 na base
	26	Encaixar base no conjunto montado
	27	Ajustar botão
	28	Prensar rebites
	29	Ajustar botão
	30	Carimbar
DESAPERTAR BORNES	31	Inserir janela
	32	Testar aparelho
	33	Desapertar bornes

EMBALAGEM	34	Colocar capa do botão
	35	Prensar capa do botão
	36	Colocar mostrina
	37	Encaixar mostrina
	38	Inspeção visual
	39	Colar a etiqueta cinza em cada aparelho
	40	Colar a etiqueta na caixa intermédia e abrir
	41	Colar a etiqueta na caixa individual
	42	Abrir a caixa individual
	43	Testar manualmente o botão e colocar na caixa individual
	44	Fechar a caixa individual e colocar na caixa intermédia
	45	Fechar a caixa intermédia
	46	Montar a caixa exterior
	47	Carimbar caixa exterior
	48	Colocar a caixa intermédia na caixa exterior
	49	Fechar a caixa exterior
	50	Colar a etiqueta na caixa exterior
	51	Passar o código de barras no leitor

APÊNDICE 11 – DIAGRAMA DE ANÁLISE DE PROCESSO E SEQUÊNCIA DE MATERIAL MINI 2P SYSTEM



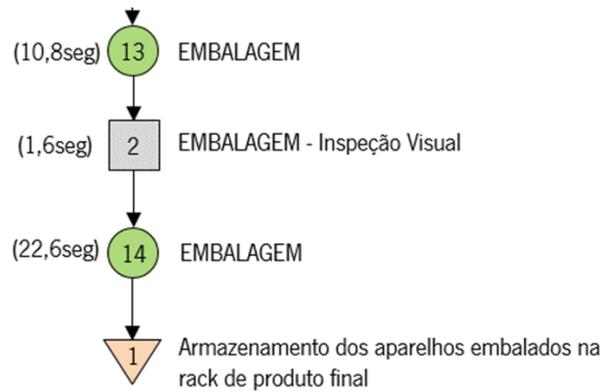


Figura 144 – Diagrama de análise de processo MINI 2P SYSTEM

Tabela 57 – Diagrama de seqüência de material MINI 2P SYSTEM

Legenda	▽	◀	●	◐	◻	Distância (cm)	Tempo (s)
MON1 para as montagens			●				18,4
Transporte para MON2-MON3		●	●			420	10
Stock de bornes MON2				●			
Stock de bornes MON3				●			
Laser			●				3,9
Transporte para embalagem		●	●			2100	30
Stock de mostrinas				●			
SOL1			●				7,4
Transporte para SOL5		●	●			560	8
SOL5			●				9,6
Transporte para SOL2		●	●			490	7
SOL2			●				15,8
Transporte para SOL6		●	●			420	6
SOL6			●				23,8
Transporte para MON1		●	●			980	11
MON1 - Montagem dos bornes			●				13,4
Transporte para SOL6.1.		●	●			1120	12
SOL6.1.			●				8,2
Transporte para MON2		●	●			1050	42
Stock de conjuntos soldados				●			
MON2			●				70,4
Transporte para MON3		●	●			350	5
Stock de conjuntos pré-montados				●			
MON3			●				54,5
Transporte para desapertar bornes		●	●			770	9
Inserir janela			●				4,7
Testar aparelho				●			2,8
Desapertar bornes			●				5,6

Transporte para embalagem		●				100	3
Embalagem			●				10,8
Embalagem - Inspeção visual					●		1,6
Embalagem			●				22,6
Armazenamento na rack de PF	●						
TOTAL	1	11	14	5	2	8360	416,5
						(83,6m)	(6,94 min)

APÊNDICE 12 – GAMA OPERATÓRIA MDIF 1P+N SYSTEM

Tabela 58 – Gama operatória MDIF 1P+N SYSTEM

GAMA OPERATÓRIA - MDIF 1P+N SYSTEM		
Posto de Trabalho	Nº	Operação
SOL MDIF	1	Soldar primários neutros aos bornes
	2	Enrolar terciário nos primários fase
	3	Soldar primário fase com o terciário ao borne
MON1	4	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo
	5	Aparafusar anilhas e conjunto da SOLDADURA DIF
LASER	6	Impressão de mostrinas DIF
MON MDIF	7	Colocar a base no dispositivo
	8	Colocar peça verde tipo 1 DIF
	9	Colocar arame
	10	Colocar peça verde tipo 2 DIF
	11	Teste do rele
	12	Preparar rele
	13	Montar rele
	14	Colocar fita-cola na placa
	15	Encaixar primário fase na placa
	16	Encaixar primário neutro na placa
	17	Soldar terciário à placa
	18	Colocar protetor dos primários 1
	19	Colocar protetor dos primários 2
	20	Encaixar placa na tampa
	21	Encaixar tampa e base
	22	Colocar peça de acoplar tipo 1
	23	Terminar encaixe
	24	Aparafusar
	25	Montar botão e mostrina
	TESTE FINAL DIF	26
ACOPLAR	27	Colocar capa do botão no MINI
	28	Prensar capa do botão no MINI
	29	Colocar mostrina no MINI
	30	Encaixar mostrina no MINI
	31	Colocar lacre no DIF
	32	Carimbar DIF
	33	Encaixar peça de acoplar tipo 2
	34	Acoplar MINI + DIF
	35	Aparafusar

TESTE FINAL MDIF	36	Testar aparelho acoplado
	37	Terminar encaixe da peça de acoplar tipo 2
	38	Terminar encaixe da peça de acoplar tipo 1
	39	Desapertar parafusos do aparelho acoplado
EMBALAGEM	40	Colar etiqueta cinza em cada aparelho
	41	Montar caixa exterior
	42	Carimbar caixa exterior
	43	Colar a etiqueta na caixa individual
	44	Abrir caixa individual
	45	Dobrar manual no aparelho e inserir na caixa individual
	46	Fechar caixa individual e colocar na caixa exterior
	47	Fechar caixa exterior
	48	Colar etiqueta na caixa exterior
	49	Passar o código de barras no leitor
ACRÉSCIMO DO MINI	Operações do MINI 1P+N SYSTEM até à tarefa 48 inclusivé, com exceção da operação "Inserir janela"	

APÊNDICE 13 – DIAGRAMA DE ANÁLISE DE PROCESSO E SEQUÊNCIA DE MATERIAL MDIF 1P+N SYSTEM

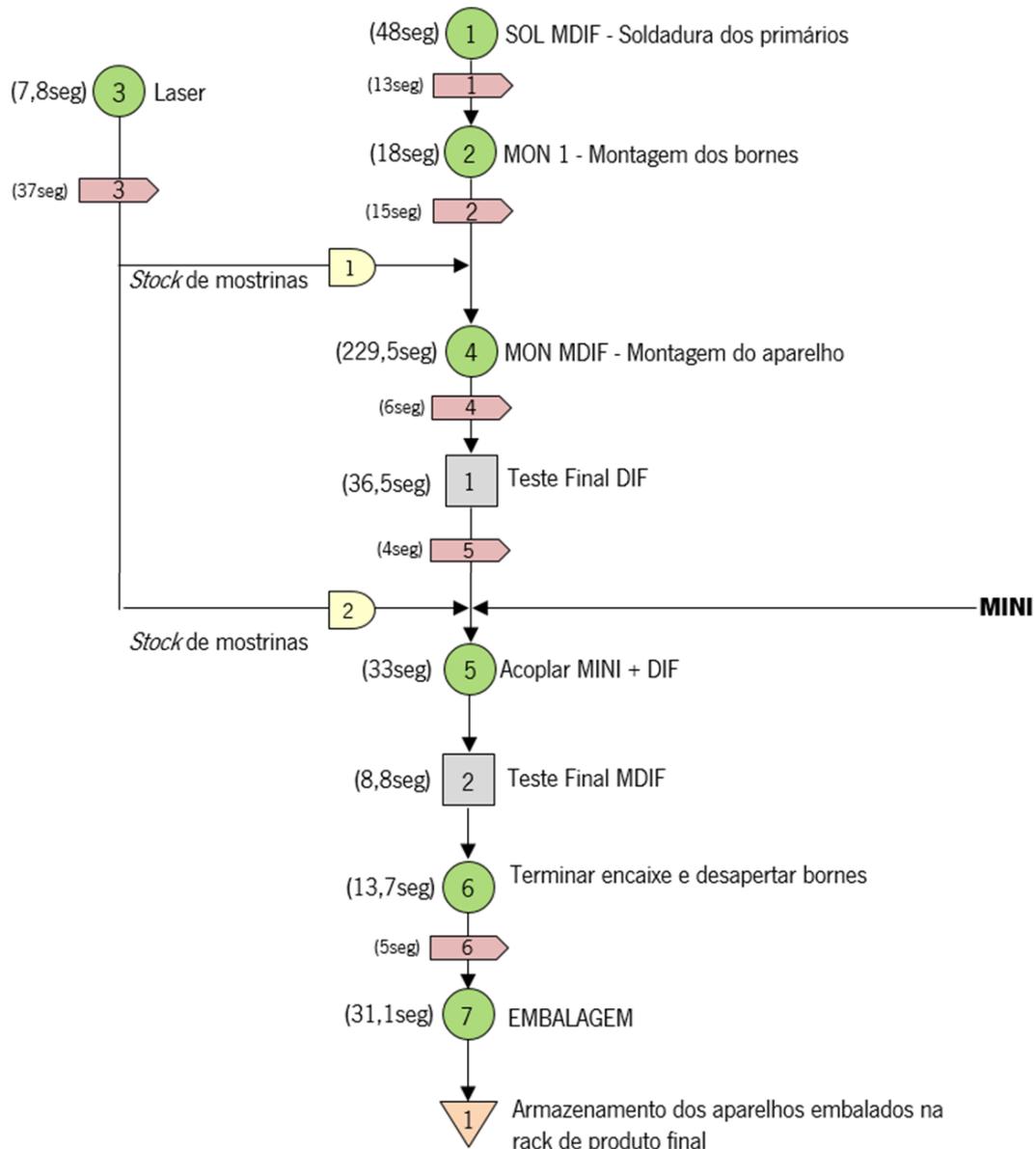


Figura 145 – Diagrama de análise de processo MDIF 1P+N SYSTEM

Tabela 59 – Diagrama de sequência de material DIF

Legenda						Distância (cm)	Tempo (s)
Laser							7,8
Transporte Laser-EMB-MON MDIF						2590	37
Stock de mostrinas EMB							
Stock de mostrinas MON MDIF							

SOL MDIF			●				48
Transporte para MON1		●	●			1050	13
MON1			●				18
Transporte para MON MDIF		●	●			980	15
MON MDIF			●				229,5
Transporte para Teste Final DIF		●				350	6
Teste Final DIF					●		36,5
Transporte para acoplar MINI + DIF		●				280	4
Acoplar MINI + DIF			●				33
Teste Final MDIF					●		32,6
Terminar encaixe e desapertar bornes			●				13,7
Transporte para embalagem		●	●			210	5
Embalagem			●				31,1
Armazenamento na rack de PF	●						
TOTAL DIF	1	6	7	2	2	5460	530,2
						(54,60m)	(8,84min)

Tabela 60 – Diagrama de seqüência de material MINI (a acoplar ao DIF)

Legenda						Distância (cm)	Tempo (s)
MON1 para as soldaduras			●				18,4
Transporte para SOL3-SOL5		●	●			840	13
Stock de bornes SOL3				●			
Stock de bornes SOL5				●			
MON1 para as montagens			●				18,4
Transporte para MON2-MON3		●	●			420	10
Stock de bornes MON2				●			
Stock de bornes MON3				●			
SOL1			●				7,4
Transporte para SOL2		●	●			135	26
SOL2			●				7,2
Transporte para SOL3		●	●			170	20
SOL3			●				10,8
Transporte SOL6.1-SOL4		●	●			300	154
Stock de neutros				●			
SOL4			●				7
Transporte para SOL5		●	●			120	28
SOL5			●				7
Transporte para SOL6		●	●			80	28
SOL6			●				23,8
Transporte para SOL6.1		●	●			80	18
SOL6.1			●				23,1
Transporte para SOL7		●	●			115	26
SOL7			●				6,2
Transporte para SOL8		●	●			147	30
SOL8			●				8,9

Transporte para MON2						980	70
Stock de conjuntos soldados							
MON2							59,6
Transporte para MON3						350	5
Stock de conjuntos pré-montados							
MON3							83,6
Transporte para o teste térmico						840	11
Teste térmico, lacre e letra							27
Transporte para o teste magnético						200	5
Teste magnético							6,4
Transporte para teste alta tensão						100	6
Teste alta tensão							5,5
Transporte para desapertar bornes						80	6
Desapertar bornes							5,6
Transporte para acoplar						100	6
TOTAL MINI (A ACOPLAR)	0	17	15	7	3	5057	787,9
						(50,57m)	(13,13min)

Tabela 61 – Conclusão Diagrama Sequência de Material MDIF 1P+N SYSTEM

Legenda						Distância (cm)	Tempo (s)
DIF	1	6	7	2	2	5460	530,2
MINI (A ACOPLAR)	0	17	15	7	3	5057	787,9
TOTAL MDIF	1	23	22	9	5	10517	1318,1
						(105,17m)	(21,97min)

APÊNDICE 14 – ESTUDO DE NÃO CONFORMIDADES NOS TESTES DOS APARELHOS MINI

Tabela 62 – Estudo de não conformidades no teste térmico

		TESTE TÉRMICO	
		Quantidade	%
KIT 1	1ª tentativa	29	97
	2ª tentativa	10	34
	3ª tentativa	0	0
KIT 2	1ª tentativa	24	80
	2ª tentativa	6	25
	3ª tentativa	0	0
KIT 3	1ª tentativa	25	83
	2ª tentativa	7	28
	3ª tentativa	0	0
KIT 4	1ª tentativa	23	77
	2ª tentativa	18	78
	3ª tentativa	6	33
	4ª tentativa	4	67
	5ª tentativa	0	0
KIT 5	1ª tentativa	29	97
	2ª tentativa	23	79
	3ª tentativa	16	55
	4ª tentativa	7	44
	5ª tentativa	3	43
	6ª tentativa	0	0
KIT 6	1ª tentativa	26	87
	2ª tentativa	16	62
	3ª tentativa	7	44
	4ª tentativa	2	29
	5ª tentativa	0	0
KIT 7	1ª tentativa	23	77
	2ª tentativa	18	78
	3ª tentativa	9	50
	4ª tentativa	3	33
	5ª tentativa	0	0
KIT 8	1ª tentativa	24	80
	2ª tentativa	15	63
	3ª tentativa	5	33
	4ª tentativa	2	40
	5ª tentativa	0	0
KIT 9	1ª tentativa	27	90
	2ª tentativa	16	59
	3ª tentativa	4	25
	4ª tentativa	3	75
	5ª tentativa	0	0
KIT 10	1ª tentativa	28	93
	2ª tentativa	15	54
	3ª tentativa	4	27
	4ª tentativa	3	75
	5ª tentativa	0	0

RESUMO		
Tentativa	Aparelhos	%
1ª tentativa	26	86
2ª tentativa	14	56
3ª tentativa	5	27
4ª tentativa	2	36
5ª tentativa	0,3	4
6ª tentativa	0	0

Tabela 63 – Estudo de não conformidades no teste magnético

		TESTE MAGNÉTICO	
		Quantidade	%
KIT 1	1ª tentativa	4	13
	2ª tentativa	0	0
KIT 2	1ª tentativa	3	10
	2ª tentativa	0	0
KIT 3	1ª tentativa	0	0
KIT 4	1ª tentativa	0	0
KIT 5	1ª tentativa	0	0
KIT 6	1ª tentativa	1	3
	2ª tentativa	0	0
KIT 7	1ª tentativa	0	0
KIT 8	1ª tentativa	0	0
KIT 9	1ª tentativa	1	3
	2ª tentativa	0	0
KIT 10	1ª tentativa	8	27
	2ª tentativa	0	0

RESUMO		
Tentativa	Aparelhos	%
1ª tentativa	2	6
2ª tentativa	0	0

Tabela 64 – Estudo de não conformidades no teste alta tensão

		TESTE ALTA TENSÃO	
		Quantidade	%
KIT 1	1ª tentativa	1	3
	2ª tentativa	0	0
KIT 2	1ª tentativa	0	0
KIT 3	1ª tentativa	0	0
KIT 4	1ª tentativa	0	0
KIT 5	1ª tentativa	0	0
KIT 6	1ª tentativa	0	0
KIT 7	1ª tentativa	0	0
KIT 8	1ª tentativa	0	0
KIT 9	1ª tentativa	0	0
KIT 10	1ª tentativa	0	0

RESUMO		
Tentativa	Aparelhos	%
1ª tentativa	0,1	0,3
2ª tentativa	0	0

Tabela 65 – Estudo de não conformidades no teste MINI 2P

		TESTE MINI 2P	
		Quantidade	%
KIT 1	1ª tentativa	0	0
KIT 2	1ª tentativa	0	0
KIT 3	1ª tentativa	0	0
KIT 4	1ª tentativa	0	0
KIT 5	1ª tentativa	0	0
KIT 6	1ª tentativa	0	0
KIT 7	1ª tentativa	0	0
KIT 8	1ª tentativa	0	0
KIT 9	1ª tentativa	0	0
KIT 10	1ª tentativa	0	0

RESUMO		
Tentativa	Aparelhos	%
1ª tentativa	0	0

APÊNDICE 15 – ESTUDO DE NÃO CONFORMIDADES NOS TESTES DOS APARELHOS MDIF

Tabela 66 – Estudo de não conformidades no teste DIF

		TESTE DIF		
		Quantidade	%	
KIT 1	1ª tentativa	1	3	*NOVO APARELHO
	2ª tentativa	1	100	
	3ª tentativa	0	0	
KIT 2	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 3	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 4	1ª tentativa	2	7	
	2ª tentativa	1	50	
	3ª tentativa	0	0	
KIT 5	1ª tentativa	2	7	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 6	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 7	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 8	1ª tentativa	0	0	
KIT 9	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 10	1ª tentativa	0	0	

RESUMO		
Tentativa	Aparelhos	%
1ª tentativa	1,0	3,3
2ª tentativa	0,2	15
3ª tentativa	0	0
NOVO APARELHO	1	0,3

Tabela 67 – Estudo de não conformidades no teste MDIF

		TESTE MDIF		
		Quantidade	%	
KIT 1	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 2	1ª tentativa	1	3	*NOVO APARELHO
	2ª tentativa	1	100	
	3ª tentativa	0	0	
KIT 3	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 4	1ª tentativa	1	3	*NOVO APARELHO
	2ª tentativa	1	100	
	3ª tentativa	0	0	
KIT 5	1ª tentativa	1	3	
	2ª tentativa	0	0	
KIT 6	1ª tentativa	0	0	
KIT 7	1ª tentativa	0	0	
KIT 8	1ª tentativa	0	0	
KIT 9	1ª tentativa	0	0	
KIT 10	1ª tentativa	4	13	
	2ª tentativa	2	50	
	3ª tentativa	0	0	

RESUMO		
Tentativa	Aparelhos	%
1ª tentativa	0,9	3
2ª tentativa	0,4	25
3ª tentativa	0	0
NOVO APARELHO	2	0,7

APÊNDICE 16 – CÁLCULO DETALHADO DO TEMPO DE CICLO

Tabela 68 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo para a tipologia MINI 1P+N SYSTEM

MINI 1P+N SYSTEM				
PT	TC (s)	Setup (s)	Rejeição (%)	TC Final (s)
SOL1	7,4	-	0	7,4
SOL2	7,2	-	0	7,2
SOL3	10,8	3,2	0	14,0
SOL4	7,0	-	0	7,0
SOL5	7,0	-	0	7,0
SOL6	23,8	0,5	0	24,3
SOL6.1	23,1	-	0	23,1
SOL7	6,2	-	0	6,2
SOL8	8,9	-	0	8,9
MON1	36,8	1,0	0	37,8
MON2	59,6	-	0	59,6
MON3	83,6	-	0	83,6
TESTE TÉRMICO	27,0	0,3	86	50,6
TESTE MAGNÉTICO	7,3	0,3	6	8,1
TESTE ALTA TENSÃO	5,5	0,3	0,3	5,8
DESAPERTAR BORNES	5,6	0,3	0	5,9
EMBALAGEM	35,1	0,7	0	35,8
LASER	3,9	1,5	0	5,4
Total (segundos)				397,8
Total (minutos)				6,6

Tabela 69 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo para a tipologia MINI 1P SYSTEM

MINI 2P SYSTEM				
PT	TC (s)	Setup (s)	Rejeição (%)	TC Final (s)
SOL1	7,4	12,2	0	19,6
SOL2	15,8	9,6	0	25,4
SOL5	9,6	8,2	0	17,8
SOL6	23,8	0,5	0	24,3
SOL6.1	8,2	-	0	8,2
MON1	31,8	1,0	0	32,8
MON2	70,4	-	0	70,4
MON3	54,5	-	0	54,5
DESAPERTAR BORNES	13,2	0,5	0	13,7
EMBALAGEM	35,1	0,7	0	35,8
LASER	3,9	1,5	0	5,4
Total (segundos)				307,9
Total (minutos)				5,1

Tabela 70 – Cálculo detalhado do tempo de ciclo para a tipologia MDIF 1P+N SYSTEM

MDIF 1P+N SYSTEM				
PT	TC (s)	Setup (s)	Rejeição (%)	TC Final (s)
SOL1	7,4	-	0	7,4
SOL2	7,2	-	0	7,2
SOL3	10,8	3,2	0	14,0
SOL4	7,0	-	0	7,0
SOL5	7,0	-	0	7,0
SOL6	23,8	0,5	0	24,3
SOL6.1	23,1	-	0	23,1
SOL7	6,2	-	0	6,2
SOL8	8,9	-	0	8,9
MON1	36,8	1,0	0	37,8
MON2	59,6	-	0	59,6
MON3	83,6	-	0	83,6
TESTE TÉRMICO	27,0	0,3	86	50,6
TESTE MAGNÉTICO	6,4	0,3	6	7,1
TESTE ALTA TENSÃO	5,5	0,3	0,3	5,8
DESAPERTAR BORNES	5,6	0,3	0	5,9
SOL MDIF	48,0	0,7	0	48,7
MON1	18,0	-	0	18,0
MON MDIF	229,5	-	0	229,5
TESTE DIF	36,5	0,3	3,3	38,0
ACOPLAR	33,0	-	0	33,0
TESTE MDIF	32,6	0,3	3	47,5
	13,6	-	0	
EMBALAGEM	31,1	0,7	0	31,8
LASER	7,8	1,3	0	9,1
Total (segundos)				811,1
Total (minutos)				13,5

APÊNDICE 17 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA FOLHA DE OBSERVAÇÕES NORMALIZADA GEWISS

Nº	Fases do processo	Ponto de Medição	Quant Referencia	Notas	Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1	Montar interbase		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
					ti	10,3	8,7	10,2	9,2	9,8	10,1	8,3	11,7	9,4	9,2	9,7	9,1	8,7	7,8	10,6	12,6	9,1	12,1	11,6		
2	Colocar interbase no dispositivo		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	17	19	17	15	2,0	4,9	1,63	1,6	2,6	1,5	1,7	1,8	1,9	2,7	2,1	2,2	2,5	1,8	2,6		
3	Encaixar borne		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	2,7	2,8	2,3	2,9	4,2	2,8	2,2	2,3	2,2	4,5	2,7	2,5	2,5	3,6	2,4	4,4	3,9	2,8	2,4		
4	Montar o botão		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	23,5	24,2	25,4	24,5	27,9	19,8	24,3	24,5	26,6	21,8	29,4	21,0	22,7	24,1	22,5	25,1	26,0	22,5	24,6		
5	Encaixar o conjunto neutro no botão		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	4,5	6,3	3,9	4,0	5,3	5,0	4,0	4,4	6,0	5,0	4,6	5,5	6,5	10,9	5,3	5,3	6,8	8,9	9,3		
6	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	5,3	7,7	6,7	5,8	6,2	6,1	5,3	5,7	6,5	5,5	5,0	7,4	5,8	6,1	6,1	6,4	5,9	6,5	6,4		
7	Encaixar tampa		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	4,2	2,7	3,2	3,8	3,9	3,0	3,3	2,9	3,8	2,8	4,5	2,9	2,4	2,9	2,7	3,4	2,8	2,3			
8	Ajustar botão		1		L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
					ti	2,7	3,6	2,8	2,6	2,2	2,6	3,0	2,4	3,4	3,6	3,8	4,2	4,2	3,8	4,7	3,0	2,6	3,1	4,9		

20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	t	Média Amplitude	Z	S	V	ε																				
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0															10,2	4,1	40,3	17	16,8	6,0																				
9,4	10,3	8,7	9,8	7,8	15,5	12,0	10,3	9,7	13,1	12,2																2,1	1,3	617	0,6	28,2	8,9																				
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						2,9	1,9	66,8	0,7	24,8	8,9																				
2,1	1,9	2,6	2,3	2,4	1,9	2,8	1,9	1,7	1,9	2,0	1,8	2,2	1,7	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	2,3	1,8						2,0	3,9	2,2	3,3	2,3	3,2	2,6	2,5	3,9	2,9	2,4															
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						25,0	6,7	27,0	2,6	10,4	3,7																				
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	6,4	5,9	7,4	14,5	5,9	9,7	8,5	5,8	6,4	6,6	6,8	6,1	5,3	5,0	5,8	5,0	6,5	5,9	6,0	7,0	6,3	6,6	5,0	5,9	8,3	6,4
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						6,4	2,0	317	1,1	17,1	6,1																				
5,5	5,7	7,2	7,5	8,6	6,7	6,4	6,0	6,2	10,5	6,7																3,2	1,3	413	0,6	17,9	6,4																				
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0						3,4	1,4	411	0,8	22,1	7,9																				
3,2	3,0	3,1	3,5	2,4	3,0	4,2	2,3	3,6	3,0	3,3																3,4	4,6	4,0	3,2	3,2	3,4	4,0	3,3	5,0	2,5	3,3															

Figura 146 – Estudo de tempos para o posto de montagem MON2 – MINI 1P+N SYSTEM

APÊNDICE 18 – VSM INICIAL MINI 1P+N SYSTEM

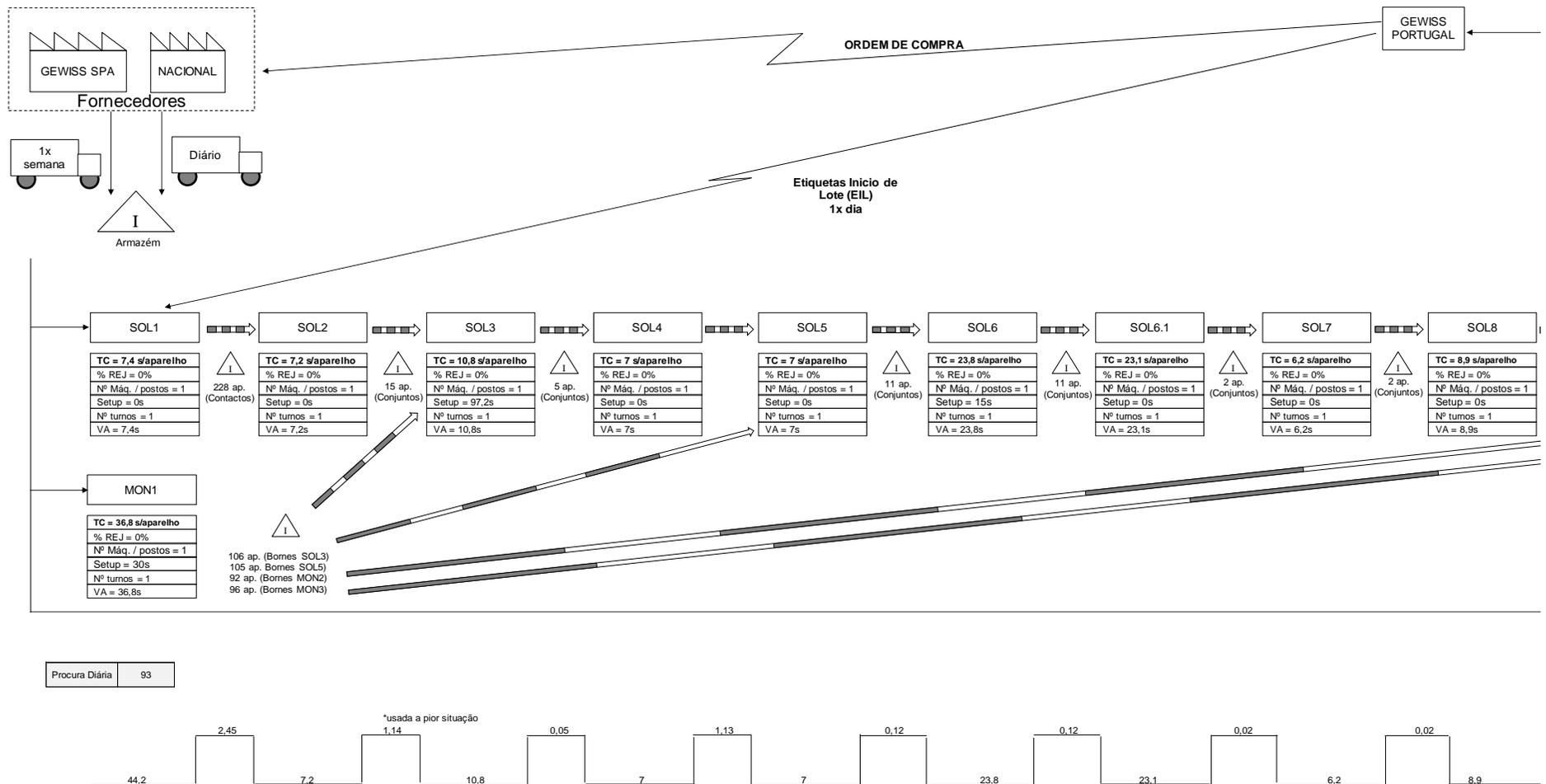


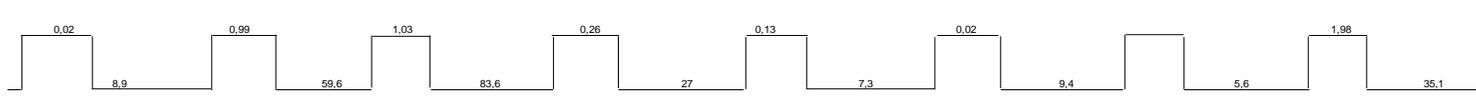
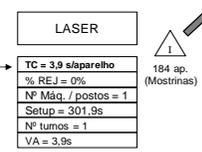
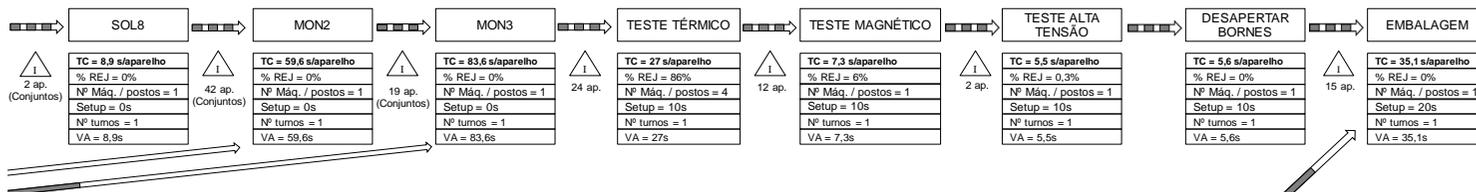
Figura 147 – VSM Inicial MINI 1P+N SYSTEM

GEWISS PORTUGAL

ORDEM DE COMPRA /
ORDEM DE PRODUÇÃO

GEWISS SPA

Cliente



	Dias	Horas	Minutos	Segundos
VNA	9,46	75,70	4541,94	
VA		0,10	6,10	365,80
LT	9,48	75,80	4548,03	
RVA%	0,13%			

APÊNDICE 19 – VSM INICIAL MINI 2P SYSTEM

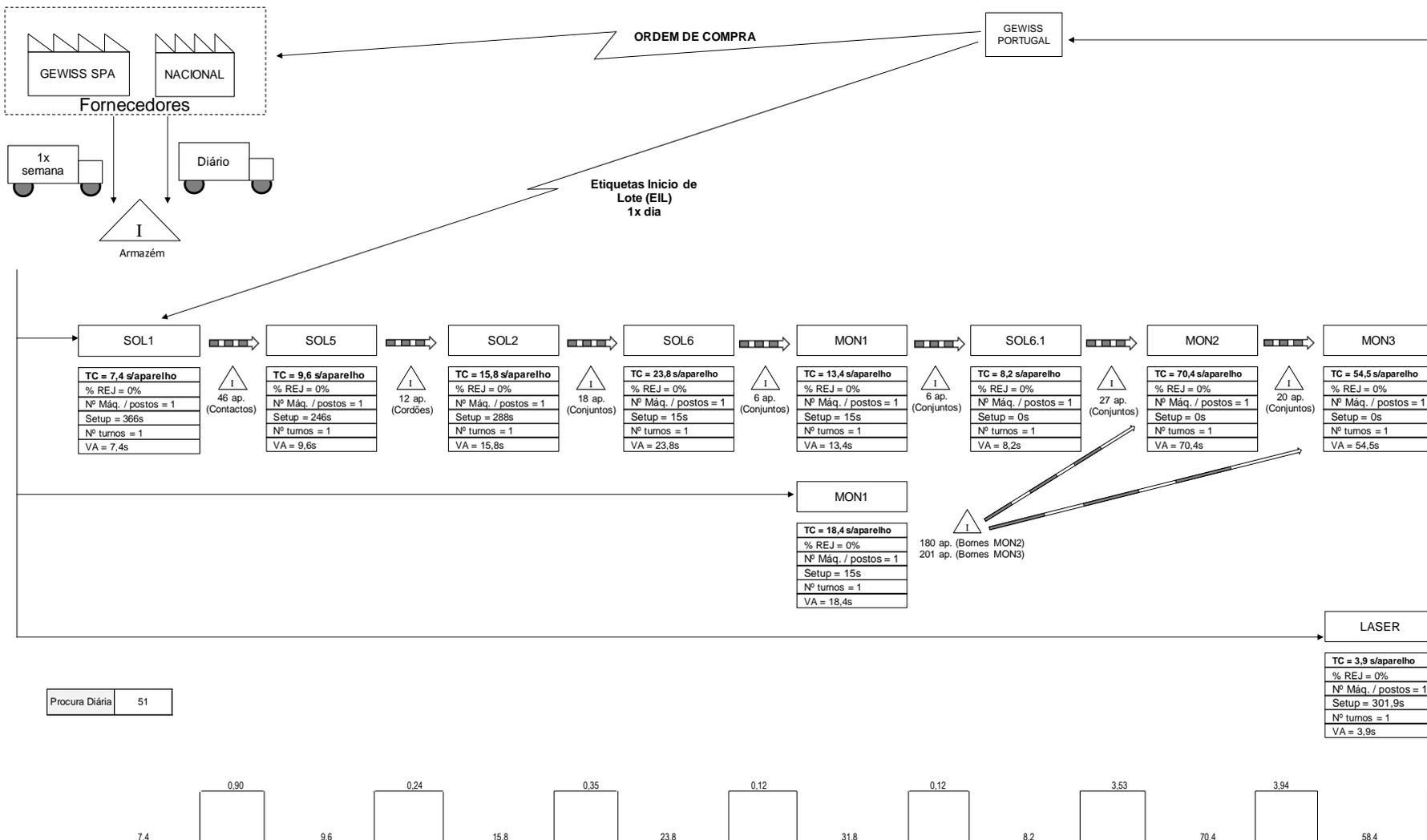
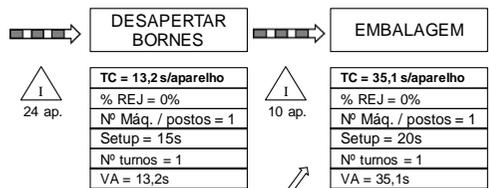
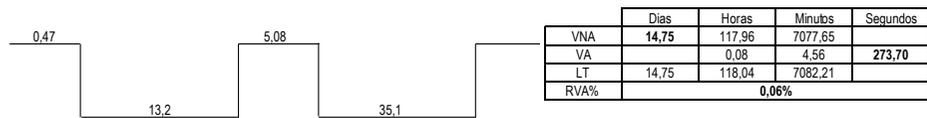


Figura 148 – VSM Inicial MINI 2P SYSTEM



259 ap.
(Mostrinas)



APÊNDICE 20 – VSM INICIAL MDIF 1P+N SYSTEM

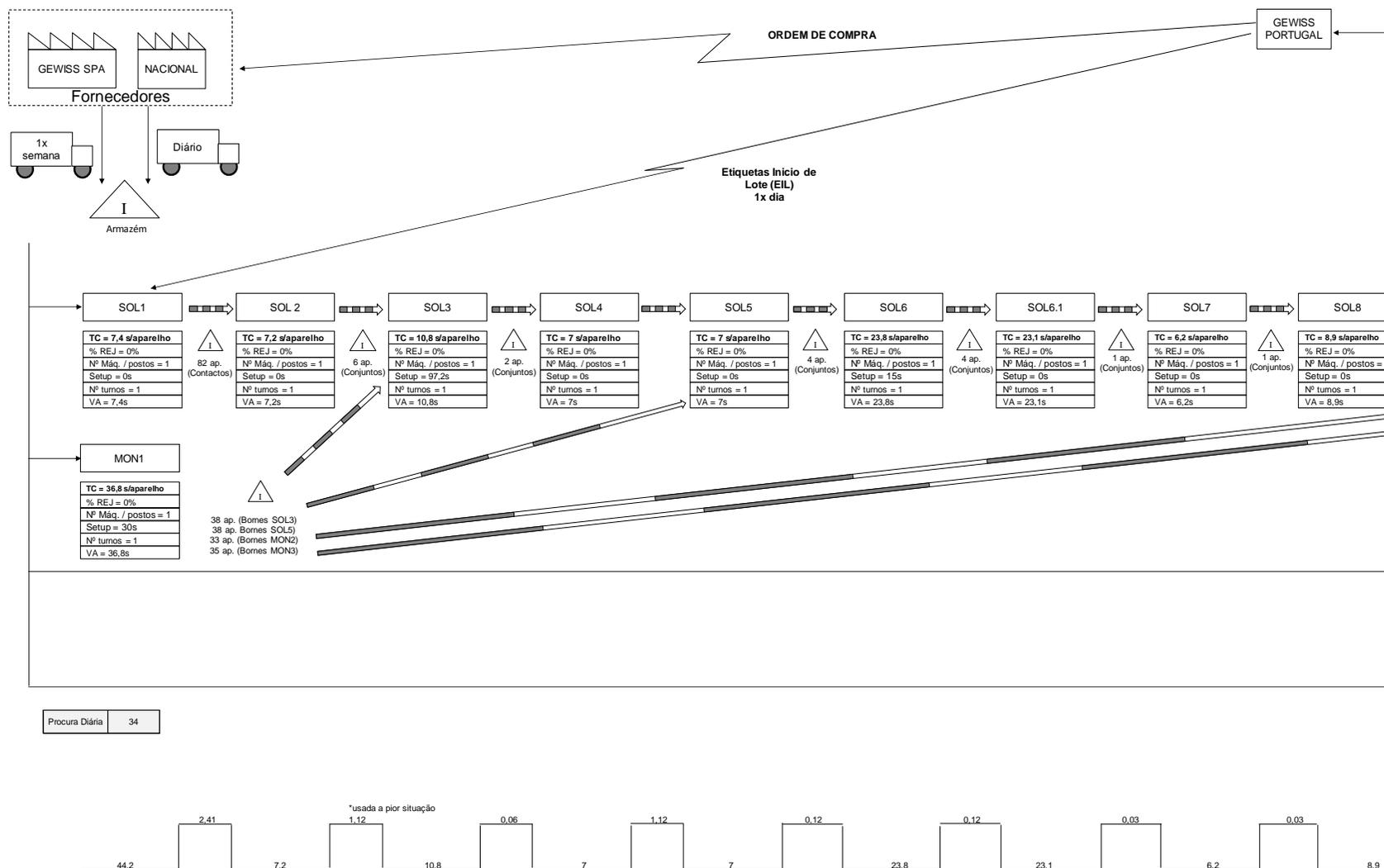
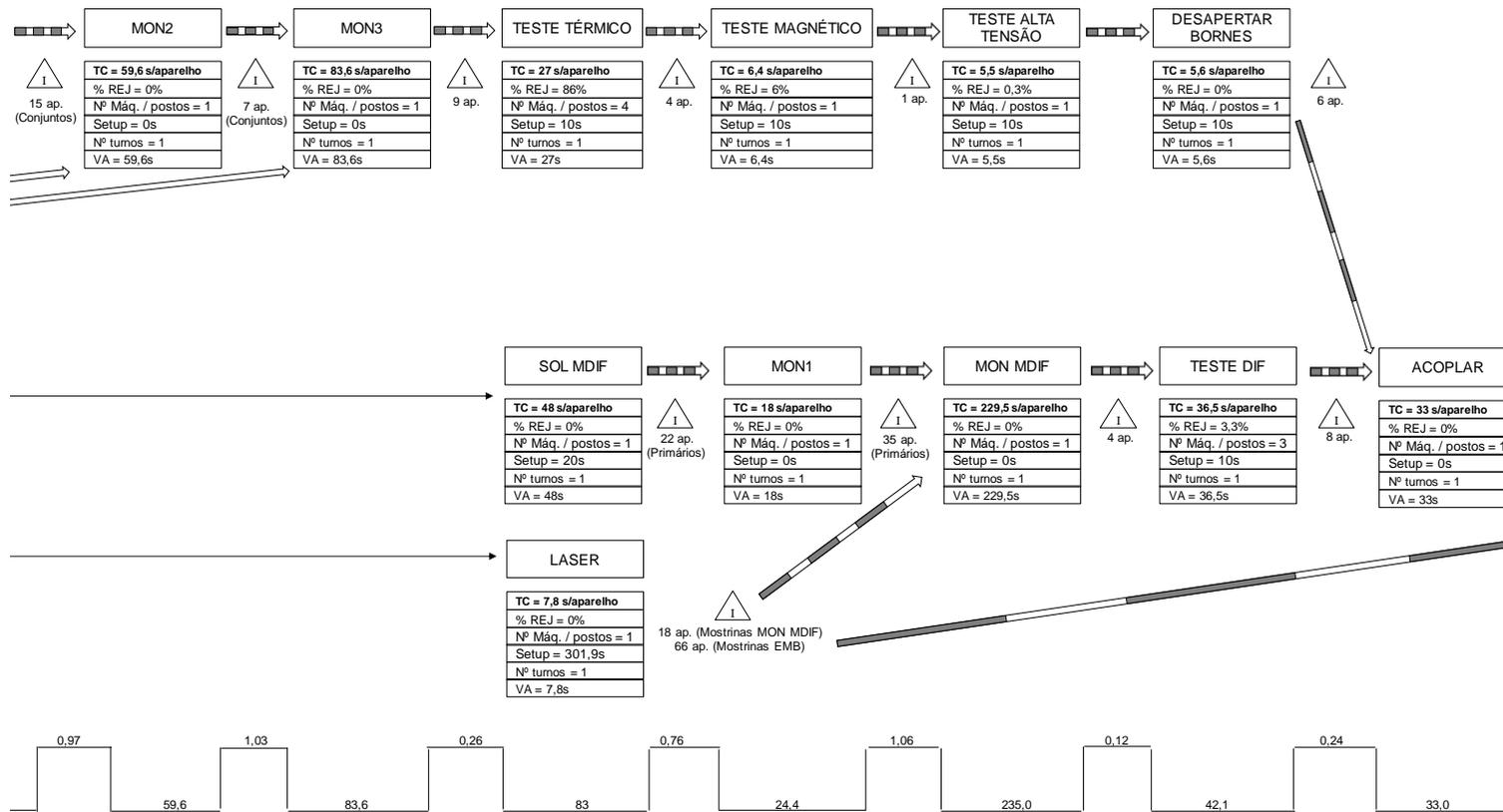
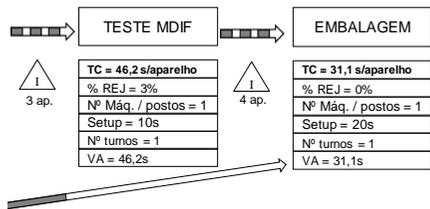


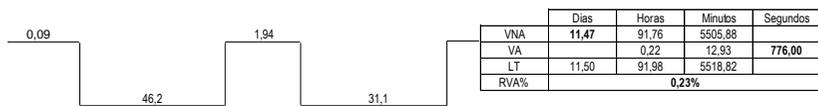
Figura 149 – VSM Inicial MDIF 1P+N SYSTEM





TC = 46,2 s/aparelho
% REJ = 3%
Nº Máq. / postos = 1
Setup = 10s
Nº turnos = 1
VA = 46,2s

TC = 31,1 s/aparelho
% REJ = 0%
Nº Máq. / postos = 1
Setup = 20s
Nº turnos = 1
VA = 31,1s



APÊNDICE 21 – MATRIZ DE POLIVALÊNCIA

Tabela 71 – Legenda da matriz de polivalência

LEGENDA			
			Não sabe fazer
			Sabe fazer mas sem prática
			Sabe fazer e tem alguma prática
			Expert, consegue dar formação

Tabela 72 – Matriz de polivalência

MATRIZ DE POLIVALÊNCIA MINI/MDIF						
OPERADORA/ OPERAÇÃO	Operadora 1		Operadora 2		Operadora 3	
SOL1						
SOL2						
SOL3						
SOL4						
SOL5						
SOL6						
SOL6.1						
SOL7						
SOL8						

MON1						
MON2						
MON3						
PRESA						
TESTE TÉRMICO						
TESTE MAGNÉTICO						
TESTE ALTA TENSÃO						
DESAPERTAR BORNES						
SOL MDIF						
MON MDIF						
TESTE DIF						
TESTE MDIF						
ACOPLAR						
EMBALAGEM						

APÊNDICE 22 – CHECKLIST 5S

Tabela 73 – Checklist para auditoria 5S

AUDITORIA 5S	
ZONA: Nave 3	DATA:
CÉLULA: MINI/MDIF	AUDITOR:

LEGENDA				
1 Muito mau	2 Mau	3 Médio	4 Bom	5 Muito bom

1S	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO				
		1	2	3	4	5
SEIRI (Triagem)	Existem materiais que não são necessários?					
	Existem máquinas ou equipamentos que não são utilizados?					
	Existem ferramentas que não são utilizadas?					
	Os itens que não são necessários estão claramente identificados?					
	As instruções de trabalho e procedimentos estão atualizados?					
Total 1S:						

2S	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO				
		1	2	3	4	5
SEITON (Organização)	Existem placas de identificação?					
	Todos os materiais, ferramentas e equipamentos têm um local definido e estão corretamente acondicionados?					
	Existem materiais ou ferramentas espalhadas na secção?					
	Existem marcas no chão que identificam claramente os corredores e áreas de arrumação?					
	As ferramentas estão organizadas de forma a que seja mais fácil pegar nelas e voltar a arrumar?					
Total 2S:						

3S	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO				
		1	2	3	4	5
SEISO (Limpeza)	O chão está limpo, sem desperdícios, água ou óleo?					
	O posto de trabalho, equipamentos e ferramentas são limpas com regularidade?					
	Os equipamentos são inspecionados pela manutenção com regularidade?					
	Existe alguém responsável por inspecionar as operações de limpeza?					
	Os operadores limpam os equipamentos e mantém os postos de trabalho limpos sem necessidade de aviso?					
Total 3S:						

4S	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO				
		1	2	3	4	5
SEIKETSU (Normalização)	Os operadores dão novas ideias e sugestões de melhoria?					
	Essas sugestões são implementadas e cumpridas?					
	Os procedimentos normalizados são claros, estão documentados e usados de forma correta?					
	Existem planos de melhoria na secção?					
	Existem planos de limpeza e manutenção?					
Total 4S:						

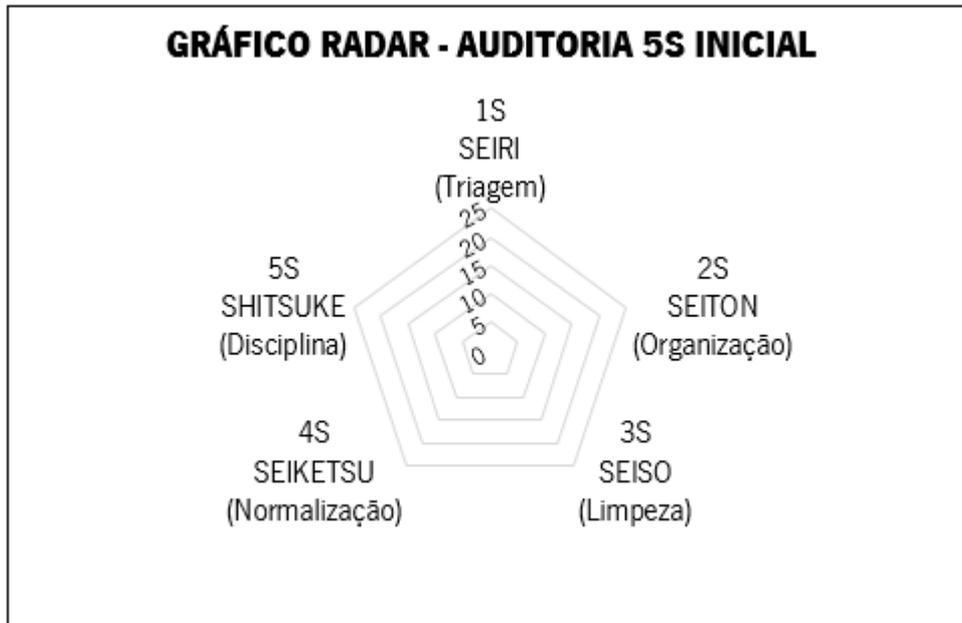
5S	DESCRIÇÃO	PONTUAÇÃO				
		1	2	3	4	5
SHITSUKE (Disciplina)	A última auditoria 5S prevista foi realizada?					
	Os procedimentos são revistos e atualizados regularmente?					
	Os operadores estão todos formados acerca dos procedimentos?					
	Os quadros de equipa são preenchidos corretamente e na sua totalidade?					
	Os operadores seguem o método 5S?					
Total 5S:						

Tabela 74 – Pontuação obtida na auditoria 5S

	PONTUAÇÃO INDIVIDUAL	PERCENTAGEM
1S SEIRI (Triagem)		
2S SEITON (Organização)		
3S SEISO (Limpeza)		
4S SEIKETSU (Normalização)		
5S SHITSUKE (Disciplina)		

PONTUAÇÃO FINAL	PERCENTAGEM

Figura 150 – Resultado visual da auditoria 5S (Gráfico Radar)



APÊNDICE 23 – STOCK DE MATÉRIA-PRIMA INICIAL

Tabela 75 – Stock de matéria-prima inicial da célula MINI/MDIF

STOCK DE MATÉRIA-PRIMA INICIAL				
PT	Designação em sistema	Código	Quantidade	Custo (UM)
SOL1	CONTACT SMALL PLATE MT-MINI RV.H	54210083	10000	896,10
SOL1	MINI RCBO MOBILE CONTACT RV.H	54212097	4000	79,36
SOL1	MOBILE CONTACT Cu 25A MINI	64376163	2000	82,24
SOL2	PLATED CONDUCTOR NEUTRAL MINI RCBO RV.A	54212196	5000	125,50
SOL2	PLATED CONDUCTOR NEUTRAL MINI RCBO RV.A	54212188	5000	106,55
SOL2	FASE TERMINAL 25A RV.A	54222435	2000	111,46
SOL2	NEUTRAL TERMINAL 25A RV.A	54222427	2000	157,30
SOL3	BIMETAL 6A METALIMPHY MINI	54221064	4000	788,68
SOL3	BIMETAL 10A METALIMPHY MINI	54221072	8000	1 531,04
SOL3	BIMETAL 16A METALIMPHY MINI	54221080	8000	1 609,68
SOL3	BRAZED PASTE Ag30CuZnSn	28000412	1 seringa (100ml)	28,21
SOL4	MINIAUTOMATIC MAGNETIC SHELL RV. I	54212030	900	33,05
SOL5	PLAIT 20-50A MT RV.H	54214341	600	16,88
SOL5	CALIBRED.SPOOL 6A MINIAUTOMAT.RV.C	54213020	1600	283,58
SOL5	CALIBRED.SPOOL 10A MINIAUTOMAT.RV.E	54213038	1800	284,71
SOL5	16A COIL MINI RCBO RV.E	54212055	2000	282,80
SOL5	BRAZED PASTE Ag6CuP	28000420	1 seringa (100ml)	17,31
SOL6	SHORTMOBIL CONTACT-TUBE RV.A-B	54224480	45000	210,60
SOL6	RIGHT CONNECTING ROD MINIAUTOMATIC RV.D	54211974	6000	52,02
SOL6	LEFT CONNECTING ROD MINIAUTOMATIC RV.C	54211982	6000	52,14
SOL6	LATE FASE CONNECT.ROD MINIAUT.NSC RV.B	54228242	1000	15,30
SOL6	LATE NEUTRAL CONNECT.ROD MINIAUT.NSC R.B	54228259	2000	30,60
SOL6.1	MINI RCBO MOBIL CONT.LINE POLE SPRING RD	58610353	20000	277,40
SOL6.1	MINIAUTOMATIC CORE COIL RV.D	54211966	4000	69,56
SOL6.1	MOBILE CORE MINI	54220066	4000	182,52
SOL6.1	FIXED CORE MINIATUR. RV.E	54212162	4000	188,12
SOL6.1	MAGNETIC RETURN SPRING RV.A	58610346	10000	83,70
SOL6.1	MAHNETIC CORE SPRING RV.A	58611393	10000	70,20
SOL7	BRAZED PASTE Ag6CuP	28000420	1 seringa (100ml)	17,31
SOL8	ELECTRO SLIDING PHASE MINIATU RV.C	54212089	4000	72,32
MON1	CLAMPING SCREW SMALL PLATE MINIAT.RV.G	54212154	12000	240,00
MON1	SCREW M3,5 RV.D	58211871	10000	53,40
MON1	NEUTRAL FIXED CONTACT RV.A	54218037	2000	104,48
MON1	BELL LINE FIXED CONTACT RV.B	54218029	1300	68,38
MON1	TERMINAL OF NEUTRAL MINIATURE RV. F	54212139	1500	59,99
MON1	TERMINAL OF PHASE MINIATURE RV.E	54212121	6000	67,92
MON1	NEUTRAL SMALL PLATE CONN.MINIAUT.	54214887	2000	54,12
MON1	LINE FIXED CONTACT MINI RV.E	54212105	400	12,65
MON1	SMALL PLATE CONN.1P MINI NSC	54227590	600	101,35
MON1	NEUTRAL FIXED CONTACT 25A RV.B	54222443	2000	417,94
MON1	LINE FIXED CONTACT 25A RV.B	54222450	1400	307,59
MON2	THREAD CONNECTING ROD MINIATURE RV.E	54212071	5000	135,85
MON2	6A SUBKAY YELLOW RV.A	54226931	700	19,50
MON2	10A SUBKAY RED RV.A	54226923	600	16,86

MON2	16A SUBKAY NATURAL RV.A	54226915	600	16,90
MON2	6A SUBKAY MINI YELLOW CHORUS RV.A	54228234	600	16,02
MON2	10A SUBKAY MINI RED CHORUS RV.A	54228226	700	12,87
MON2	16A SUBKAY MINI NATURAL CHORUS RV.A	54228218	700	19,20
MON2	SLOT COUPLER MINIAUTOM.	54226949	4000	179,76
MON2	UNCOPLING LEVER RETURN SPRING	58610528	12000	159,48
MON2	SUBKEY PIVOT MINI NSC	58510868	12000	89,04
MON2	SUBKEY PIVOT MINIATURE RV.B	58510272	10000	190,50
MON2	SUBKAY RETURN SPRING RV.B	58610510	10000	463,50
MON2	MOBILE CONTACT PIVOT MINIATURE RV A	58510264	62500	225,63
MON2	MINI RCBO 1P+N COVER RV.B	54221619	1000	54,07
MON2	INTERMEDIATE BASE 1P+N RV.B	54221643	700	48,84
MON2	MINI RCBO 1P+N COVER NSC RV.F	54227491	600	34,18
MON2	INTERMEDIATE BASE 1P+N MINI NSC RV.F	54227525	400	28,82
MON2	INTERMEDIATE BASE 1P MINI NSC RV.F	54227517	600	37,20
MON2	MINI RCBO 1P COVER RV.B	54221627	600	32,58
MON2	INTERMEDIATE BASE 1P MINI RV.B	54221650	400	28,11
MON2	MINI RCBO 1P COVER NSC RV.F	54227483	600	28,99
MON2	CASE 25A MINI RV.A	54226063	500	34,01
MON2	INTERMEDIATE BASE 25A MINI RV.A	54226022	300	23,75
MON2	COVER MINI 25A	54226071	500	30,89
MON3	RELEASE TERMIC LEVER MINI NSC	54227566	4000	147,84
MON3	SMALL PLATE BIMETAL REGOL.MINIATURE RV.A	54215389	4000	64,44
MON3	TERMIC REGULATION DOWEL MINIATURE RV L	58211889	6000	31,26
MON3	REALESE LEVER PIVOT RV.A	54215231	4000	474,08
MON3	MINI RIVET RV.D2	54222468	4000	16,08
MON3	RELEASE LEVER MINIAUTOMATIC RV.L	54211990	400	8,14
MON3	LEVER DIFF. DELAY RV.A2	54212246	1000	14,61
MON3	MINI RCBO LEFT DRAG ARC PALTE RV.F	54212014	800	10,61
MON3	MINI RCBO RIGHT DRAG ARC PALTE RV.G	54212006	1000	11,64
MON3	MINI RCBO DEJON CELL RV.D AS.	64211089	2200	323,27
MON3	CASE MINI X DIFF.LE NSC RV.D	54227467	600	37,70
MON3	CASE 1P/1P+N MINI NSC RV.D	54227459	600	40,33
MON3	MINI RCBO CASE DEFINITIV MOULD RV.C	54221668	1000	60,30
MON3	RELEASE TERMIC LEVER SOCKET INT.NSC	54227574	400	9,93
PRESA	SOCK.UNEL NEUTRAL CONNECTIONS+AUT.RV.B	54228119	48	2,48
PRESA	ALVEOLO DI FASE PRESA UNEL BIV.CH NEW	50081561	96	4,11
PRESA	SOCK.UNEL PHASE CONNECTIONS+AUT.RV.B	54228127	48	3,24
PRESA	SOCK.IT.NEU.CONNECTIONS+AUT.MINI CH.RV.B	54227830	48	2,32
PRESA	SOCK.IT.PH.CONNECTIONS+AUT.MINI CH.R.B	54227848	48	2,99
PRESA	LINE SOCKET CONT.NEU.SOCK.IT.MINI CH R.A	54227814	96	4,97
PRESA	SPRING-ASSEMBLY AUT.SCREEN SOCKET	50035641	48	0,30
PRESA	EARTH SOCKET IT.CONT.CHORUS	60043650	48	3,59
PRESA	SCREEN SUPPORT IT.SOCKET MINI CH RV.D	54227764	48	1,85
PRESA	SOCKET-OUTLET SAFETY SHUTTER CHORUS	50088673	100	1,03
PRESA	SLIDER IT.SOCKET MINI CH.RV.B	54227772	48	2,05
PRESA	UNEL BIV.SOCKET SLIDER RV.B	54228101	48	2,21
PRESA	AS.EARTH UNEL-BIV.STD SOCKET OUTLET 2016	60108677	80	16,47
PRESA	SECURITY-SCREEN UNEL SOCKET CHORUS	50088699	100	0,88
PRESA	UNEL SOCKET OUT-LET SHIELD SUPPORT CH.	50069756	48	0,83
PRESA	UNEL SOCKET BOTTOM RV.D	54228077	24	3,20
PRESA	ITALY SOCKET BOTTOM MINI CH RV.C	54227756	24	2,33
PRESA	PLATE COVER 2M AUT.SOCKER IT WH.NSC RV.E	54228432	24	3,14
PRESA	PRIN.PLA.CO.G.4M AUT/DIF/PR UN.C16A 10MA	64272883	24	24,06

PRESA	PRIN.PLA.CO.VER.4M AUT/DIF/SOC.UNEL RV.A	64265747	24	10,86
PRESA	PRIN.PLA.CO.G.2M AUT/PR.IT C16 RV.A	64272842	24	23,37
PRESA	PRIN.PLA.CO.VER.3M AUT+SOC.UNEL C16 RV.A	64265689	24	19,23
PRESA	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/SOCK. IT.C16 RVA	64265473	24	7,72
PRESA	PRIN.PLA.CO.G.3M AUT/PR.UNEL C16A RV.A	64272859	24	25,39
PRESA	PRIN.PLA.CO.VERN.3M AUT/DIF/SOCK.IT.RV.A	64265739	24	7,54
PRESA	PRIN.PLA.CO.G.3M AUT/DIF/PR IT C16 10MA	64272875	24	22,83
TESTE MAGNÉTICO	CLOSING BASE LID MINIATURE RV.C	54212253	6000	91,92
SOL MDIF	FLEXIBLE WIRE FOR LINE TERMINAL RV.B	54217955	200	10,02
SOL MDIF	WIRE 0,25 mmq L.60 BLUE RV.C-E	54227376	300	10,80
SOL MDIF	NEUTRAL CONNECTIONS MINI RCBO RV.B	54212378	700	190,95
SOL MDIF	LINE CONNECTIONS MINI RCBO RV.A	54212386	700	198,90
SOL MDIF	NEUTRAL TERMINAL MINIDIFF.RV.D	54212360	2000	67,80
SOL MDIF	TERMINAL OF PHASE MINIATURE RV.E	54212121	3000	33,96
SOL MDIF	LINE CONNECTIONS MINI RCBO CH.RV.A	54227723	400	29,04
SOL MDIF	NEUTRAL CONNECTIONS DIF.MINI CH.RV.A	54227731	300	22,59
SOL MDIF	BRAZED PASTE Ag6CuP	28000420	1 seringa (100ml)	17,31
MON MDIF	RELEASE SLIDE MINIDIFF.RV.E	54212295	800	44,33
MON MDIF	TERMINALS SUPPORTER MINIDIFF. RV.I	54212287	350	24,02
MON MDIF	CONNECTION COVER MINIDIFF RV.D	54212329	400	26,28
MON MDIF	TEST SPRING RV.D	58610882	4000	128,04
MON MDIF	ELECTRO CARD PROTECTION MINIDIFF RV.A	54215439	2400	100,66
MON MDIF	SLIDE OPEN.PROBE CURCUIT MINI RCBO RV.F	54212303	2400	88,70
MON MDIF	SCREW AF 2,2X16 RV.B-C	58110750	1120	28,37
MON MDIF	RIVET TERMINAL SPRING	58610361	2500	68,43
MON MDIF	TEST BUTTON SPRING	58610957	1250	19,14
MON MDIF	TRIPPING LEVER SPRING DIFF.NSC	58611666	7000	242,27
MON MDIF	TRIPPING LEVER SPRING DIFF.NSC	54227715	100	3,26
MON MDIF	CLAMP SUP.RCCB/SOCKET WITH BLOCK RV.A	54227673	400	5,59
MON MDIF	COVER DIFF.SOCKET INT.MINI NSC RV.D	54227657	100	6,46
MON MDIF	CASE DIFF.SOCKET INT.MINI NSC RV.E	54227624	40	2,85
MON MDIF	ADHESIVE TAPE 0.075X15 TPANSP.	805905232	2	9,40
MON MDIF	SLIDE OPEN.PROBE CURCUIT DIFF.CH RV.A	54228267	400	11,00
MON MDIF	TRIPPING LEVER DIFF.MINI NSC RV.C	54227707	400	13,08
MON MDIF	CASE DIFF.MINI NSC RV.E	54227616	80	6,72
MON MDIF	COVER DIFF.MINI NSC RV.D	54227640	100	7,67
MON MDIF	MINI RCBO CASE RV.G	54212261	350	29,57
MON MDIF	MINI RCBO COVER RV.E	54212279	400	32,51
MON MDIF	TEST BUTTOM SY RV.F	54212337	600	17,07
MON MDIF	ELECTRO 30MA MINI RCBO RV.D AS.	64225907	600	3 283,06
MON MDIF	ELECTR.10MA MINI RCBO RV.D AS.	64216658	600	3 334,45
MON MDIF	ELECTR.BOARD 10MA MINIDIFF.NSC RV.A AS.	64265309	600	3 708,83
MON MDIF	ELECTR.BOARD 30MA MINIDIF.NSC RV.A (J)AS.	64265317	600	3 747,22
MON MDIF	RELEASE RELAY MINIDIFF.RV.B AS.	64217607	200	337,21
MON MDIF	MINI RCBO COVER PLATE WT RV.F	54212352	650	24,67
MON MDIF	RELEASE RELAY DIFF.AS.NSC	64281272	200	307,66
TESTES DIF/MDIF	TEST BOTTON MINI RCCB PALYBUS RV.H	54212428	400	10,13
TESTES DIF/MDIF	TEST BUTTOM SY/BK	54220983	400	10,53
TESTES DIF/MDIF	MINI RCCB 10MA PLAY.DATA LABEL	54215280	400	8,23
TESTES DIF/MDIF	PLATE COVER MINI RCCB RV.E	54212410	100	4,42
TESTES DIF/MDIF	PRINTING PLATE COVER MINI.10MA GP	64242829	100	63,75
TESTES DIF/MDIF	PRINTING PLATE COVER MINIDIFF.30MA GP	64242894	120	25,22

EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.2M C6 10MA NSC RV.A	64272701	60	9,68
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.2M C10 10MA NSC RV.A	64272719	60	35,95
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.2M C16 10MA NSC RV.A	64272727	60	11,48
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.1M C10 NSC RV.A	64272586	160	18,67
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COVER MINI.25A SYS.BK	64238025	160	48,87
EMBALAGEM	RED MINI C6 SYSTEM PRINTINIG	64241649	160	105,60
EMBALAGEM	RED MINI C10 SYSTEM PRINTINIG	64241656	160	107,70
EMBALAGEM	RED MINI C16 SYSTEM PRINTINIG	64241664	160	40,46
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.MINI AUT.C.6 NSC RV.A	64264278	160	36,96
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.MINI AUT.C.10 NSC RV.A	64264286	160	36,96
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.MINI AUT.C16 NSC RV.A	64264294	160	36,95
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.2M C6 30MA NSC RV.A	64272735	60	9,20
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.2M C10 30MA NSC RV.A	64272743	60	9,53
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.2M C16 30MA NSC RV.A	64272750	60	30,03
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.G.1M C16 NSC RV.A	64272594	160	21,46
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COVER MINIAT.C16PLAY.RV.B	64218076	160	26,35
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COV.MINIAT.C6 PLAY.RV.B	64218050	160	51,23
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COVER MINI.C10 PLAY RV.B	64218068	160	54,03
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIFF.C6 10MA RVA	64265358	60	16,09
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C10 10MA RVA	64264591	160	138,75
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C16 10MA RVA	64264609	160	158,51
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COVER MINI.C6 SYSTEM GP	64242738	160	48,50
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COVER MINI.C10 SYS.BK	64242746	160	32,47
EMBALAGEM	PRINTING PLATE COVER MINI.C16 SYS.BK	64242753	160	30,75
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.MINI AUT. C.6 NSC RV.A	64272578	160	15,45
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C10 30MA RVA	64264617	26	6,95
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C16 30MA RVA	64264625	60	16,10
EMBALAGEM	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIFF.C6 30MA R.A	64265366	60	16,06
EMBALAGEM	SECURITY HOOK MINIDIF RV.E	54212204	1000	45,92
EMBALAGEM	YELLOW TEST BUTTON RV.B	54228051	400	6,24
EMBALAGEM	HOLE COVER TERMINAL MINI NSC RV.C	54227533	400	7,52
EMBALAGEM	SHIPPING PACK.T303-INT.DIM.250X155X70	78017662	20	3,33
EMBALAGEM	SHIPPING PACK.T411-INT.DIM.280X200X105	78019296	20	4,17
EMBALAGEM	CARTONE TP35 V.15	78032208	40	11,10
EMBALAGEM	INTERMEDIATE PACKAGEE S7 SYSTEM	78025475	40	9,93
EMBALAGEM	INTERMEDIATE PACKAGE S8CH	70095831	40	9,93
EMBALAGEM	HOLE TERMINAL COVER 1P MINI.RV.B	54214879	500	11,16
EMBALAGEM	PERSONALIZATION BOX 2 MBCH	70093521	100	18,88
EMBALAGEM	CUSTOMIZED 2MB PRIMARY PACKAGE PLAYBUS	78026069	100	5,59
EMBALAGEM	CUSTOMIZED 8M PRIMARY PACKAGE	78025533	300	5,71
EMBALAGEM	CUSTOMIZED 9M PRIMARY PACKAGE	78025541	320	12,66
EMBALAGEM	FOGLIO ISTRUZIONI SMALTIMENTO 3°E V18	78033123	250	3,12
EMBALAGEM	GREY L.MINI RCBO BOTTON CHORUS RV.A	54231998	800	46,99
EMBALAGEM	MINI RCBO BOTTON PLAYBUS RV.D	54213129	400	20,34
EMBALAGEM	TRANSPARENT ADHESIVE TAPE 75MM WITH LOGO	78020104	2	1,74
EMBALAGEM	FOGLIO ISTRUZIONI MINIDIFF.PLAYBUS 6°E	70191317	500	19,10
EMBALAGEM	FOGLIO ISTR.AUTOMATICO DIFF.LE 5°E	70195656	400	13,60
EMBALAGEM	FOGLIO ISTRUZIONI MINIDIFF.SYSTEM 7°E	70191309	300	7,01
EMBALAGEM	FOGLIO ISTRUZIONI GW1x311-312 4°E	70195409	250	7,50
EMBALAGEM	FOGLIO ISTRUZIONI GW1x321-322 4°E	70195417	250	7,50
EMBALAGEM	SCATOLA 1MB PLAY PERSONALIZZABILE	78026051	200	7,26
EMBALAGEM	PERSONALIZATION BOX 1 MBCH	70093489	200	4,54
EMBALAGEM	PERSONALIZATION BOX 3 MBCH	70093505	200	39,15
EMBALAGEM	MINI RCBO BOTTON SYSTEM RV.E	54211941	800	21,40

EMBALAGEM	SYSTEM BUTTON BK	54220678	600	15,61
EMBALAGEM	RED BUTTON SYSTEM RV.E	54220348	800	25,62
EMBALAGEM	CARTONE TA4 V.15	78031937	40	6,27
EMBALAGEM	PLATE COVER 2M WHITE AUT./DIFF.NSC RV.B	54228390	420	53,37
EMBALAGEM	COVER 1M CIRCUIT BREAKER TABLE CH.RV.C	54228374	1200	76,22
EMBALAGEM	MINI MCB COVER PLATE WT RV.F	54211933	1200	38,40
TOTAL			428216	30 811,50

APÊNDICE 24 – QUESTIONÁRIO ADAPTADO DO MÉTODO EWA

Tabela 76 – Questionário adaptado do método EWA

ANÁLISE ERGONÓMICA (EWA)					
Posto de trabalho:			Tempo de trabalho no posto:		
PONTUAÇÃO		BOA	RAZOÁVEL	MÁ	MUITO MÁ
		(++)	(+)	(-)	(-)
Espaço de trabalho	Espaço da área de trabalho				
	Altura da área de trabalho em relação aos braços				
	Altura da área de trabalho em relação aos olhos				
	Espaço disponível para as pernas durante o trabalho				
	Conforto do assento utilizado				
	Forma e peso das ferramentas manuais				
Atividade física geral	Esforço físico necessário				
	Ritmo de trabalho				
	Espaço disponível para realizar todas as tarefas				
Posturas e movimentos	Postura do pescoço e ombros				
	Postura dos cotovelos e pulsos				
	Postura das costas				
	Postura das ancas e pernas				
Risco de acidente	Posto de trabalho apresenta risco de acidente				
	Antecedentes de lesões no posto				
	Severidade das lesões (caso se confirme o ponto anterior)				
Conteúdo de trabalho	Realização de tarefas monotonas				
	Organização do trabalho				
Repetitividade do trabalho	Realização de tarefas repetitivas				
Nível de atenção	Atenção necessária para realizar as tarefas				

Iluminação	Iluminação do posto de trabalho				
Ambiente térmico	Temperatura				
Ruído	Ruído				

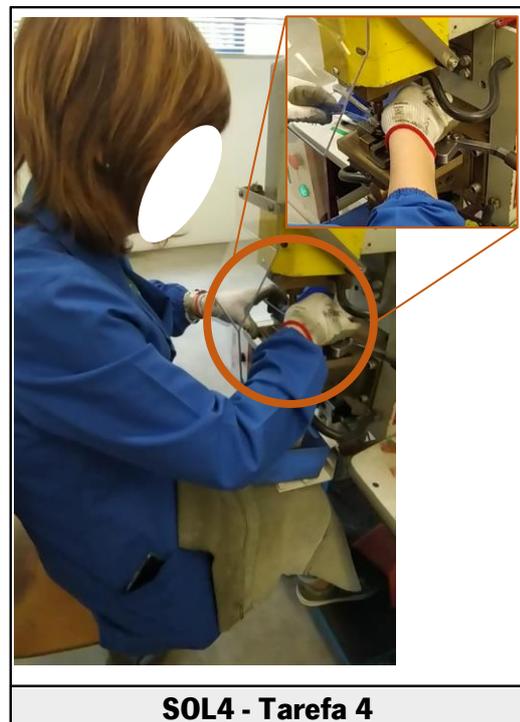
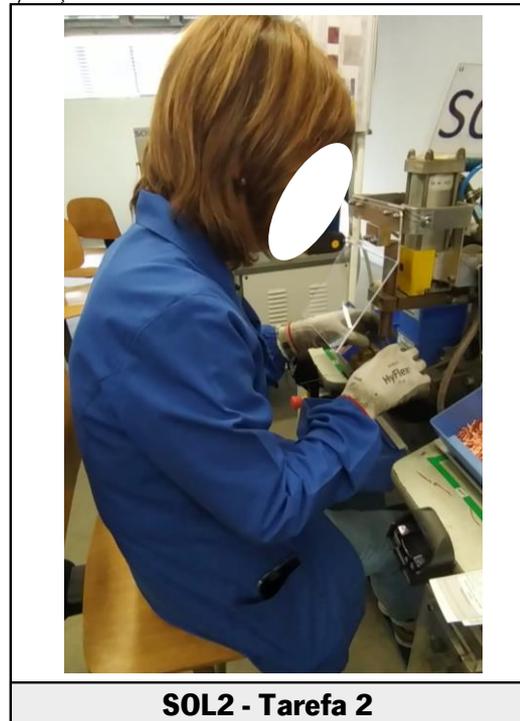
APÊNDICE 25 – RESULTADOS DA AVALIAÇÃO INICIAL DA ANALISTA (MÉTODO EWA)

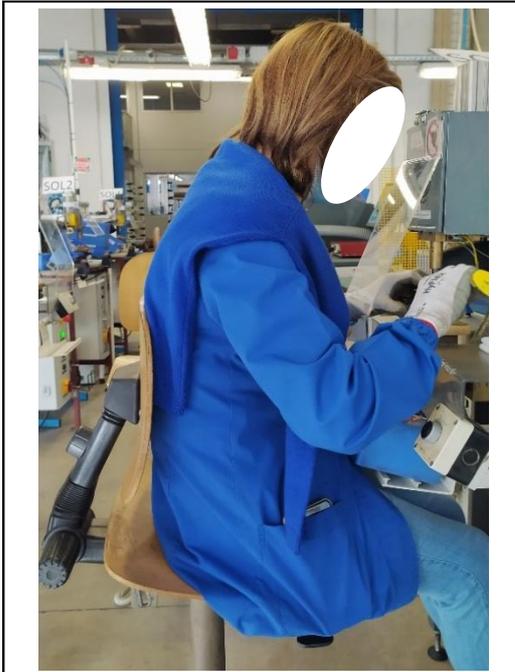
Tabela 77 – Avaliação inicial da analista (Método EWA)

AVALIAÇÃO DA ANALISTA		
Elemento da <i>checklist</i>	Pontuação	Comentários
Espaço de trabalho	3	Assentos desconfortáveis. Em alguns postos tem pouco espaço para as pernas. Por vezes não é possível acomodar os componentes todos no posto ficando em zonas de difícil alcance levando a posturas desadequadas. Os postos de montagem não têm espaço suficiente para trabalhar pois as caixas de componentes ocupam a maioria do espaço. Na generalidade os postos de teste têm espaço suficiente para realizar as tarefas. Os postos de teste de Alta tensão, desaperar bornes e embalagem estão muito baixos.
Atividade física geral	2	Existem alguns picos de produção mas sem risco de sobrecarga.
Posturas e movimentos	3	Adoção de posturas incorretas principalmente pulsos, costas, pescoço e ombros.
Risco de acidente	2	Risco de acidente e severidade muito baixa. Nunca houve uma ocorrência. Existem algumas tarefas que poderão apresentar risco de LMERT.
Conteúdo de trabalho	2	As operadoras executam as tarefas, não sendo responsáveis pelo planeamento.
Repetitividade do trabalho	3	Realização de tarefas repetitivas com tempos de ciclo muito curtos.
Nível de atenção	3	Nível de atenção elevado devido à atenção necessária a colocar os componentes corretos e na posição correta. A maioria dos componentes não estão identificados na EIL obrigando as operadoras a estar mais atentas devido às semelhanças entre eles. Nível de atenção elevado nos testes para agir de acordo com o resultado.
Iluminação	1	Valores de iluminância entre 1015 e 1452 lx. Estão dentro dos valores recomendados pela norma ISO 8995 (entre 1000 e 1500 lx).
Ambiente térmico	2	Temperatura ambiente razoável (23,5°C). Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de agosto refere valores entre 18 e 22°C.
Ruído	2	Nível de exposição ao ruído em 8 horas = 67 dB(A).

APÊNDICE 26 – POSTURAS SELECIONADAS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA

Tabela 78 – Posturas selecionadas para aplicação do método RULA





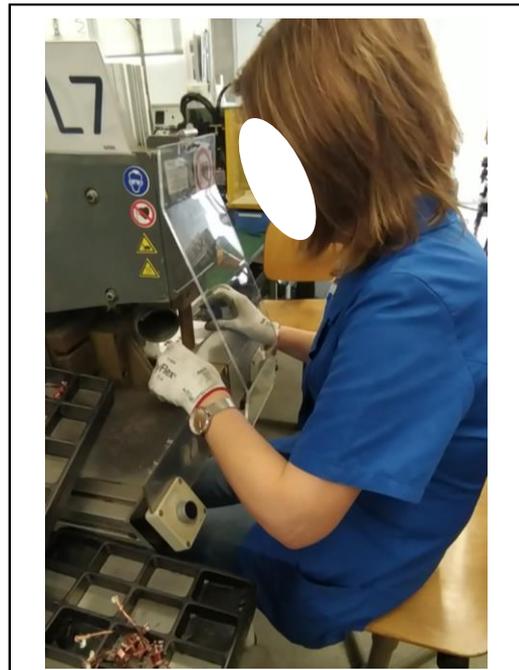
SOL5 - Tarefa 5



SOL6 - Tarefa 6



SOL6.1 - Tarefa 7



SOL7 - Tarefa 8



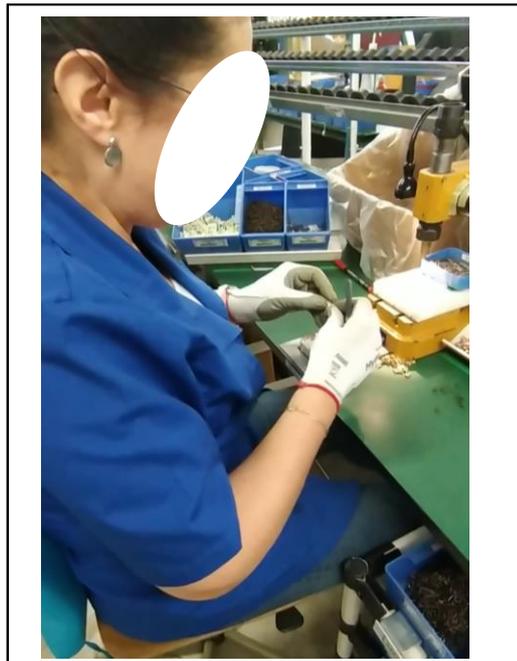
SOL8 - Tarefa 9



MON1 - Tarefa 10



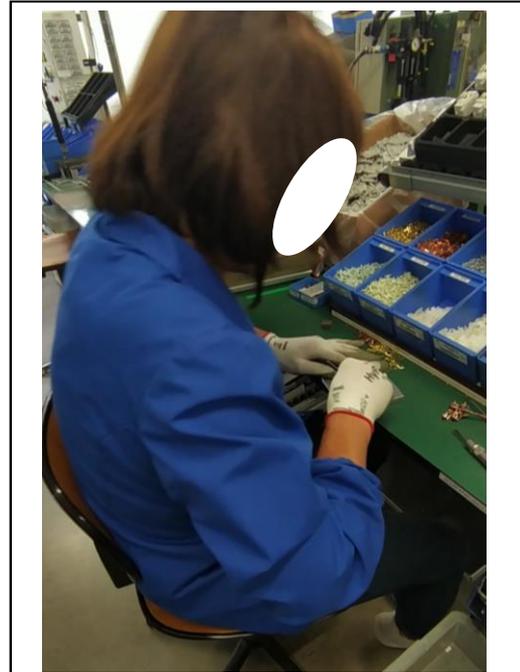
MON1 - Tarefa 11



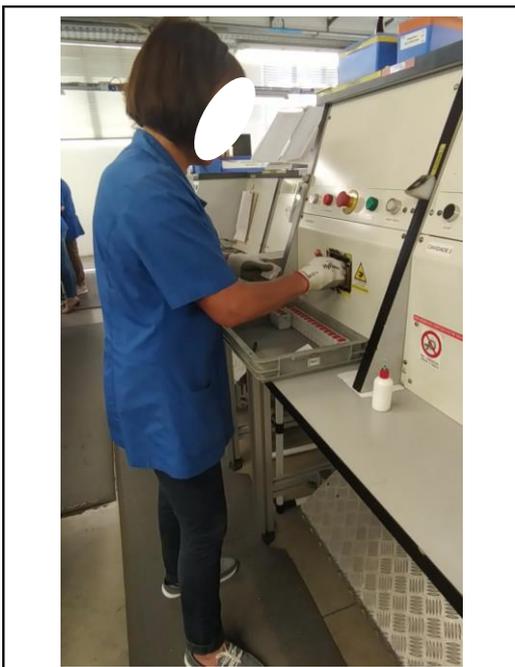
MON2 - Tarefa 12



MON2 - Tarefa 13



MON3 - Tarefa 14



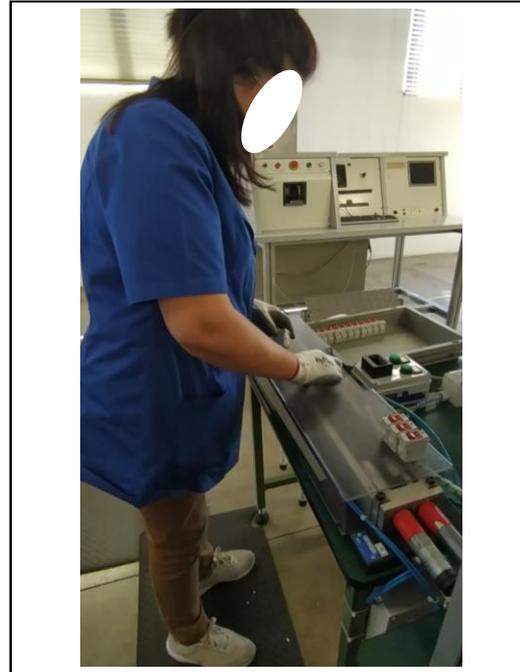
TESTE TÉRMICO - Tarefa 15



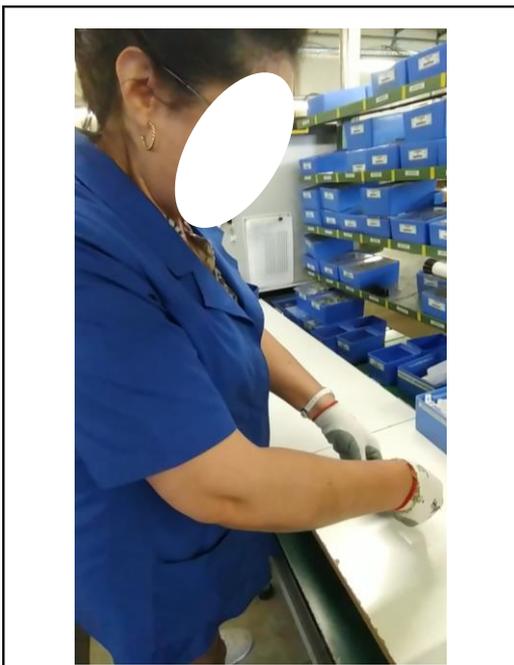
TESTE MAGNÉTICO - Tarefa 16



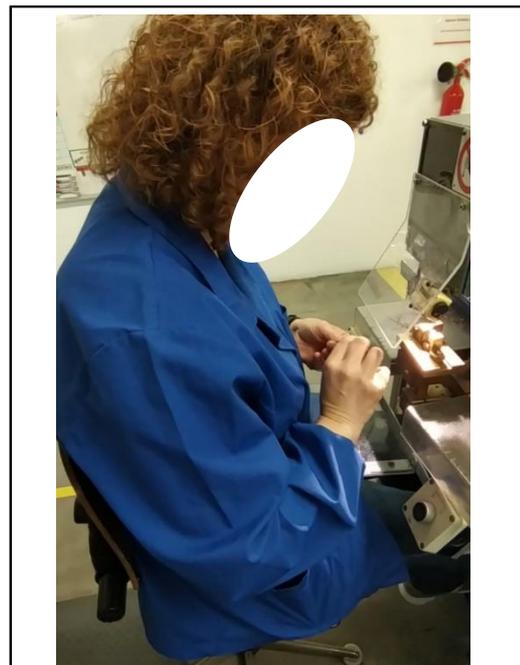
TESTE ALTA TENSÃO - Tarefa 17



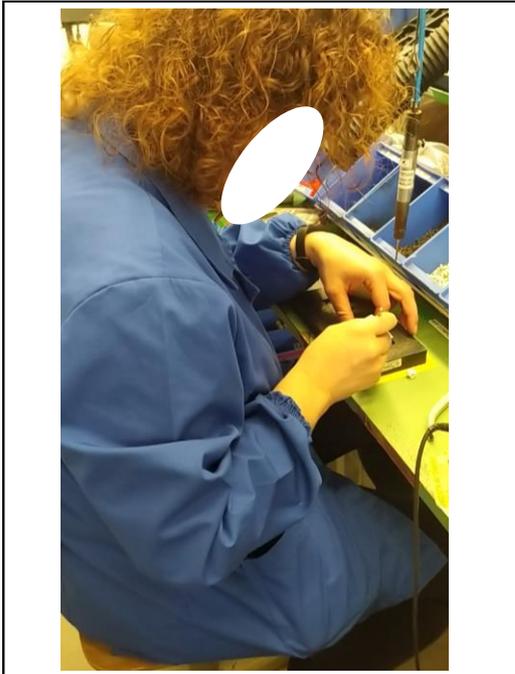
DESAPERTAR BORNES - Tarefa 18



EMBALAGEM - Tarefa 19



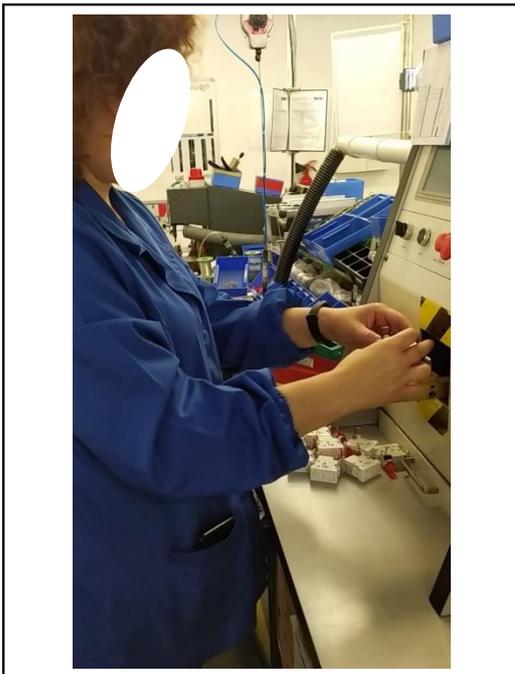
SOL MDIF - Tarefa 20



MON MDIF - Tarefa 21



MON MDIF - Tarefa 22



TESTE DIF - Tarefa 23



TESTE MDIF - Tarefa 24



ACOPLAR - Tarefa 25

APÊNDICE 27 – APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

© adaptado por LABORATÓRIO DE ERGONOMIA
 Centro de Engenharia de Transportes do Estado
 Tel: 203 510 100 Fax: 203 510 200 e-mail: jeronim@uauev.org

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flexido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligera rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min.: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____

PT: _____ Avaliador: _____

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min.: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	2	2	2	2	2	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3	3	4
4	2	2	2	2	2	3	3	4
5	2	2	2	2	2	3	3	4
6	2	2	2	2	2	3	3	4
7	2	2	2	2	2	3	3	4
8	2	2	2	2	2	3	3	4
9	2	2	2	2	2	3	3	4
10	2	2	2	2	2	3	3	4
11	2	2	2	2	2	3	3	4
12	2	2	2	2	2	3	3	4
13	2	2	2	2	2	3	3	4
14	2	2	2	2	2	3	3	4
15	2	2	2	2	2	3	3	4
16	2	2	2	2	2	3	3	4
17	2	2	2	2	2	3	3	4
18	2	2	2	2	2	3	3	4
19	2	2	2	2	2	3	3	4
20	2	2	2	2	2	3	3	4
21	2	2	2	2	2	3	3	4
22	2	2	2	2	2	3	3	4
23	2	2	2	2	2	3	3	4
24	2	2	2	2	2	3	3	4
25	2	2	2	2	2	3	3	4
26	2	2	2	2	2	3	3	4
27	2	2	2	2	2	3	3	4
28	2	2	2	2	2	3	3	4
29	2	2	2	2	2	3	3	4
30	2	2	2	2	2	3	3	4

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	1	2	1	2
3	1	2	1	2	1	2	1	2
4	1	2	1	2	1	2	1	2
5	1	2	1	2	1	2	1	2
6	1	2	1	2	1	2	1	2
7	1	2	1	2	1	2	1	2
8	1	2	1	2	1	2	1	2
9	1	2	1	2	1	2	1	2
10	1	2	1	2	1	2	1	2
11	1	2	1	2	1	2	1	2
12	1	2	1	2	1	2	1	2
13	1	2	1	2	1	2	1	2
14	1	2	1	2	1	2	1	2
15	1	2	1	2	1	2	1	2
16	1	2	1	2	1	2	1	2
17	1	2	1	2	1	2	1	2
18	1	2	1	2	1	2	1	2
19	1	2	1	2	1	2	1	2
20	1	2	1	2	1	2	1	2
21	1	2	1	2	1	2	1	2
22	1	2	1	2	1	2	1	2
23	1	2	1	2	1	2	1	2
24	1	2	1	2	1	2	1	2
25	1	2	1	2	1	2	1	2
26	1	2	1	2	1	2	1	2
27	1	2	1	2	1	2	1	2
28	1	2	1	2	1	2	1	2
29	1	2	1	2	1	2	1	2
30	1	2	1	2	1	2	1	2

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

4

Figura 151 – Método RULA SOLI – Tarefa 1

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apertados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 4

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 5

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 2

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	4
2	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
3	2	2	3	3	3	4	5
3	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	5
5	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
5	2	5	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	3	4	4	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5
4	3	3	3	3	4	4	5	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 4

Tabela D (Resumo de Pontuações)

Pontoção A	4
+ Pontoção de Utilização Muscular	1
+ Pontoção de Carga/Força	0
= Pontoção final do Pulso e Membro Superior	5
+ Pontoção do Pescoço, Tronco e Membro Inferior	3
= Pontoção Final	4

Figura 152 – Método RULA SOL2 – Tarefa 2

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o membro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apertados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas a não bem apoiadas e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	7	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	3	4	4	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5
4	3	3	3	3	3	4	4	5
5	4	4	4	4	4	5	5	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

3

Figura 153 – Método RULA SOL3 – Tarefa 3

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: -1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas a não bem apoiadas e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso							
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação				
1	1	2	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	4	4	5	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

3

Figura 154 – Método RULA SOL4 – Tarefa 4

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura equilibrada: +1
 Pernas e pés não apoiados e em postura instável: -2

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	4	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	5	5
4	3	3	4	4	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
6	2	7	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

4

Figura 155 – Método RULA SOL5 – Tarefa 5

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o membro esteja levantado: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1
 Pontuação final do Braço = **4**

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1
 Pontuação final do Antebraço = **3**

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1
 Pontuação final do Pulso = **3**

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2
 Pontuação de Rotação do Pulso = **1**

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A
 Pontuação A = **5**

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1
 Pontuação de Utilização Muscular = **0**

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3
 Pontuação de Carga/Força = **0**

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C
 Pontuação final do Pulso e Membro Superior = **5**

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1
 Pontuação do Pescoço = **3**

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1
 Pontuação do Tronco = **3**

Passo 11: Pernas
 Pernas não bem apoiadas e em postura bem apoiada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2
 Pontuação das Pernas = **2**

	1	2	3	4	5	6
Pescoço	1	2	1	2	1	2
Pernas	1	2	1	2	1	2
Pernas	1	2	2	3	3	4
Pernas	2	2	2	3	3	4
Pernas	3	3	3	3	4	4
Pernas	4	3	3	3	3	4
Pernas	5	4	4	4	4	4

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B
 Pontuação B = **4**

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1
 Pontuação de Utilização Muscular = **0**

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3
 Pontuação de Carga/Força = **0**

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C
 Pontuação final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = **4**

Braço	Antebraço	Pulso			
		1	2	3	4
1	1	1	2	1	2
	2	2	2	2	2
	3	2	3	2	3
2	1	2	2	3	3
	2	2	2	3	3
	3	2	3	3	3
3	1	2	3	3	4
	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	4
4	1	3	4	4	4
	2	3	4	4	4
	3	3	4	4	4
5	1	5	5	5	5
	2	5	6	6	6
	3	6	6	6	7
6	1	7	7	7	7
	2	7	8	8	8
	3	9	9	9	9

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	5	
2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	4	4	5	6	
5	4	4	5	5	6	7	
6	4	4	5	6	6	7	
7	5	5	6	6	7	7	
8+	5	5	6	7	7	7	

Pontuação Final
5

Figura 156 – Método RULA SOL6 – Tarefa 6

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o membro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1
 Pontuação final do Braço = **3**

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1
 Pontuação final do Antebraço = **1**

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1
 Pontuação final do Pulso = **3**

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2
 Pontuação de Rotação do Pulso = **1**

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A
 Pontuação A = **4**

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1
 Pontuação de Utilização Muscular = **0**

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3
 Pontuação de Carga/Força = **1**

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C
 Pontuação final do Pulso e Membro Superior = **5**

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1
 = Pontuação do Pescoço = **2**

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1
 = Pontuação do Tronco = **2**

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2
 = Pontuação das Pernas = **1**

	Tronco					
	1	2	3	4	5	6
Pescoço	1	2	1	2	1	2
Pernas	2	1	2	1	2	1
Pernas	1	2	1	2	2	3
Pernas	2	3	3	4	4	5
Pernas	3	4	4	5	5	6
Pernas	4	5	5	6	6	6
Pernas	5	6	6	6	6	6

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B
 = Pontuação B = **2**

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1
 = Pontuação de Utilização Muscular = **0**

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3
 = Pontuação de Carga/Força = **1**

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C
 = Pontuação final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = **3**

Braço	Antebraço	Pulso			
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação
1	1	1	2	1	2
	2	2	2	2	2
	3	2	3	2	3
2	1	2	2	2	3
	2	2	2	2	3
	3	2	3	3	3
3	1	2	3	3	3
	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	4
4	1	3	4	4	4
	2	3	4	4	4
	3	3	4	4	4
5	1	5	5	5	5
	2	5	6	6	6
	3	6	6	6	6
6	1	7	7	7	7
	2	7	8	8	8
	3	8	8	8	8

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	5
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final
4

Figura 157 – Método RULA SOL6.1 – Tarefa 7

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Ponto 1a: Ajuste
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1
Ponto 2: Verificar posição do antebraço

Ponto 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1
Ponto 3: Verificar posição do pulso

Ponto 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1
Ponto 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2
Ponto 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A
Ponto 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1
Ponto 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3
Ponto 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Ponto 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1
Ponto 10: Verificar posição do tronco

Ponto 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1
Ponto 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés não apoiados e em postura instável: -2
Ponto 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B
Ponto 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1
Ponto 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3
Ponto 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso								
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação					
1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5
4	3	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final
4

Pontuação final do Braço = **3**

Pontuação final do Antebraço = **1**

Pontuação final do Pulso = **3**

Pontuação de Rotação do Pulso = **1**

Pontuação A = **4**

Pontuação de Utilização Muscular = **1**

Pontuação de Carga/Força = **0**

Pontuação final do Pulso e Membro Superior = **5**

Pontuação do Pescoço = **2**

Pontuação do Tronco = **1**

Pontuação das Pernas = **1**

Pontuação B = **1**

Pontuação de Utilização Muscular = **1**

Pontuação de Carga/Força = **0**

Pontuação final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = **2**

Figura 158 – Método RULA SOL7 – Tarefa 8

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apertados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso								
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação					
1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7	7
	3	6	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final
4

Figura 159 – Método RULA SOL8 – Tarefa 9

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se enxe com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 4

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 6

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	4	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5
4	3	3	4	4	4	4	4	5
5	1	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
6	2	7	7	7	7	7	8	8
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	3	4	5	6	6	6
1	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5
4	3	3	3	3	3	4	4	5
5	4	4	4	4	4	5	5	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 5

Tabela D (Cálculo)

Pontoção A = 4
 + Pontoção de Utilização Muscular = 1
 + Pontoção de Carga/Força = 1
 = Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 6

Tabela E (Cálculo)

Pontoção do Pescoço = 2
 + Pontoção do Tronco = 1
 + Pontoção das Pernas = 1
 = Pontoção final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 3

Figura 160 – Método RULA MON1 – Tarefa 10

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apertados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	2	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	7	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final
4

Figura 161 – Método RULA MON1 – Tarefa 11

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o membro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 2

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 3

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 3

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso							
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação				
1	1	2	2	2	2	3	3	3	
1	2	2	2	2	2	3	3	3	
1	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5	5
4	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
6	2	7	8	8	8	8	9	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 3

Tabela D (Pontuação Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior)

	1	2	3	4	5	6					
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Pontoção B = 1

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Pontoção Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 1

Figura 162 – Método RULA MON2 – Tarefa 12

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés não apoiados e em postura instável: -2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Braço	Antebraço	Pulso							
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação				
1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final
6

Figura 163 – Método RULA MON2 – Tarefa 13

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: -1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 2

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 3

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 4

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés não apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	4	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5
4	3	3	4	4	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
6	2	7	7	7	7	8	8	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Tabela Final

Pontoção Final = 3

Figura 164 – Método RULA MON3 – Tarefa 14

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: -1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os cotovelos estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flexido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 2

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 2

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura inclinado: -2

Pontoção das Pernas = 1

	Pescoço		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Pontoção B = 1

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Pontoção final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 1

Braço	Antebraço	Pulso							
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação				
1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

2

Figura 165 – Método RULA TESTE TÉRMICO – Tarefa 15

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 2

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 4

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	4
2	3	2	3	3	3	4	5
3	1	2	3	3	3	4	5
3	2	2	3	3	3	4	5
3	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	5
4	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
5	2	5	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5
4	3	3	3	3	3	4	4	5
5	4	4	4	4	4	5	5	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 3

Tabela D (Pontuação Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior)

	1	2	3	4	5	6
1	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	2	3
3	2	2	2	3	3	4
4	3	3	3	3	4	4
5	4	4	4	4	5	5

Pontoção Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 3

Figura 166 – Método RULA TESTE MAGNÉTICO – Tarefa 16

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço
 -15° a 15° (+1) | -15° (+2) | +15° a 45° (+2) | +45° a 90° (+3) | 90°+ (+4)

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apertados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço
 +1 | +2 | +2 | +1 | +1

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso
 +1 | +3 | +2 | +1 | +1

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 4

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 5

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço
 0° a 10° (+1) | 10° a 20° (+2) | 20° a 30° (+3) | 30° a 40° (+4)

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco
 +1 se o tronco está bem apoiado enquanto sentado; +2 caso tal não aconteça
 +1 | +2 | +3 | +4

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 3

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	4	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5
5	3	3	4	4	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9
6	2	7	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 5

Tabela D (Resumo de Pontuações)

Pontoção A	4
Pontoção de Utilização Muscular	1
Pontoção de Carga/Força	0
Pontoção final do Pulso e Membro Superior	5
Pontoção B	3
Pontoção de Utilização Muscular	1
Pontoção de Carga/Força	0
Pontoção Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior	4

Figura 167 – Método RULA TESTE ALTA TENSÃO – Tarefa 17

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: -1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: -1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: -1

Passo 11: Pernas
 Pernas a pés bem apoiadas e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiadas e em postura instável: -2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	7	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	3	4	4	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5
4	3	3	3	3	3	4	4	5
5	4	4	4	4	4	5	5	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

3

Figura 168 – Método RULA DESAPERTAR BORNES – Tarefa 18

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se Cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas a pé bem apoiadas e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	3	4
	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	4	5
	2	2	3	3	3	4	4	5
	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	
4	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

6

Figura 169 – Método RULA EMBALAGEM – Tarefa 19

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 4

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligera rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Pontoção de Rotação do Pulso = 2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 5

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 6

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 2

Passo 11: Pernas
 Pernas a pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	4	4
2	2	2	2	2	3	3	4	4
2	3	2	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	4	4	5	5
3	2	2	3	3	4	4	5	5
3	3	2	3	3	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	5	5
4	3	3	4	4	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	7	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9
6	2	7	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
4	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	5	
2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	4	5	6	6	
5	4	4	5	6	7	7	
6	4	4	5	6	6	7	
7	5	5	6	6	7	7	
8+	5	5	6	7	7	7	

Pontoção Final = 5

Tabela B

Pontoção B = 2

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Pontoção de Carga/Força = 0

Pontoção final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 3

Figura 170 – Método RULA SOL MDIF – Tarefa 20

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontouação do Braço = 2

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Pontouação do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontouação do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligera rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Pontouação de Rotação do Pulso = 2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontouação A = 3

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontouação de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontouação de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontouação final do Pulso e Membro Superior = 4

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: -1

Pontouação do Pescoço = 3

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: -1

Pontouação do Tronco = 2

Passo 11: Pernas
 Pernas não bem apoiadas e em postura bem avaliada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Pontouação das Pernas = 2

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	4	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	5	5
4	3	3	4	4	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
6	2	7	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontouação Final = 4

Tabela B

Pontouação B = 3

Pontouação de Utilização Muscular = 0

Pontouação de Carga/Força = 1

Pontouação final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 4

Figura 171 – Método RULA MON MDIF – Tarefa 21

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 2

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 3

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 4

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 4

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 4

Passo 11: Pernas
 Pernas a pé bem apoiadas e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	7	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5
4	3	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 5

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Pontoção B = 4

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 1

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Pontoção final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 5

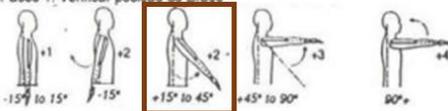
Figura 172 – Método RULA MON MDIF – Tarefa 22

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço



Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 2

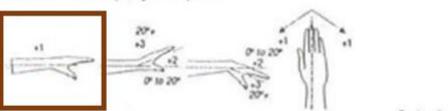
Passo 2: Verificar posição do antebraço



Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso



Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 2

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 2

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

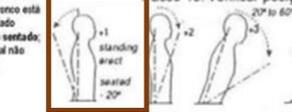
Passo 9: Verificar posição do pescoço



Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco



Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas a pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: +2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	
4	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	
5	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	5	5
2	2	3	4	4	5	5	5
3	3	3	4	4	5	6	6
4	3	3	4	4	5	6	6
5	4	4	5	6	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 2

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	3	3	3	4
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	6
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8
	2	7	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pontoção B = 1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Pontoção de Carga/Força = 0

Pontoção final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 1

Figura 173 – Método RULA TESTE DIF – Tarefa 23

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apontados: -1

Ponto de pontuação final do Braço = 4

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na na parte lateral: -1

Ponto de pontuação final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Ponto de pontuação final do Pulso = 3

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Ponto de pontuação final de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Ponto de pontuação A = 4

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: -1

Ponto de pontuação de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): -2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: -3

Ponto de pontuação de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Ponto de pontuação final do Pulso e Membro Superior = 5

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Ponto de pontuação do Pescoço = 3

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Ponto de pontuação do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas a não bem apoiadas e em postura bem e equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Ponto de pontuação das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	5
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	7	7	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	
3	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
4	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Ponto de pontuação final = 4

Tabela D (Resumo de Pontuações)

- Ponto de pontuação A = 4
- Ponto de pontuação de Utilização Muscular = 0
- Ponto de pontuação de Carga/Força = 1
- Ponto de pontuação final do Pulso e Membro Superior = 5
- Ponto de pontuação do Pescoço = 3
- Ponto de pontuação do Tronco = 1
- Ponto de pontuação das Pernas = 1
- Ponto de pontuação B = 2
- Ponto de pontuação de Utilização Muscular = 0
- Ponto de pontuação de Carga/Força = 1
- Ponto de pontuação final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 3

Figura 174 – Método RULA TESTE MDIF – Tarefa 24

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontuação final do Braço = **3**

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: -1

Pontuação final do Antebraço = **1**

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flexido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontuação final do Pulso = **3**

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Pontuação de Rotação do Pulso = **1**

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontuação A = **4**

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontuação de Utilização Muscular = **1**

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontuação de Carga/Força = **1**

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontuação final do Pulso e Membro Superior = **6**

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontuação do Pescoço = **3**

Passo 10: Verificar posição do tronco

+1 se o tronco está bem apoiado enquanto sentado; +2 caso tal não aconteça

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontuação do Tronco = **2**

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Pontuação das Pernas = **1**

Tabela B

Pescoço	Tronco					
	1	2	3	4	5	6
Pernas	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3
2	1	2	2	3	4	4
3	2	2	3	3	4	5
4	3	3	3	3	4	5
5	4	4	4	4	5	6

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Pontuação B = **2**

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontuação de Utilização Muscular = **1**

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontuação de Carga/Força = **1**

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Pontuação final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = **4**

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1	2	3	4		
		rotação	rotação	rotação	rotação		
1	1	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3
	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
	2	2	2	2	3	3	4
	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
	2	2	3	3	3	4	5
	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	5
	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
	2	7	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final

6

Figura 175 – Método RULA ACOPLAR – Tarefa 25

APÊNDICE 28 – PROPOSTAS DE BALANCEAMENTO MINI

Proposta 1

Tabela 79 – Proposta de balanceamento 1 - MINI

PT1	Setups	5,2
	Soldar contacto à prata	7,4
	Soldar cordão ao contacto	7,2
	Soldar borne ao cordão neutro	4,5
	Soldar bimetálico ao cordão fase	6,3
	Cravar bielas	23,8
		54,4
PT2	Setup	1,2
	Soldar borne à bobina	7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo FASE	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	8,9
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo NEUTRO	
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	25
	Montar o botão	
	51	
PT3	Encaixar o conjunto neutro no botão	6,4
	Montar interbase	10,2
	Colocar interbase no dispositivo	2,1
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase	6,4
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON2	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	2,9
	Encaixar borne	
	Encaixar tampa	
	Ajustar botão	3,4
	Encaixar peça branca e verde tipo 1	4,8
	Encaixar pino branco	3,5
		55,9
PT4	Soldar armadura ao bimetálico	7
	Montar bobina no conjunto fase	14,9
	Soldar bobina à armadura no conjunto fase	6,2
	Soldar eletro socorrimento no conjunto fase	8,9
	Encaixar pré-montado no dispositivo	5,8
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto fase	9,5
	56,4	

PT5	Encaixar mola no pino branco	3,7
	Encaixar peça verde tipo 2	5,2
	Ajustar cordão e botão	5,7
	Encaixar leva	2,7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON3	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Encaixar câmara e borne simultaneamente	4,8
	Aparafusar com aparafusadora	5,1
	Aparafusar manualmente a peça de cobre	5,7
	Encaixar peça branca tipo 2 na base	5,4
	Encaixar base no conjunto montado	4,8
	Ajustar botão	3,4
	55,4	

PT6	Verificações ao botão	2,8
	Prensar rebites	7,2
	Carimbar	3,5
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Térmico)	40,5
	54,3	

PT7	Setup	0,3
	Testar aparelho (Magnético)	7,7
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Alta Tensão)	5,5
	Setup	0,3
	Desapertar bornes	5,6
	Colocar capa do botão	2,5
	Colocar mostrina	2,8
	Encaixar botão e mostrina	2,2
	Setup	0,7
	Inspeção visual	1,6
	Colar a etiqueta cinzenta em cada aparelho	5,8
	Abrir a caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa individual	4,6
	Testar manualmente o botão e colocar na caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa intermédia e abrir	0,7
	Fechar caixa individual e colocar na caixa intermédia	2,7
	Fechar a caixa intermédia	0,2
	Montar a caixa exterior	0,6
	Carimbar caixa exterior	0,1
	Colocar caixa intermédia na caixa exterior	0,2
	Fechar caixa exterior	0,4
	Colar etiqueta na caixa exterior	0,2
Passar o código de barras no leitor	0,2	
	52,4	

Proposta 2

Tabela 80 – Proposta de balanceamento 2 - MINI

PT1	Setups	6,4
	Soldar contacto à prata	7,4
	Soldar cordão ao contacto	7,2
	Soldar borne ao cordão neutro	4,5
	Soldar bimetal ao cordão fase	6,3
	Soldar borne à bobina	7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo NEUTRO	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	7
	Soldar armadura ao bimetal	
		54,7
PT2	Cravar bielas	23,8
	Montar o botão	25
	Encaixar o conjunto neutro no botão	6,4
		55,2
PT3	Montar interbase	10,2
	Colocar interbase no dispositivo	2,1
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase	6,4
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON2	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	2,9
	Encaixar borne	
	Encaixar tampa	3,2
	Ajustar botão	3,4
	Encaixar peça branca e verde tipo 1	4,8
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo FASE	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
Aparafusar bornes e anilhas	54,9	
PT4	Montar bobina no conjunto fase	14,9
	Soldar bobina à armadura no conjunto fase	6,2
	Soldar eletro socorrimento no conjunto fase	8,9
	Encaixar pré-montado no dispositivo	5,8
	Encaixar pino branco	3,5
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto fase	9,5
		52,9

PT5	Encaixar mola na pino branco	3,7
	Encaixar peça verde tipo 2	5,2
	Ajustar cordão e botão	5,7
	Encaixar leva	2,7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON3	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	4,8
	Encaixar câmara e borne simultaneamente	5,1
	Aparafusar com aparafusadora	5,7
	Aparafusar manualmente a peça de cobre	5,4
	Encaixar peça branca tipo 2 na base	4,8
	Encaixar base no conjunto montado	3,4
	Ajustar botão	55,4

PT6	Verificações ao botão	2,8
	Prensar rebites	7,2
	Carimbar	3,5
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Térmico)	40,5
	54,3	

PT7	Setup	0,3
	Testar aparelho (Magnético)	7,7
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Alta Tensão)	5,5
	Setup	0,3
	Desapertar bornes	5,6
	Colocar capa do botão	2,5
	Colocar mostrina	2,8
	Encaixar botão e mostrina	2,2
	Setup	0,7
	Inspeção visual	1,6
	Colar a etiqueta cinzenta em cada aparelho	5,8
	Abrir a caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa individual	4,6
	Testar manualmente o botão e colocar na caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa intermédia e abrir	0,7
	Fechar caixa individual e colocar na caixa intermédia	2,7
	Fechar a caixa intermédia	0,2
	Montar a caixa exterior	0,6
	Carimbar caixa exterior	0,1
	Colocar caixa intermédia na caixa exterior	0,2
	Fechar caixa exterior	0,4
	Colar etiqueta na caixa exterior	0,2
Passar o código de barras no leitor	0,2	
52,4		

Proposta 3

Tabela 81 – Proposta de balanceamento 3 - MINI

PT1	Setups	6,4
	Soldar contacto à prata	7,4
	Soldar cordão ao contacto	7,2
	Soldar borne ao cordão neutro	4,5
	Soldar bimetal ao cordão fase	6,3
	Soldar borne à bobina	7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo FASE	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo NEUTRO	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
		56,6
PT2	Cravar bielas	23,8
	Montar o botão	25
	Encaixar o conjunto neutro no botão	6,4
		55,2
PT3	Montar interbase	10,2
	Colocar interbase no dispositivo	2,1
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase	6,4
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON2	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Encaixar borne	2,9
	Encaixar tampa	3,2
	Ajustar botão	3,4
	Encaixar peça branca e verde tipo 1	4,8
	Soldar armadura ao bimetal	7
		53
PT4	Montar bobina no conjunto fase	14,9
	Soldar bobina à armadura no conjunto fase	6,2
	Soldar eletro socorrimento no conjunto fase	8,9
	Encaixar pré-montado no dispositivo	5,8
	Encaixar pino branco	3,5
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto fase	9,5
		52,9

PT5	Encaixar mola no pino branco	3,7
	Encaixar peça verde tipo 2	5,2
	Ajustar cordão e botão	5,7
	Encaixar leva	2,7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON3	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Encaixar câmara e borne simultaneamente	4,8
	Aparafusar com aparafusadora	5,1
	Aparafusar manualmente a peça de cobre	5,7
	Encaixar peça branca tipo 2 na base	5,4
	Encaixar base no conjunto montado	4,8
	Ajustar botão	3,4
		55,4

PT6	Verificações ao botão	2,8
	Prensar rebites	7,2
	Carimbar	3,5
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Térmico)	40,5
		54,3

PT7	Setup	0,3
	Testar aparelho (Magnético)	7,7
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Alta Tensão)	5,5
	Setup	0,3
	Desapertar bornes	5,6
	Colocar capa do botão	2,5
	Colocar mostrina	2,8
	Encaixar botão e mostrina	2,2
	Setup	0,7
	Inspeção visual	1,6
	Colar a etiqueta cinza em cada aparelho	5,8
	Abrir a caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa individual	4,6
	Testar manualmente o botão e colocar na caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa intermédia e abrir	0,7
	Fechar caixa individual e colocar na caixa intermédia	2,7
	Fechar a caixa intermédia	0,2
	Montar a caixa exterior	0,6
	Carimbar caixa exterior	0,1
	Colocar caixa intermédia na caixa exterior	0,2
	Fechar caixa exterior	0,4
	Colar etiqueta na caixa exterior	0,2
Passar o código de barras no leitor	0,2	
	52,4	

Proposta 4

Tabela 82 – Proposta de balanceamento 4 - MINI

PT1	Setups	5,2
	Soldar contacto à prata	7,4
	Soldar cordão ao contacto	7,2
	Soldar borne ao cordão neutro	4,5
	Soldar bimetálico ao cordão fase	6,3
	Cravar bielas	23,8
	54,4	

PT2	Montar o botão	25
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo NEUTRO	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Encaixar o conjunto neutro no botão	6,4
	Montar interbase	10,2
	Encaixar peça branca e verde tipo 1	4,8
	55,3	

PT3	Colocar interbase no dispositivo	2,1
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto (botão + neutro) na interbase	6,4
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON2	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Encaixar borne	2,9
	Encaixar tampa	3,2
	Ajustar botão	3,4
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo FASE	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Setup	1,2
	Soldar borne à bobina	7
Soldar armadura ao bimetálico	7	
	55,1	

PT4	Montar bobina no conjunto fase	14,9
	Soldar bobina à armadura no conjunto fase	6,2
	Soldar eletro socorrimento no conjunto fase	8,9
	Encaixar pré-montado no dispositivo	5,8
	Inserir a mola	4,1
	Encaixar o conjunto fase	9,5
	Encaixar pino branco	3,5
	52,9	

PT5	Encaixar mola no pino branco	3,7
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo p/ MON3	8,9
	Encaixar os bornes por cima das anilhas	
	Aparafusar bornes e anilhas	
	Encaixar câmara e borne simultaneamente	4,8
	Encaixar peça verde tipo 2	5,2
	Ajustar cordão e botão	5,7
	Encaixar leva	2,7
	Aparafusar com aparafusadora	5,1
	Aparafusar manualmente a peça de cobre	5,7
	Encaixar peça branca tipo 2 na base	5,4
	Encaixar base no conjunto montado	4,8
	Ajustar botão	3,4
		55,4

PT6	Carimbar	3,5
	Prensar rebites	7,2
	Verificações ao botão	2,8
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Térmico)	40,5
		54,3

PT7	Setup	0,3
	Testar aparelho (Magnético)	7,7
	Setup	0,3
	Testar aparelho (Alta Tensão)	5,5
	Setup	0,3
	Desapertar bornes	5,6
	Colocar capa do botão	2,5
	Colocar mostrina	2,8
	Encaixar botão e mostrina	2,8
	Setup	0,7
	Inspeção visual	1,6
	Colar a etiqueta cinzenta em cada aparelho	5,8
	Abrir a caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa individual	4,6
	Testar manualmente o botão e colocar na caixa individual	3,4
	Colar a etiqueta na caixa intermédia e abrir	0,7
	Fechar caixa individual e colocar na caixa intermédia	2,7
	Fechar a caixa intermédia	0,2
	Montar a caixa exterior	0,6
	Carimbar caixa exterior	0,1
	Colocar caixa intermédia na caixa exterior	0,2
	Fechar caixa exterior	0,4
	Colar etiqueta na caixa exterior	0,2
Passar o código de barras no leitor	0,2	
	53,0	

APÊNDICE 29 – DIFERENÇAS PROCESSUAIS DAS PROPOSTAS DE BALANCEAMENTO MINI

Tabela 83 – Diferenças processuais das propostas de balanceamento MINI

PT	Proposta 1	Proposta 2	Proposta 3	Proposta 4
1	Soldaduras: contacto+prata, cordão+contacto, borne+cordão, bimetal+cordão. Cravar bielas.	Soldaduras: contacto+prata, cordão+contacto, borne+cordão, bimetal+cordão, borne+bobina, armadura+bimetal. Montagem dos Bornes Neutro.	Soldaduras: contacto+prata, cordão+contacto, borne+cordão, bimetal+cordão, borne+bobina. Montagem dos bornes Neutro e Fase.	Soldaduras: contacto+prata, cordão+contacto, borne+cordão, bimetal+cordão. Cravar bielas.
2	Montagem dos bornes Neutro e Fase. Montagem do botão. Soldaduras: borne+bobina.	Cravar bielas. Montagem do botão e encaixe do neutro no botão.	Cravar bielas. Montagem do botão e encaixe do neutro no botão.	Montagem do botão. Montagem dos bornes Neutro. Encaixe do neutro no botão. Montagem da interbase. Iniciar montagem do lado fase da interbase.
3	Encaixe do neutro no botão. Montagem dos Bornes MON2. Montagem da interbase e do lado neutro da interbase. Iniciar montagem do lado fase da interbase.	Montagem dos bornes MON2 e Fase. Montagem da interbase e do lado neutro da interbase. Iniciar montagem do lado fase da interbase.	Montagem dos bornes MON2. Montagem da interbase e do lado neutro da interbase. Iniciar montagem do lado fase da interbase. Soldaduras: armadura+bimetal.	Montagem dos bornes MON2 e Fase. Montagem do lado neutro da interbase. Soldaduras: borne+bobina, armadura+bimetal.
4	Montagem da bobina. Soldaduras: armadura+bimetal, bobina+armadura, eletro socorrimento. Continuar montagem do lado fase.	Montagem da bobina. Soldaduras: bobina+armadura, eletro socorrimento. Continuar montagem do lado fase.	Montagem da bobina. Soldaduras: bobina+armadura, eletro socorrimento. Continuar montagem do lado fase.	Montagem da bobina. Soldaduras: bobina+armadura, eletro socorrimento. Iniciar montagem do lado fase da interbase.
5	Montagem dos bornes MON3. Terminar montagem do lado fase. Ajustar botão.	Montagem dos bornes MON3. Terminar montagem do lado fase. Ajustar botão.	Montagem dos bornes MON3. Terminar montagem do lado fase. Ajustar botão.	Montagem dos bornes MON3. Terminar montagem do lado fase. Ajustar botão.
6	Prensar rebites. Verificações ao botão. Carimbar. Teste térmico.	Prensar rebites. Verificações ao botão. Carimbar. Teste térmico.	Prensar rebites. Verificações ao botão. Carimbar. Teste térmico.	Prensar rebites. Verificações ao botão. Carimbar. Teste térmico.
7	Teste Magnético. Teste Alta Tensão. Desapertar bornes. Embalagem.	Teste Magnético. Teste Alta Tensão. Desapertar bornes. Embalagem.	Teste Magnético. Teste Alta Tensão. Desapertar bornes. Embalagem.	Teste Magnético. Teste Alta Tensão. Desapertar bornes. Embalagem.

APÊNDICE 30 – PROPOSTAS DE BALANCEAMENTO MDIF

Proposta 1

Tabela 84 – Proposta de balanceamento 1 - MDIF

PT1	Setup	1,4
	Soldar primários neutros aos bornes	16,1
	Soldar terciário ao primário	11,9
	Soldar primário fase com o terciário ao borne	9,2
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo	5,6
	Aparafusar anilhas e conjunto da SOLDADURA DIF	12,4
	Colocar fita-cola na placa	7,4
	Encaixar primário fase na placa	8,3
	Soldar terciário à placa	31,6
	Encaixar primário neutro na placa	9,1
		113,0
PT2	Colocar protetor dos primários 1	10,3
	Colocar protetor dos primários 2	5,1
	Encaixar placa na tampa	11,1
	Colocar a base no dispositivo	3,6
	Colocar peça verde tipo 1 DIF	3,6
	Colocar arame	8,16
	Colocar peça verde tipo 2 DIF	4,1
	Teste do rele	14,3
	Preparar rele	20,6
	Montar rele	29,5
		110,4
PT3	Encaixar tampa e base	19,2
	Colocar peça de acoplar tipo 1	4
	Terminar encaixe	4,3
	Aparafusar	10,2
	Montar botão e mostrina	25,1
	Setup	0,3
	Testar aparelho DIF	37,7
	Colocar lacre no DIF	2,3
	Carimbar DIF	4,2
	Encaixar peça de acoplar tipo 2	4,2
		111,5

PT4	Acoplar MINI + DIF	8,1
	Aparafusar MDIF	3,4
	Setup	0,3
	Testar aparelho acoplado	33,5
	Terminar encaixe da peça de acoplar tipo 2	2,7
	Terminar encaixe da peça de acoplar tipo 1	5
	Desaparafusar MDIF	5,9
	Setup	0,7
	Colar a etiqueta cinza em cada aparelho	5,8
	Montar a caixa exterior	1,2
	Carimbar caixa exterior	0,2
	Colar a etiqueta na caixa individual	4,6
	Abrir a caixa individual	4,9
	Dobrar manual no aparelho e inserir na caixa individual	8,6
	Fechar caixa individual e colocar na caixa exterior	4,0
	Fechar caixa exterior	0,9
	Colar etiqueta na caixa exterior	0,5
	Passar o código de barras no leitor	0,4
		90,7

Proposta 2

Tabela 85 – Proposta de balanceamento 2 - MDIF

1	Colocar a base no dispositivo	3,6
	Colocar peça verde tipo 1 DIF	3,6
	Colocar arame	8,16
	Colocar peça verde tipo 2 DIF	4,1
	Teste do rele	14,3
	Preparar rele	20,6
	Montar rele	29,5
	Inserir as anilhas nas cavidades do dispositivo	5,6
	Aparafusar anilhas e conjunto da SOLDADURA DIF	12,4
	Colocar fita-cola na placa	7,4
		109,3

2	Setup	1,4
	Soldar primários neutros aos bornes	16,1
	Soldar terciário ao primário	11,9
	Soldar primário fase com o terciário ao borne	9,2
	Encaixar primário fase na placa	8,3
	Soldar terciário à placa	31,6
	Encaixar primário neutro na placa	9,1
	Colocar protetor dos primários 1	10,3
	Colocar protetor dos primários 2	5,1
	103,0	

3	Encaixar placa na tampa	11,1
	Encaixar tampa e base	19,2
	Colocar peça de acoplar tipo 1	4
	Terminar encaixe	4,3
	Aparafusar	10,2
	Montar botão e mostrina	25,1
	Setup	0,3
	Testar aparelho DIF	37,7
		111,9

4	Encaixar peça de acoplar tipo 2	4,2
	Colocar lacre no DIF	2,3
	Carimbar DIF	4,2
	Acoplar MINI + DIF	8,1
	Aparafusar MDIF	3,4
	Setup	0,3
	Testar aparelho acoplado	33,5
	Terminar encaixe da peça de acoplar tipo 2	2,7
	Terminar encaixe da peça de acoplar tipo 1	5
	Desaparafusar MDIF	5,9
	Setup	0,7
	Colar a etiqueta cinza em cada aparelho	5,8
	Montar a caixa exterior	1,2
	Carimbar caixa exterior	0,2
	Colar a etiqueta na caixa individual	4,6
	Abrir a caixa individual	4,9
	Dobrar manual no aparelho e inserir na caixa individual	8,6
	Fechar caixa individual e colocar na caixa exterior	4,0
	Fechar caixa exterior	0,9
	Colar etiqueta na caixa exterior	0,5
Passar o código de barras no leitor	0,4	
	101,4	

APÊNDICE 31 – DIFERENÇAS PROCESSUAIS DAS PROPOSTAS DE BALANCEAMENTO MDIF

Tabela 86 – Diferenças processuais das propostas de balanceamento MDIF

PT	Proposta 1	Proposta 2
1	Soldaduras dos primários ao borne Neutro e Fase. Montagem dos bornes. Iniciar montagem da tampa.	Montagem da base. Montagem dos bornes.
2	Terminar montagem da tampa. Montagem da base.	Soldaduras dos primários ao borne Neutro e Fase. Iniciar montagem da tampa.
3	Terminar montagem do aparelho. Teste da parte diferencial. Lacre. Carimbo.	Terminar montagem do aparelho. Teste da parte diferencial.
4	Acoplar. Teste do produto acoplado. Embalagem.	Lacre. Carimbo. Acoplar. Teste do produto acoplado. Embalagem.

APÊNDICE 32 – CÁLCULO DO NÚMERO DE OPERADORAS

Tabela 87 – N° de operadoras (produção atual)

PRODUÇÃO ATUAL			
MINI			
TT (s)	T processamento (s)	Fator de atividade (%)	N°operadoras
305,2	379,8	100	1,2
305,2	379,8	95	1,3
305,2	379,8	90	1,4
MDIF			
834,7	425,5	100	0,5
834,7	425,5	95	0,5
834,7	425,5	90	0,6

APÊNDICE 33 – MATRIZ DE POLIVALÊNCIA APÓS IMPLEMENTAÇÃO

Tabela 88 – Matriz de polivalência após implementação

MATRIZ DE POLIVALÊNCIA - APÓS IMPLEMENTAÇÃO						
OPERADORA/ OPERAÇÃO	Operadora 1		Operadora 2		Operadora 3	
PT1						
PT2						
PT3						
PT4						
PT5						
PT6						
PT7						
PT8						
PT9						
PT10						
PT11						
PT12						

LEGENDA

		Não sabe fazer

		Sabe fazer mas sem prática

		Sabe fazer e tem alguma prática

		Expert, consegue dar formação

APÊNDICE 34 – STOCK DE MATÉRIA-PRIMA FINAL

Tabela 89 – Stock de matéria-prima final da célula MINI/MDIF

STOCK DE MATÉRIA-PRIMA FINAL					
PT	Designação em sistema	Código	Consumo p/ aparelho	Quantidade	Custo (UM)
PT1	BIMETAL 6A METALIMPHY MINI	54221064	1	1000	197,17
PT1	BIMETAL 10A METALIMPHY MINI	54221072	1	1000	191,38
PT1	BIMETAL 16A METALIMPHY MINI	54221080	1	1000	201,21
PT1	BRAZED PASTE Ag30CuZnSn	28000412	-	-	28,21
PT1	CALIBRED.SPOOL 6A MINIAUTOMAT.RV.C	54213020	1	500	88,62
PT1	CALIBRED.SPOOL 10A MINIAUTOMAT.RV.E	54213038	1	500	79,09
PT1	16A COIL MINI RCBO RV.E	54212055	1	500	70,70
PT1	TERMINAL OF NEUTRAL MINIATURE RV. F	54212139	1	500	20,00
PT1	TERMINAL OF PHASE MINIATURE RV.E	54212121	1	1000	11,32
PT1	CLAMPING SCREW SMALL PLATE MINIAT.RV.G	54212154	2	1000	20,00
PT1	SCREW M3,5 RV.D	58211871	2	1000	5,34
PT2	RIGHT CONNECTING ROD MINIAUTOMATIC RV.D	54211974	1	1000	8,67
PT2	LEFT CONNECTING ROD MINIAUTOMATIC RV.C	54211982	1	1000	8,69
PT2	LATE FASE CONNECT.ROD MINIAUT.NSC RV.B	54228242	1	1000	15,30
PT2	LATE NEUTRAL CONNECT.ROD MINIAUT.NSC R.B	54228259	1	1000	15,30
PT2	THREAD CONNECTING ROD MINIATURE RV.E	54212071	1	1000	27,17
PT2	6A SUBKAY YELLOW RV.A	54226931	1	500	13,93
PT2	10A SUBKAY RED RV.A	54226923	1	600	16,86
PT2	16A SUBKAY NATURAL RV.A	54226915	1	600	16,90
PT2	6A SUBKAY MINI YELLOW CHORUS RV.A	54228234	1	300	8,01
PT2	10A SUBKAY MINI RED CHORUS RV.A	54228226	1	360	6,62
PT2	16A SUBKAY MINI NATURAL CHORUS RV.A	54228218	1	360	9,87
PT2	SLOT COUPLER MINIAUTOM.	54226949	1	1000	44,94
PT2	UNCOPLING LEVER RETURN SPRING	58610528	1	1000	13,29
PT2	SUBKEY PIVOT MINIATURE RV.B	58510272	1	1000	19,05
PT2	SUBKAY RETURN SPRING RV.B	58610510	1	1000	46,35
PT2	SHORTMOBIL CONTACT-TUBE RV.A-B	54224480	4	4000	18,72
PT2	SUBKEY PIVOT MINI NSC	58510868	2	2000	14,84
PT3	MINI RCBO MOBIL CONT.LINE POLE SPRING RD	58610353	1	1000	13,87
PT3	CLAMPING SCREW SMALL PLATE MINIAT.RV.G	54212154	1	1000	20,00
PT3	SCREW M3,5 RV.D	58211871	1	1000	5,34
PT3	NEUTRAL FIXED CONTACT RV.A	54218037	1	1000	52,24
PT3	MOBILE CONTACT PIVOT MINIATURE RV A	58510264	2	2000	7,22
PT3	MINI RCBO 1P+N COVER RV.B	54221619	1	1000	54,07
PT3	INTERMEDIATE BASE 1P+N RV.B	54221643	1	700	48,84
PT3	MINI RCBO 1P+N COVER NSC RV.F	54227491	1	130	7,41
PT3	INTERMEDIATE BASE 1P+N MINI NSC RV.F	54227525	1	80	5,76
PT3	INTERMEDIATE BASE 1P MINI NSC RV.F	54227517	1	80	4,96
PT3	INTERMEDIATE BASE 1P MINI RV.B	54221650	1	800	56,22
PT3	INTERMEDIATE BASE 25A MINI RV.A	54226022	1	600	47,50
PT3	COVER MINI 25A	54226071	1	1000	61,78
PT3	NEUTRAL FIXED CONTACT 25A RV.B	54222443	1	1000	208,97
PT3	RELEASE LEVER MINIAUTOMATIC RV.L	54211990	1	1000	20,35
PT3	MINI RCBO LEFT DRAG ARC PALTE RV.F	54212014	1	800	10,61
PT3	NEUTRAL SMALL PLATE CONN.MINIAUT.	54214887	1	1000	27,06
PT3	LINE FIXED CONTACT MINI RV.E	54212105	1	400	12,65
PT3	SMALL PLATE CONN.1P MINI NSC	54227590	1	600	101,35
PT3	MINI RCBO 1P COVER RV.B	54221627	1	1200	65,16

PT3	MINI RCBO 1P COVER NSC RV.F	54227483	1	130	6,28
PT3	MINIAUTOMATIC MAGNETIC SHELL RV. I	54212030	1	900	33,05
PT4	MINIAUTOMATIC CORE COIL RV.D	54211966	1	1000	17,39
PT4	MOBILE CORE MINI	54220066	1	1000	45,63
PT4	FIXED CORE MINIATUR. RV.E	54212162	1	1000	47,03
PT4	MAGNETIC RETURN SPRING RV.A	58610346	1	1000	8,37
PT4	MAHNETIC CORE SPRING RV.A	58611393	1	1000	7,02
PT4	BRAZED PASTE Ag6CuP	28000420	-	-	17,31
PT4	ELECTRO SLIDING PHASE MINIATU RV.C	54212089	1	1000	18,08
PT4	REALESE LEVER PIVOT RV.A	54215231	1	1000	118,52
PT4	MINI RCBO MOBIL CONT.LINE POLE SPRING RD	58610353	1	1000	13,87
PT5	LEVER DIFF. DELAY RV.A2	54212246	1	1000	14,61
PT5	RELEASE TERMIC LEVER MINI NSC	54227566	1	1000	36,96
PT5	BELL LINE FIXED CONTACT RV.B	54218029	1	500	26,30
PT5	CLAMPING SCREW SMALL PLATE MINIAT.RV.G	54212154	1	1000	20,00
PT5	SCREW M3,5 RV.D	58211871	1	1000	5,34
PT5	LINE FIXED CONTACT 25A RV.B	54222450	1	500	109,86
PT5	MINI RCBO DEJON CELL RV.D AS.	64211089	1	2200	323,27
PT5	TERMIC REGULATION DOWEL MINIATURE RV L	58211889	1	1000	5,21
PT5	SMALL PLATE BIMETAL REGOL.MINIATURE RV.A	54215389	1	1000	16,11
PT5	MINI RCBO RIGHT DRAG ARC PALTE RV.G	54212006	1	1000	11,64
PT5	MINI RCBO CASE DEFINITIV MOULD RV.C	54221668	1	1000	60,30
PT5	CASE MINI X DIFF.LE NSC RV.D	54227467	1	120	7,54
PT5	RELEASE TERMIC LEVER SOCKET INT.NSC	54227574	1	400	9,93
PT5	CASE 25A MINI RV.A	54226063	1	120	8,16
PT5	CASE 1P/1P+N MINI NSC RV.D	54227459	1	120	8,07
PT6 - T Mg	MINI RIVET RV.D2	54222468	1	1000	4,02
PT7 - EMB	CLOSING BASE LID MINIATURE RV.C	54212253	1	1000	15,32
PT7 - EMB	MINI RCBO BOTTON SYSTEM RV.E	54211941	1	800	21,40
PT7 - EMB	SYSTEM BUTTON BK	54220678	1	400	10,40
PT7 - EMB	RED BUTTON SYSTEM RV.E	54220348	1	350	11,21
PT7 - EMB	GREY L.MINI RCBO BOTTON CHORUS RV.A	54231998	1	400	23,50
PT7 - EMB	MINI RCBO BOTTON PLAYBUS RV.D	54213129	1	350	17,80
PT7 - EMB	PRIN.PLA.CO.G.1M C10 NSC RV.A	64272586	1	160	18,67
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COVER MINI.25A SYS.BK	64238025	1	160	48,87
PT7 - EMB	RED MINI C6 SYSTEM PRINTINIG	64241649	1	160	105,60
PT7 - EMB	RED MINI C10 SYSTEM PRINTINIG	64241656	1	160	107,70
PT7 - EMB	RED MINI C16 SYSTEM PRINTINIG	64241664	1	160	40,46
PT7 - EMB	PRIN.PLA.CO.VERN.MINI AUT.C.6 NSC RV.A	64264278	1	160	36,96
PT7 - EMB	PRIN.PLA.CO.VERN.MINI AUT.C.10 NSC RV.A	64264286	1	160	36,96
PT7 - EMB	PRIN.PLA.CO.VERN.MINI AUT.C16 NSC RV.A	64264294	1	160	36,95
PT7 - EMB	PRIN.PLA.CO.G.1M C16 NSC RV.A	64272594	1	160	21,46
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COVER MINIAT.C16PLAY.RV.B	64218076	1	160	26,35
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COV.MINIAT.C6 PLAY.RV.B	64218050	1	160	51,23
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COVER MINI.C10 PLAY RV.B	64218068	1	160	54,03
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COVER MINI.C6 SYSTEM GP	64242738	1	160	48,50
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COVER MINI.C10 SYS.BK	64242746	1	160	32,47
PT7 - EMB	PRINTING PLATE COVER MINI.C16 SYS.BK	64242753	1	160	30,75
PT7 - EMB	PRIN.PLA.CO.MINI AUT. C.6 NSC RV.A	64272578	1	160	15,45
PT7 - EMB	CUSTOMIZED 9M PRIMARY PACKAGE	78025541	1	320	12,66
PT7 - EMB	PERSONALIZATION BOX 2 MBCH	70093521	1	100	18,88
PT7 - EMB	CUSTOMIZED 2MB PRIMARY PACKAGE PLAYBUS	78026069	1	100	5,59
PT7 - EMB	CUSTOMIZED 8M PRIMARY PACKAGE	78025533	1	300	5,71
PT7 - EMB	SCATOLA 1MB PLAY PERSONALIZZABILE	78026051	1	200	7,26
PT7 - EMB	PERSONALIZATION BOX 1 MBCH	70093489	1	200	4,54
PT7 - EMB	INTERMEDIATE PACKAGEE S7 SYSTEM	78025475	-	20	4,97

PT7 - EMB	HOLE COVER TERMINAL MINI NSC RV.C	54227533	1	400	7,52
PT7 - EMB	HOLE TERMINAL COVER 1P MINI.RV.B	54214879	1	500	11,16
PT7 - EMB	FOGLIO ISTRUZIONI MINIDIFF.PLAYBUS 6°E	70191317	1	150	5,73
PT7 - EMB	FOGLIO ISTR.AUTOMATICO DIFF.LE 5°E	70195656	1	150	5,10
PT7 - EMB	FOGLIO ISTRUZIONI MINIDIFF.SYSTEM 7°E	70191309	1	150	3,50
PT7 - EMB	FOGLIO ISTRUZIONI SMALTIMENTO 3°E V18	78033123	1	250	3,12
PT7 - EMB	SHIPPING PACK.T303-INT.DIM.250X155X70	78017662	-	20	3,33
PT7 - EMB	SHIPPING PACK.T411-INT.DIM.280X200X105	78019296	-	20	4,17
PT7 - EMB	CARTONE TA4 V.15	78031937	-	12	1,88
PT7 - EMB	CARTONE TP35 V.15	78032208	-	12	3,33
PT7 - EMB	TRANSPARENT ADHESIVE TAPE 75MM WITH LOGO	78020104	-	2	1,74
PT7 - EMB	PERSONALIZATION BOX 3 MBCH	70093505	-	24	4,70
PT7 - EMB	INTERMEDIATE PACKAGE S8CH	70095831	-	24	5,96
PT7 - EMB	FOGLIO ISTRUZIONI GW1x311-312 4°E	70195409	1	24	0,72
PT7 - EMB	FOGLIO ISTRUZIONI GW1x321-322 4°E	70195417	1	24	0,72
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.G.2M C6 10MA NSC RV.A	64272701	1	60	9,68
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.G.2M C10 10MA NSC RV.A	64272719	1	160	95,87
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.G.2M C16 10MA NSC RV.A	64272727	1	60	11,48
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.G.2M C6 30MA NSC RV.A	64272735	1	60	9,20
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.G.2M C10 30MA NSC RV.A	64272743	1	60	9,53
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.G.2M C16 30MA NSC RV.A	64272750	1	60	30,03
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIFF.C6 10MA RVA	64265358	1	60	16,09
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C10 10MA RVA	64264591	1	160	138,75
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C16 10MA RVA	64264609	1	160	158,51
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C10 30MA RVA	64264617	1	24	6,41
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIF.C16 30MA RVA	64264625	1	60	16,10
PT7 - T MDIF	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/DIFF.C6 30MA R.A	64265366	1	60	16,06
PT7 - T MDIF	YELLOW TEST BUTTON RV.B	54228051	1	400	6,24
PT7 - T MDIF	MINI RCCB 10MA PLAY.DATA LABEL	54215280	1	400	8,23
PT8	FLEXIBLE WIRE FOR LINE TERMINAL RV.B	54217955	1	200	10,02
PT8	WIRE 0,25 mmq L.60 BLUE RV.C-E	54227376	1	300	10,80
PT8	NEUTRAL CONNECTIONS MINI RCBO RV.B	54212378	1	300	81,83
PT8	LINE CONNECTIONS MINI RCBO RV.A	54212386	1	300	85,24
PT8	LINE CONNECTIONS MINI RCBO CH.RV.A	54227723	1	400	29,04
PT8	NEUTRAL CONNECTIONS DIF.MINI CH.RV.A	54227731	1	300	22,59
PT8	NEUTRAL TERMINAL MINIDIFF.RV.D	54212360	1	300	10,17
PT8	TERMINAL OF PHASE MINIATURE RV.E	54212121	1	1000	11,32
PT8	BRAZED PASTE Ag6CuP	28000420	-	-	17,31
PT8	SOCK.UNEL NEUTRAL CONNECTIONS+AUT.RV.B	54228119	1	48	2,48
PT8	ALVEOLO DI FASE PRESA UNEL BIV.CH NEW	50081561	2	96	4,11
PT8	SOCK.UNEL PHASE CONNECTIONS+AUT.RV.B	54228127	1	48	3,24
PT8	SOCK.IT.NEU.CONNECTIONS+AUT.MINI CH.RV.B	54227830	1	48	2,32
PT8	SOCK.IT.PH.CONNECTIONS+AUT.MINI CH.R.B	54227848	1	48	2,99
PT8	LINE SOCKET CONT.NEU.SOCK.IT.MINI CH R.A	54227814	2	96	4,97
PT8	CONTACT SMALL PLATE MT-MINI RV.H	54210083	2	2000	179,22
PT8	MINI RCBO MOBILE CONTACT RV.H	54212097	2	1000	19,84
PT8	PLATED CONDUCTOR NEUTRAL MINI RCBO RV.A	54212196	1	500	12,55
PT8	PLATED CONDUCTOR NEUTRAL MINI RCBO RV.A	54212188	1	500	10,66
PT8	MOBILE CONTACT Cu 25A MINI	64376163	2	2000	82,24
PT8	FASE TERMINAL 25A RV.A	54222435	1	1000	55,73
PT8	NEUTRAL TERMINAL 25A RV.A	54222427	1	1000	78,65
PT8	PLAIT 20-50A MT RV.H	54214341	2	1000	28,13
PT8	ADHESIVE TAPE 0.075X15 TPANSP.	805905232	-	-	9,40
PT8	ELECTRO 30MA MINI RCBO RV.D AS.	64225907	1	600	3 283,06
PT8	ELECTR.10MA MINI RCBO RV.D AS.	64216658	1	600	3 334,45

PT8	ELECTR.BOARD 10MA MINIDIFF.NSC RV.A AS.	64265309	1	600	3 708,83
PT8	ELECTR.BOARD 30MA MINIDIF.NSC RV.A (J)AS.	64265317	1	600	3 747,22
PT8	CLAMPING SCREW SMALL PLATE MINIAT.RV.G	54212154	2	1000	20,00
PT8	SCREW M3,5 RV.D	58211871	2	1000	5,34
PT9	TERMINALS SUPPORTER MINIDIFF. RV.I	54212287	1	150	10,29
PT9	CONNECTION COVER MINIDIFF RV.D	54212329	1	150	9,86
PT9	COVER DIFF.MINI NSC RV.D	54227640	1	100	7,67
PT9	MINI RCBO COVER RV.E	54212279	1	150	12,19
PT9	COVER DIFF.SOCKET INT.MINI NSC RV.D	54227657	1	24	1,55
PT9	CASE DIFF.MINI NSC RV.E	54227616	1	80	6,72
PT9	MINI RCBO CASE RV.G	54212261	1	120	10,14
PT9	CASE DIFF.SOCKET INT.MINI NSC RV.E	54227624	1	24	1,71
PT9	RELEASE SLIDE MINIDIFF.RV.E	54212295	1	300	16,62
PT9	TEST SPRING RV.D	58610882	1	300	9,60
PT9	SLIDE OPEN.PROBE CURCUIT MINI RCBO RV.F	54212303	1	300	11,09
PT9	SLIDE OPEN.PROBE CURCUIT DIFF.CH RV.A	54228267	1	400	11,00
PT9	RELEASE RELAY MINIDIFF.RV.B AS.	64217607	1	100	168,61
PT9	RELEASE RELAY DIFF.AS.NSC	64281272	1	100	153,83
PT9	CLAMP SUP.RCCB/SOCKET WITH BLOCK RV.A	54227673	1	300	4,19
PT9	TRIPPING LEVER DIFF.MINI NSC RV.C	54227707	1	400	13,08
PT9	RIVET TERMINAL SPRING	58610361	1	300	8,21
PT9	TRIPPING LEVER SPRING DIFF.NSC	58611666	1	300	10,38
PT9	TRIPPING LEVER SPRING DIFF.NSC	54227715	1	100	3,26
PT10	SPRING-ASSEMBLY AUT.SCREEN SOCKET	50035641	1	48	0,30
PT10	EARTH SOCKET IT.CONT.CHORUS	60043650	1	48	3,59
PT10	SCREEN SUPPORT IT.SOCKET MINI CH RV.D	54227764	1	48	1,85
PT10	SOCKET-OUTLET SAFETY SHUTTER CHORUS	50088673	1	48	0,50
PT10	SLIDER IT.SOCKET MINI CH.RV.B	54227772	1	48	2,05
PT10	UNEL BIV.SOCKET SLIDER RV.B	54228101	1	48	2,21
PT10	AS.EARTH UNEL-BIV.STD SOCKET OUTLET 2016	60108677	1	48	9,88
PT10	SECURITY-SCREEN UNEL SOCKET CHORUS	50088699	1	48	0,42
PT10	UNEL SOCKET OUT-LET SHIELD SUPPORT CH.	50069756	1	48	0,83
PT10	UNEL SOCKET BOTTOM RV.D	54228077	1	24	3,20
PT10	ITALY SOCKET BOTTOM MINI CH RV.C	54227756	1	24	2,33
PT10	PRIN.PLA.CO.G.4M AUT/DIF/PR UN.C16A 10MA	64272883	1	24	24,06
PT10	PRIN.PLA.CO.VER.4M AUT/DIF/SOC.UNEL RV.A	64265747	1	24	10,86
PT10	PRIN.PLA.CO.G.2M AUT/PR.IT C16 RV.A	64272842	1	24	23,37
PT10	PRIN.PLA.CO.VER.3M AUT+SOC.UNEL C16 RV.A	64265689	1	24	19,23
PT10	PRIN.PLA.CO.VERN.2M AUT/SOCK. IT.C16 RVA	64265473	1	24	7,72
PT10	PRIN.PLA.CO.G.3M AUT/PR.UNEL C16A RV.A	64272859	1	24	25,39
PT10	PRIN.PLA.CO.VERN.3M AUT/DIF/SOCK.IT.RV.A	64265739	1	24	7,54
PT10	PRIN.PLA.CO.G.3M AUT/DIF/PR IT C16 10MA	64272875	1	24	22,83
PT11	ELECTRO CARD PROTECTION MINIDIFF RV.A	54215439	1	400	16,78
PT11	SCREW AF 2,2X16 RV.B-C	58110750	2	600	15,20
PT11	TEST BUTTON SPRING	58610957	1	300	4,59
PT11	TEST BUTTOM SY RV.F	54212337	1	300	8,54
PT11	TEST BOTTON MINI RCCB PALYBUS RV.H	54212428	1	400	10,13
PT11	TEST BUTTOM SY/BK	54220983	1	400	10,53
PT11	PLATE COVER MINI RCCB RV.E	54212410	1	100	4,42
PT11	PRINTING PLATE COVER MINI.10MA GP	64242829	1	100	63,75
PT11	PRINTING PLATE COVER MINIDIFF.30MA GP	64242894	1	120	25,22
PT11	SECURITY HOOK MINIDIF RV.E	54212204	1	300	13,78
TOTAL				99020	20 200,10

APÊNDICE 35 – VSM APÓS IMPLEMENTAÇÃO MINI 1P+N SYSTEM

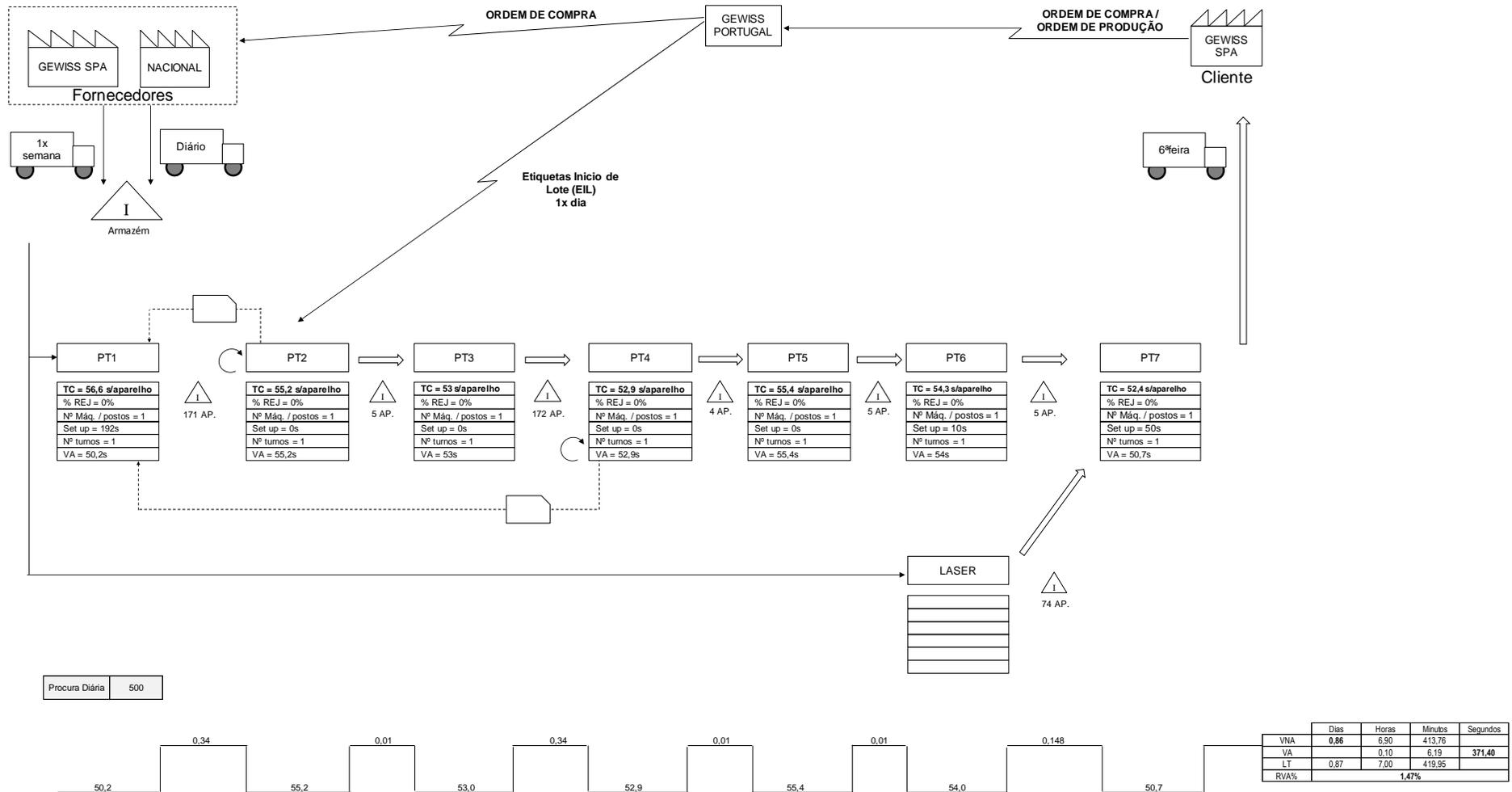


Figura 176 – VSM Após implementação MINI 1P+N SYSTEM

APÊNDICE 36 – VSM APÓS IMPLEMENTAÇÃO MDIF 1P+N SYSTEM

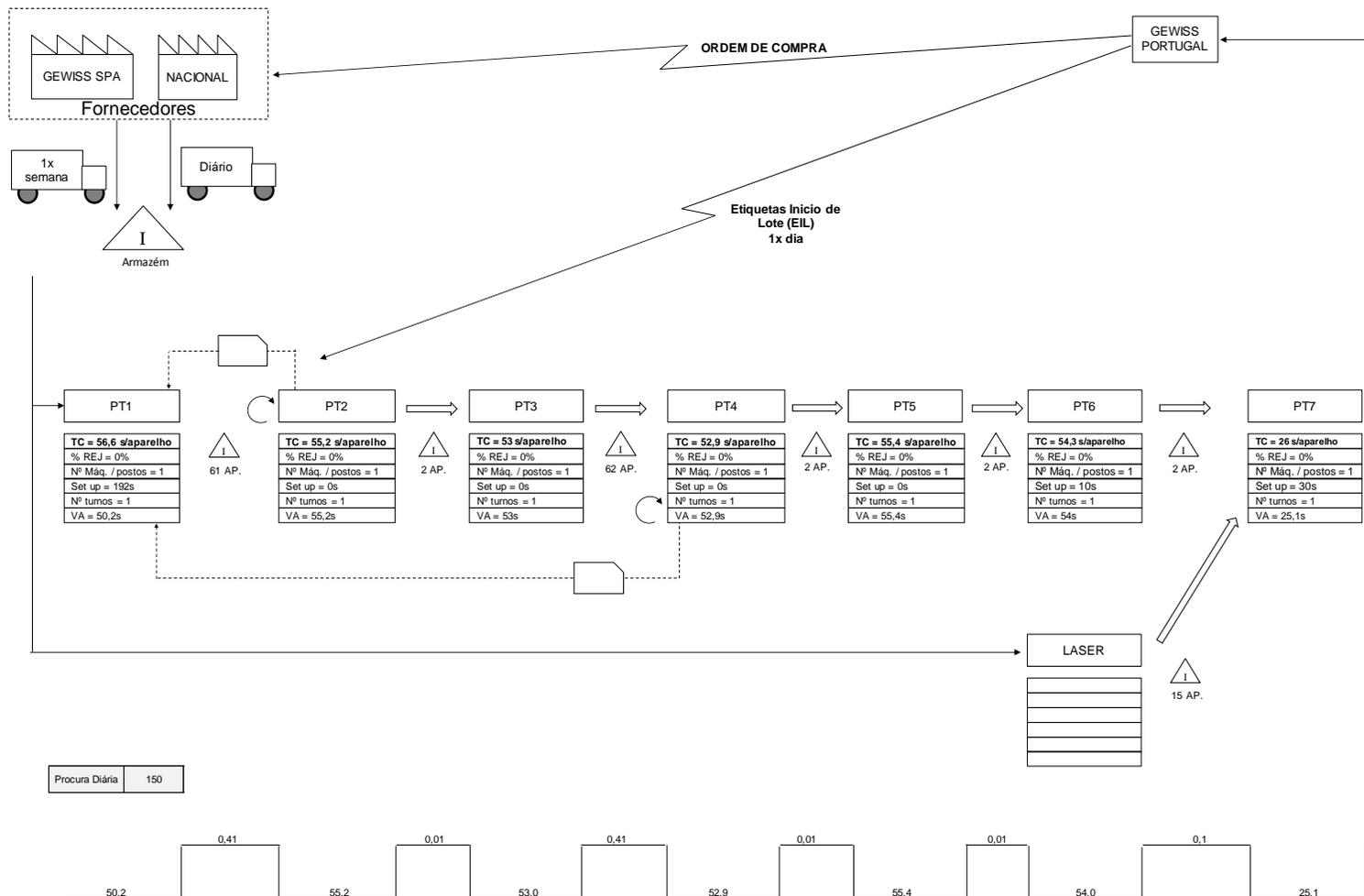


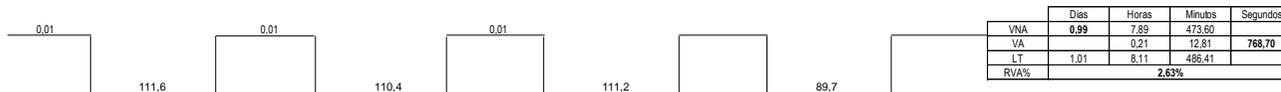
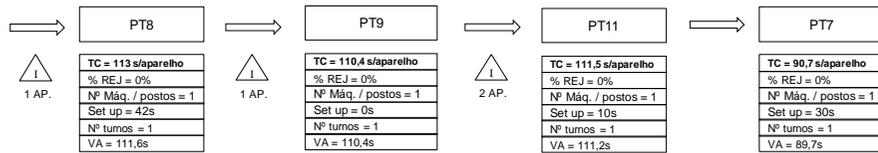
Figura 177 – VSM Após implementação MDIF 1P+N SYSTEM

ORDEM DE COMPRA /
ORDEM DE PRODUÇÃO

GEWISS
SPA

Cliente

6ªfeira



APÊNDICE 37 – CÁLCULO DE ÁREA LIVRE E OCUPADA APÓS IMPLEMENTAÇÃO

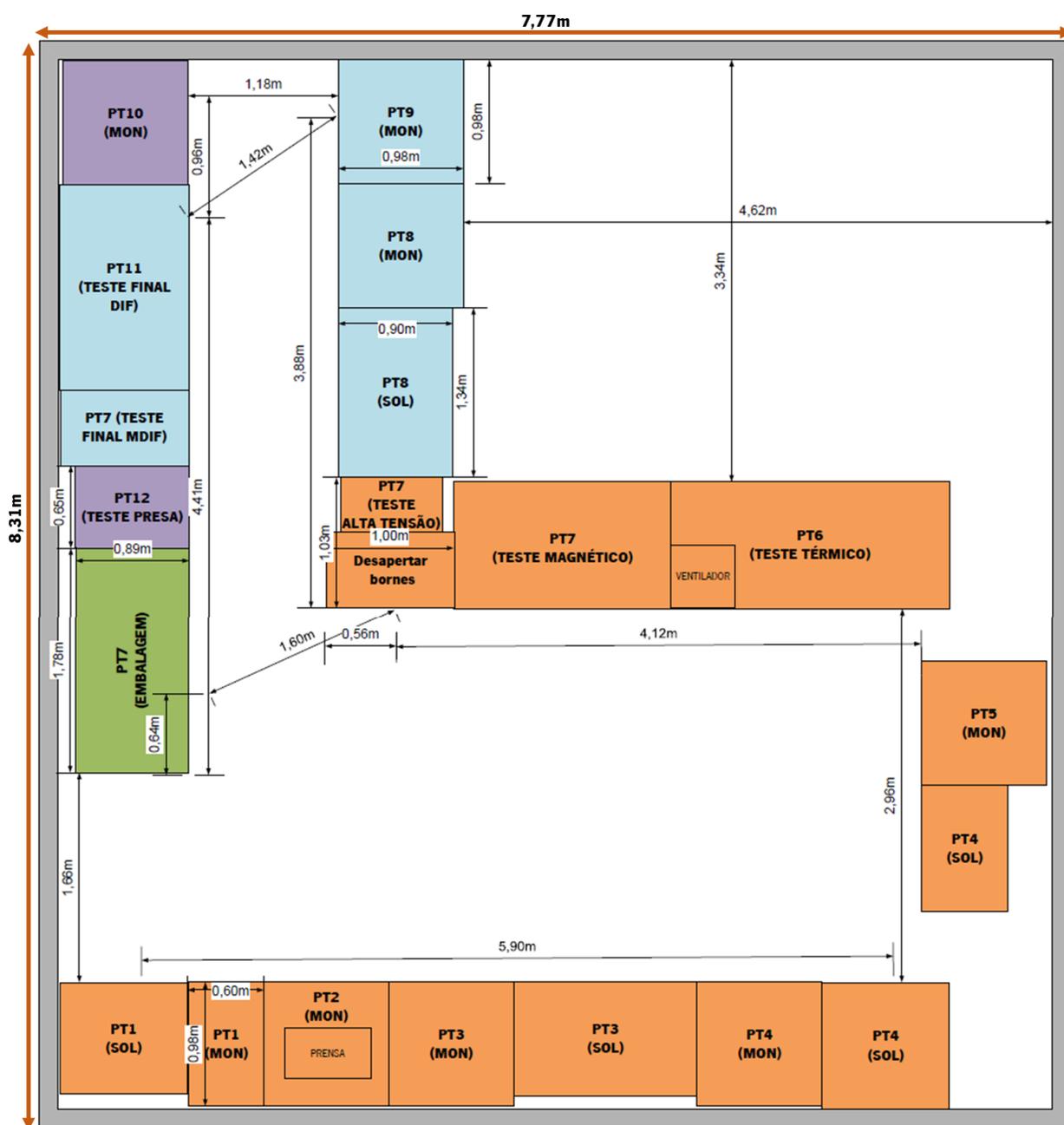


Figura 178 – Novo layout com medidas

Tabela 90 – Cálculo da área total, área ocupada e área livre útil

LOCAL	ÁREA (m2)
PT1	1,47
PT2	0,96
PT3	1,24
PT4	2,64
PT5	0,96
PT6	2,20
PT7	4,91
PT8	2,17
PT9	0,96
PT10	0,96
PT11	1,62
PT12	0,58
Área total	64,57
Área ocupada	20,67
Área livre útil	15,43

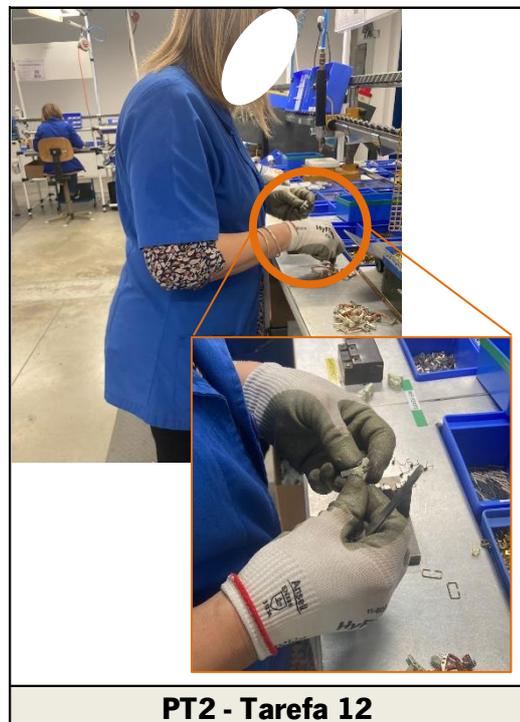
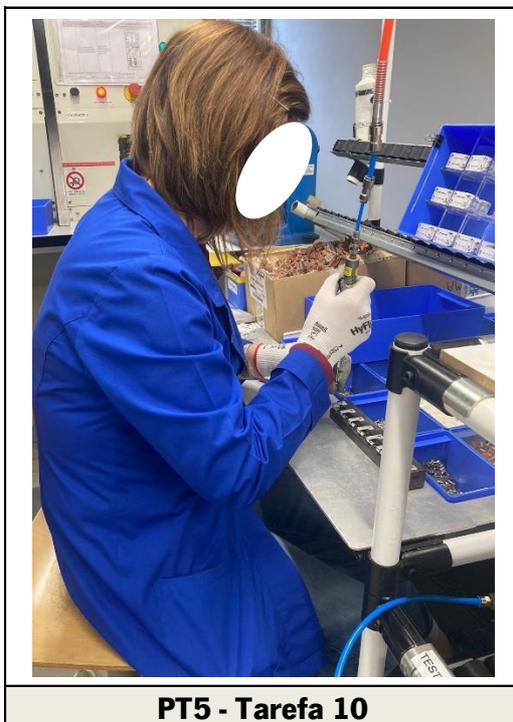
APÊNDICE 38 – RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA ANALISTA APÓS IMPLEMENTAÇÃO (MÉTODO EWA)

Tabela 91 – Avaliação da analista após implementação (Método EWA)

AVALIAÇÃO DA ANALISTA		
Elemento da <i>checklist</i>	Pontuação	Comentários
Espaço de trabalho	2	Todos os postos têm espaço suficiente e têm uma altura adequada. As cadeiras são as mesmas, no entanto há equilíbrio entre postos de pé/sentados.
Atividade física geral	2	Existem alguns picos de produção mas sem sobrecarga.
Posturas e movimentos	2	Na generalidade, as posturas que apresentavam risco foram eliminadas/melhoradas.
Risco de acidente	1	Posturas com risco de LMERT foram eliminadas/melhoradas. Máquinas de soldar apresentam risco razoável sem severidade (nunca foi registada nenhuma ocorrência).
Conteúdo de trabalho	2	As operadoras executam as tarefas não sendo responsáveis pelo planeamento.
Repetitividade do trabalho	2	Tempo de ciclo adequado.
Nível de atenção	2	EIL mais completa. Maior atenção nos testes para agir de acordo com os resultados.
Iluminação	1	Valores de iluminância entre 1015 e 1452 lx. Estão dentro dos valores recomendados pela norma ISO 8995 (entre 1000 e 1500 lx).
Ambiente térmico	2	Temperatura ambiente razoável (23,5°C). Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de agosto refere valores entre 18 e 22°C.
Ruído	2	Nível de exposição ao ruído em 8 horas = 67 dB(A).

APÊNDICE 39 – POSTURAS SELECIONADAS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA APÓS IMPLEMENTAÇÃO

Tabela 92 – Posturas selecionadas para aplicação do método RULA após implementação





PT7 (Teste Alta Tensão) - Tarefa 17



PT7 (Desapertar Bornes) - Tarefa 18



PT7 (Teste MDIF) - Tarefa 25

APÊNDICE 40 – APLICAÇÃO DO MÉTODO RULA APÓS IMPLEMENTAÇÃO

© adaptado por LABORATÓRIO DE ERGONOMIA
 Escola de Engenharia de São Carlos de São Carlos
 Tel: 219 310 100 Fax: 219 310 200 e-mail: gerson@lqz.usfsc.br

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flexido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: -1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha da tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: -1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e pés mal apoiados e em postura instável: -2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: -1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna da tabela C

Braço	Pulso			
	rotação	rotação	rotação	rotação
1	1 2 1 2	1 2 1 2	1 2 1 2	1 2 1 2
2	2 2 2 2	2 2 2 2	3 3 3 3	3 3 3 3
3	2 3 2 3	3 3 3 3	3 4 4 4	4 4 4 4
4	1 2 2 2	2 3 3 3	3 3 4 4	4 4 4 4
5	2 2 2 2	2 3 3 3	3 3 4 4	4 4 4 4
6	1 2 3 3	3 4 4 4	4 4 5 5	5 5 5 5

Braço	Pulso						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pescoço	Tronco					
	Pernas	Pernas	Pernas	Pernas	Pernas	Pernas
1	1	2	1	2	1	2
2	1	2	1	2	2	3
3	2	2	2	3	3	4
4	3	3	3	3	4	5
5	4	4	4	4	5	5
6	4	4	4	4	5	6

Braço	Pulso							Pontuação Final
	1	2	3	4	5	6	7+	
1	1	2	3	3	4	5	5	3
2	2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	3	4	5	6	6	
5	4	4	4	5	6	7	7	
6	4	4	5	6	6	7	7	
7	5	5	6	6	7	7	7	
8+	5	5	6	7	7	7	7	

Figura 179 – Método RULA PT4 – Tarefa 7

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 2

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 1

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 4

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés não apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	4
2	3	2	3	3	3	4	5
3	1	2	3	3	3	4	5
3	2	2	3	3	3	4	5
3	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	5
5	1	5	5	5	5	6	7
5	2	5	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5
4	3	3	3	3	3	4	4	5
5	4	4	4	4	4	5	5	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 3

Tabela D (Resumo de Pontuações)

Pontoção B	1
Pontoção de Utilização Muscular	1
Pontoção de Carga/Força	1
Pontoção Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior	3

Figura 180 – Método RULA PT3

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço
 -15° a 15° (+1) | -15° a +15° (+2) | +15° a 45° (+2) | 45° a 90° (+3) | 90°+ (+4)

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço
 60°-90° (+1) | 90° (+2) | 90°+ (+2)

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se enxe com a linha central do corpo ou trabalho na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso
 0° a 20° (+1) | 20° a 45° (+2) | 45° a 60° (+3) | 60° a 75° (+4) | 75° a 90° (+5)

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço
 0° a 10° (+1) | 10° a 20° (+2) | 20° a 30° (+3) | 30° a 45° (+4)

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Passo 10: Verificar posição do tronco
 +1 se o tronco está bem apoiado enquanto sentado; +2 caso tal não aconteça
 +1 standstill; -20° a 20°

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés não apoiados e em postura inclinado: -2

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso							
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação				
1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5
	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6
5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7
7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7

Pontuação Final

4

Figura 181 – Método RULA PT5 - Tarefa 10

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 2

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 2

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 2

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 0

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 2

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/ou pés apoiados e em postura instável: +2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso							
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação				
1	1	2	2	2	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	4	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	5	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	6	6	7	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13
8+	8	9	10	11	12	13	14

Pontoção Final = 2

Tabela D (Pontuação Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13

Figura 182 – Método RULA PT2 - Tarefa 12

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 2

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 2

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 2

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 3

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés mal apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	4
2	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	4	4	5
3	2	2	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	5
4	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	6
5	2	5	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8
6	2	7	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	5	
2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 3

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Pontoção B = 1

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Pontoção Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 2

Figura 183 – Método RULA PT7 (Teste Alta Tensão) - Tarefa 17

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Pontoção final do Braço = 3

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Pontoção final do Antebraço = 2

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja flectido lateralmente (abdução ou adução): +1

Pontoção final do Pulso = 2

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja ligeira rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: +2

Pontoção de Rotação do Pulso = 1

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Pontoção A = 3

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Pontoção de Utilização Muscular = 1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Pontoção de Carga/Força = 0

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

Pontoção final do Pulso e Membro Superior = 4

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: +1

Pontoção do Pescoço = 2

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Pontoção do Tronco = 1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés não apoiados e em postura instável: -2

Pontoção das Pernas = 1

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso					
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação		
1	1	2	2	2	2	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3
1	3	2	3	2	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	4
2	3	2	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	3	4	5
3	2	2	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	5
4	3	3	4	4	5	5	6
5	1	5	5	5	5	6	7
5	2	5	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontoção Final = 3

Tabela D (Resumo de Pontuações)

- Pontoção B = 1
- + Pontuação de Utilização Muscular = 1
- + Pontuação de Carga/Força = 0
- = Pontuação Final do Pescoço, Tronco e Membro Inferior = 2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 8 a 10 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Figura 184 – Método RULA PT7 (Desapertar Bornes) - Tarefa 18

RULA – RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT

Folha de Avaliação de um Posto de Trabalho, Adaptado de Proformix, RULA Employee Assessment Worksheet

A. ANÁLISE DO MEMBRO SUPERIOR E PULSO

Passo 1: Verificar posição do Braço

Passo 1a: Ajuste
 Caso o ombro esteja levantado: +1
 Caso haja abdução do braço: +1
 Caso os ombros estejam apoiados: -1

Passo 2: Verificar posição do antebraço

Passo 2a: Ajuste
 Caso o antebraço se cruze com a linha central do corpo ou trabalhe na parte lateral: +1

Passo 3: Verificar posição do pulso

Passo 3a: Ajuste
 Caso o pulso esteja fletido lateralmente (abdução ou adução): +1

Passo 4: Rotação do pulso
 Caso haja leve rotação: +1
 Caso haja rotação do pulso até próximo do limite: -2

Passo 5: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela A
 Utilize os valores dos passos 1 a 4 para encontrar a pontuação para a postura na tabela A

Passo 6: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 7: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 8: Determinar a linha da tabela C
 A pontuação completa da análise do membro superior/pulso é utilizada para determinar a linha na tabela C

B. ANÁLISE DO PESCOÇO, TRONCO e MEMBROS INFERIORES

Passo 9: Verificar posição do pescoço

Passo 9a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do pescoço: +1
 Caso haja inclinação lateral do pescoço: -1

Passo 10: Verificar posição do tronco

Passo 10a: Ajuste
 Caso haja rotação lateral do tronco: +1
 Caso haja inclinação lateral do tronco: +1

Passo 11: Pernas
 Pernas e pés bem apoiados e em postura bem equilibrada: +1
 Pernas e/pés não apoiados e em postura instável: -2

Passo 12: Cálculo da pontuação para a postura na Tabela B
 Utilize os valores dos passos 9 a 11 para encontrar a pontuação para a postura na tabela B

Passo 13: Adicione a pontuação da Utilização Muscular
 Caso a postura seja essencialmente estática: +1
 Caso a postura seja mantida por mais de 1 min ou repetida por mais de 4 x por min: +1

Passo 14: Adicionar pontuação da Carga/Força
 Sem carga ou carga inferior a 2 Kg (intermitente): +0
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (intermitente): +1
 Força ou carga de 2 a 10 Kg (estática ou repetida): +2
 Força ou carga com mais de 10 Kg, choques ou aplicação de força de forma repetida: +3

Passo 15: Determinar a coluna da tabela C
 A pontuação completa da análise do pescoço, membros inferiores e tronco é utilizada para determinar a coluna na tabela C

Data: ___/___/___ Empresa: _____
 PT: _____ Avaliador: _____

Tabela A

Braço	Antebraço	Pulso						
		1 rotação	2 rotação	3 rotação	4 rotação			
1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4
2	3	2	3	3	3	3	4	4
3	1	2	3	3	4	4	4	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5
3	3	2	3	3	4	4	4	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5
4	3	3	4	4	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
6	2	7	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Tabela B

Pescoço	1		2		3		4		5		6	
	Pernas											
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
4	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6
5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Tabela C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação Final
4

Figura 185 – Método RULA PT7 (Teste MDIF) - Tarefa 25

APÊNDICE 41 – CÁLCULOS DETALHADOS DO *CASH FLOW* DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO

Tabela 93 – Previsão do ganho semanal em MDO nas primeiras 12 semanas após reconfiguração (MINI)

PREVISÃO DO GANHO SEMANAL EM MDO NAS 12 SEMANAS APÓS RECONFIGURAÇÃO (UM) - MINI							
Semana	Eficiência (%)	Produtividade	Horas (Atual)	Horas (Antes)	Ganho diário (h)	Ganho semanal (h)	Ganho (UM)
1	60	7,1	28,6	23,7	-4,9	-24,3	-364,50
2	75	8	25,5	23,7	-1,8	-9,0	-135,00
3	80	8,3	24,5	23,7	-0,8	-3,9	-58,50
4	85	8,7	23,5	23,7	0,2	1,2	18,00
5	90	9,1	22,4	23,7	1,3	6,3	94,50
6	95	9,5	21,4	23,7	2,3	11,4	171,00
7	97	9,7	21,0	23,7	2,7	13,4	201,60
8	99	9,9	20,6	23,7	3,1	15,5	232,20
9	100	10,0	20,4	23,7	3,3	16,5	247,50
10	100	10,0	20,4	23,7	3,3	16,5	247,50
11	100	10,0	20,4	23,7	3,3	16,5	247,50
12	100	10,0	20,4	23,7	3,3	16,5	247,50

Tabela 94 – Previsão do ganho mensal em MDO após reconfiguração (MINI)

PREVISÃO DO GANHO MENSAL EM MDO APÓS RECONFIGURAÇÃO (UM) - MINI						
Mês	Eficiência (%)	Produtividade	Horas (Atual)	Horas (Antes)	Ganho mensal (h)	Ganho (UM)
1	85	8,7	23,5	23,7	-36,0	-540,00
2	99	9,9	20,6	23,7	46,6	699,30
3	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00
4	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00
5	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00
6	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00
7	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00
8	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00
9	100	10,0	20,4	23,7	66,0	990,00

Tabela 95 – Previsão do ganho semanal em MDO nas primeiras 12 semanas após reconfiguração (MDIF)

PREVISÃO DO GANHO SEMANAL EM MDO NAS 12 SEMANAS APÓS RECONFIGURAÇÃO (UM) - MDIF							
Semana	Eficiência (%)	Produtividade	Horas (Atual)	Horas (Antes)	Ganho diário (h)	Ganho semanal (h)	Ganho (UM)
1	60	3,6	10,6	7,8	-2,8	-14,2	-213,00
2	75	4,0	9,5	7,8	-1,7	-8,5	-127,50
3	80	4,2	9,1	7,8	-1,3	-6,6	-99,00
4	85	4,3	8,7	7,8	-0,9	-4,7	-70,50
5	90	4,5	8,4	7,8	-0,6	-2,8	-42,00
6	95	4,8	8,0	7,8	-0,2	-0,9	-13,50
7	97	4,9	7,8	7,8	0,0	-0,1	-2,10
8	99	5,0	7,7	7,8	0,1	0,6	9,30
9	100	5,0	7,6	7,8	0,2	1,0	15,00
10	100	5,0	7,6	7,8	0,2	1,0	15,00
11	100	5,0	7,6	7,8	0,2	1,0	15,00
12	100	5,0	7,6	7,8	0,2	1,0	15,00

Tabela 96 – Previsão do ganho mensal em MDO após reconfiguração (MDIF)

PREVISÃO DO GANHO MENSAL EM MDO APÓS RECONFIGURAÇÃO (UM) - MDIF						
Mês	Eficiência (%)	Produtividade	Horas (Atual)	Horas (Antes)	Ganho mensal (h)	Ganho (UM)
1	85	4,3	8,7	7,8	-34,0	-510,00
2	99	5,0	7,7	7,8	-3,2	-48,30
3	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00
4	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00
5	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00
6	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00
7	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00
8	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00
9	100	5,0	7,6	7,8	4,0	60,00

Tabela 97 – Cash Flow do tempo de recuperação do investimento

CASH FLOW DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO										
	0	1º MÊS	2º MÊS	3º MÊS	4º MÊS	5º MÊS	6º MÊS	7º MÊS	8º MÊS	9º MÊS
Investimento (UM)	-3714,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ganhos MDO (UM)	-	-1050,00	651,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00
Cash Flow (UM)	-	-1050,00	651,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00	1050,00
Cash Flow Acumulado (UM)	-	-4764,60	-4113,60	-3063,60	-2013,60	-963,60	86,40	1136,40	2186,40	3236,40