



Estudo prospetivo para a implementação de robótica colaborativa na secção de embalamento manual de uma empresa do ramo mobiliário

Uminho | 2022

Vítor Peixoto



Vítor Hugo Martins Peixoto

Estudo prospetivo para a implementação de robótica colaborativa na secção de embalamento manual de uma empresa do ramo mobiliário

Junho de 2022



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Vitor Hugo Martins Peixoto

Estudo prospetivo para a implementação de robótica colaborativa na secção de embalamento manual de uma empresa do ramo mobiliário

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professora Doutora Ana Sofia de Pinho Colim

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

Junho de 2022

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

Diz o hino da academia que ‘Todo o destino é partir’, é nessa fase que me encontro, ficam as memórias, as amizades, os professores, os momentos. Ao longo deste percurso de meia década, nem todos foram bons momentos, nem todo o tempo foi tempo de lazer, além destes, existiram momentos de tensão, de tristeza e de aprendizagem.

A construção de uma dissertação, é um percurso que pressupõe inúmeros desafios, incertezas, alegrias e muitos obstáculos pelo caminho, todos erramos, todos temos dúvidas, dessa forma uma dissertação reúne contributos de várias pessoas, sem as quais seria impossível a sua realização. A essas pessoas dedico este projeto. Especialmente aos meus orientadores, à Professora Doutora Ana Colim, e ao Professor Doutor José Dinis Carvalho. Agradeço a disponibilidade, o apoio, o incentivo e orientação.

Em seguimento do reconhecimento anterior, deixo também um agradecimento às equipas onde me inseri. Em primeiro ao Nuno, ao Márcio, ao Diogo e a todos os colaboradores com quem lidei ao longo do projeto. Por fim, ao Professor Doutor Luís Rocha, ao Gaspar, ao Carlos e ao João, por me acolherem no projeto, me permitirem partilhar ideias e aprender com vocês.

À minha namorada, Inês, e, aos meus amigos, particularmente à Ana Peixoto, e ao João Alves pela amizade e diversas formas de preocupação e incentivo no decorrer deste trabalho.

Por último, à minha família, particularmente aos meus pais, por toda a paciência ao longo destes meses e pela sua compreensão e incentivo.

A todos, Um grande OBRIGADO!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Estudo prospetivo para a implementação de robótica colaborativa na secção de embalamento manual de uma empresa do ramo mobiliário

RESUMO

Os valores da incidência das doenças musculoesqueléticas em contexto laboral demonstram que deve existir uma preocupação sobre esta temática. Dessa forma, existem várias medidas preventivas que têm vindo a ser propostas, uma dessas medidas para a prevenção ou redução do risco ocupacional é a implementação de soluções robóticas, que tem aumentado ao longo dos últimos anos.

A robótica colaborativa é uma tecnologia incorporada na Indústria 4.0, cujo principal objetivo é diminuir coletivamente o risco ocupacional do trabalhador. No entanto, a sua implementação apresenta vários desafios. Dessa forma, previamente à fase de projeto e implementação, torna-se pertinente avaliar, em contexto industrial, a potencialidade para a implementação de um sistema colaborativo.

Com este propósito, foi desenvolvido um trabalho de investigação prospetivo numa indústria de fabricação de mobiliário em Portugal.

O objetivo desta dissertação passa por avaliar a potencialidade de implementação de robótica colaborativa em postos de trabalho manuais. Para cumprir esse objetivo, ao longo da dissertação foram utilizadas várias ferramentas de análise, tais como o método *Ergonomic Work Analysis* (EWA), o método *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA), o *Key Indicator Method – Manual Handling Operations* (KIM-MHO) e o *Key Indicator Method – Lifting Handlying and Carrying* (KIM-LHC), bem como a realização de vários estudos de tempos e cálculo do RULA Ponderado. Seguidamente, foi aplicado um algoritmo para estimar a potencialidade de implementação de robótica colaborativa que considera os seguintes critérios: segurança e ergonomia, qualidade do produto/processo, fator económico e espaço. Tendo sido este último critério discutido com os responsáveis da empresa adotando a técnica de *focus group*. Como principal contributo deste projeto de dissertação, surge uma análise multi-método, aplicada a duas linhas de embalamento da secção de embalamento manual. Da qual se conclui que existem Postos de Trabalho que necessitam de intervenções e que vários são os Postos de Trabalho na secção com uma potencialidade entre moderada e boa para a implementação de robótica colaborativa.

PALAVRAS-CHAVE

Avaliação Ergonómica, Colaboração humano-robot, Lesões Musculoesqueléticas, Robótica Colaborativa

Prospective study for the implementation of collaborative robotics in the manual packaging section of a furniture company

ABSTRACT

The values for the incidence of musculoskeletal diseases in the workplace demonstrate that there should be a concern about this issue. Thus, there are several preventive measures that have been proposed, one of the measures for the prevention or reduction of occupational risk is the implementation of robotic solutions, which has increased over the last few years.

Collaborative robotics is a technology incorporated in Industry 4.0, whose main objective is to collectively reduce the occupational risk of the worker. However, its implementation presents several challenges. Thus, prior to the design and implementation phase, it is pertinent to assess, in an industrial context, the potential for implementing a collaborative system.

For this purpose, a prospective investigation was carried out in a furniture manufacturing industry in Portugal.

The objective of this dissertation is to evaluate the potential of implementing collaborative robotics in manual work stations. To fulfill this objective, throughout the dissertation several analysis tools were used, such as the Ergonomic Work Analysis (EWA), the Rappid Upper Limb Assesment (RULA), the Key Indicator Method – Manual Handling Operations (KIM-MHO) and the Key Indicator Method – Lifting Handlying and Carrying (KIM-LHC). As well as carrying out several time studies and calculating the Weighted RULA. Then, an algorithm was applied to estimate the potential for implementing collaborative robotics that considers the following criteria: safety and ergonomics, product/process quality, economic factor and space. This last criterion was discussed with the company's managers, adopting the focus group technique. As the main contribution of this dissertation project, a multi-method analysis is presented, applied to two packaging lines of the manual packing section. From which it can be concluded that there are workstations that need interventions and that there are several workstations in the section with a potential between moderate and good for the implementation of collaborative robotics.

KEYWORDS

Collaborative Robotics, Ergonomic Assessment, Human-Robot Collaboration, Musculoskeletal disease

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xviii
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação e Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão de literatura	5
2.1 Indústria 4.0	5
2.2 Robótica.....	11
2.3 Técnicas e ferramentas utilizadas para suportar a implementação de HRC.....	18
2.3.1 Métodos de Avaliação Ergonómica	18
2.3.2 Estudo de tempos.....	23
2.3.3 Algoritmo de avaliação da potencialidade de implementação de HRC	24
3. Colaboração entre empresa e laboratório colaborativo – DTx	25
3.1 DTx – Digital Transformation CoLab.....	25
3.2 Empresa	26
4. Descrição do setor de negócio BOF	27
4.1 Caracterização das fábricas do setor BOF	27
4.1.1 Caracterização da fábrica L&P	27
4.1.2 Caracterização da fábrica Foil	27
4.2 Descrição da secção Packing do setor BOF.....	28
4.3 Descrição das linhas de <i>Packing</i>	29
4.3.1 Processo de paletização e Etiquetagem.....	31

4.3.2	Inspeção	32
4.3.3	Expedição.....	32
5.	Análise e Discussão da situação atual	33
5.1	Kalfass 1.....	33
5.1.1	Método EWA.....	34
5.1.2	Método RULA	40
5.1.3	Estudo de tempos.....	42
5.1.4	RULA ponderado	47
5.1.5	Método KIM.....	48
5.2	Biele 2	50
5.2.1	Método RULA	51
5.2.2	Estudo dos tempos.....	52
5.2.3	RULA Ponderado	54
5.2.4	Método KIM.....	62
6.	Potencialidade para a implementação de robótica colaborativa	64
7.	Conclusão	68
	Referências Bibliográficas	71
	Anexo 1 – Método RULA.....	78
	Anexo 2 – KIM-MHO	82
	Anexo 3 – KIM-LHC	84
	Anexo 4 – Ajustamento de dificuldade.....	86
	Anexo 5 – <i>Standard Operation Sheet – Packing Process Instruction</i>	88
	Anexo 6 – Folha de parâmetros	89
	Apêndice 1 – Tarefas PT5 Kalfass 1	90
	Apêndice 2 – Folha de aplicação do método EWA	91
	Apêndice 3 – Método EWA (percepções dos trabalhadores).....	92
	Apêndice 4 – Método EWA Kalfass1 (analista).....	94
	Apêndice 5 – Elementos das tarefas do PT 4	97
	Apêndice 6 – Elementos das tarefas do PT 5	98
	Apêndice 7 – Método Rula para o PT4 da linha Kalfass 1	100
	Apêndice 8 – Método Rula para o PT5 da linha Kalfass 1	102

Apêndice 9 – Ajustamentos para o PT4 da linha Kalfass 1	110
Apêndice 10 – Ajustamentos para o PT5 da linha Kalfass 1	111
Apêndice 11 – Estudo de tempos para o PT4 da linha Kalfass 1	112
Apêndice 12 – Estudo de tempos para o PT5 da linha Kalfass 1	113
Apêndice 13 – Método KIM para o PT4 da Linha Kalfass 1	114
Apêndice 14 – Método KIM para o PT5 da Linha Kalfass 1	115
Apêndice 15 – Elementos das tarefas dos PT da linha Biele 2	118
Apêndice 16 – Método Rula para o PT1 da linha Biele 2	125
Apêndice 17 – Método Rula para o PT2 da linha Biele 2	127
Apêndice 18 – Método Rula para o PT3 da linha Biele 2	129
Apêndice 19 – Método Rula para o PT4 da linha Biele 2	131
Apêndice 20 – Método Rula para o PT5 da linha Biele 2	133
Apêndice 21 – Método Rula para o PT6 da linha Biele 2	137
Apêndice 22 – Método Rula para o PT7 da linha Biele 2	139
Apêndice 23 – Método Rula para o PT8 da linha Biele 2	141
Apêndice 24 – Método Rula para o PT9 da linha Biele 2	143
Apêndice 25 – Ajustamentos para o PT1 da linha Biele 2.....	145
Apêndice 26 – Estudo de tempos para o PT1 da linha Biele 2.....	146
Apêndice 27 – Ajustamentos para o PT2 da linha Biele 2.....	147
Apêndice 28 – Estudo de tempos para o PT2 da linha Biele 2.....	148
Apêndice 29 – Ajustamentos para o PT3 da linha Biele 2.....	149
Apêndice 30 – Estudo de tempos para o PT3 da linha Biele 2.....	150
Apêndice 31 – Ajustamentos para o PT4 da linha Biele 2.....	151
Apêndice 32 – Estudo de tempos para o PT4 da linha Biele 2.....	152
Apêndice 33 – Ajustamentos para o PT5 da linha Biele 2.....	153
Apêndice 34 – Estudo de tempos para o PT5 da linha Biele 2.....	154
Apêndice 35 – Ajustamentos para o PT6 da linha Biele 2.....	155
Apêndice 36 – Estudo de tempos para o PT6 da linha Biele 2.....	156
Apêndice 37 – Ajustamentos para o PT7 da linha Biele 2.....	157
Apêndice 38 – Estudo de tempos para o PT7 da linha Biele 2.....	158
Apêndice 39 – Ajustamentos para o PT8 da linha Biele 2.....	159
Apêndice 40 – Estudo de tempos para o PT8 da linha Biele 2.....	160

Apêndice 41 – Ajustamentos para o PT9 da linha Biele 2.....	161
Apêndice 42 – Estudo de tempos para o PT9 da linha Biele 2.....	162
Apêndice 43 – Método KIM para o PT1 da Linha Biele 2.....	163
Apêndice 44 – Método KIM para o PT2 da Linha Biele 2.....	164
Apêndice 45 – Método KIM para o PT3 da Linha Biele 2.....	165
Apêndice 46 – Método KIM para o PT4 da Linha Biele 2.....	166
Apêndice 47 – Método KIM para o PT5 da Linha Biele 2.....	167
Apêndice 48 – Método KIM para o PT6 da Linha Biele 2.....	169
Apêndice 49 – Método KIM para o PT7 da Linha Biele 2.....	170
Apêndice 50 – Método KIM para o PT8 da Linha Biele 2.....	171
Apêndice 51 – Método KIM para o PT9 da Linha Biele 2.....	172
Apêndice 52 – Potencialidade para a implementação de robótica colaborativa na linha Biele 2.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – SCRUM framework (retirado de Scrum.org (n.d.))	4
Figura 2 – Evolução da indústria ao longo do tempo (retirado de Cline (2017))	6
Figura 3 – Evolução dos modelos de produção (retirado de CNI (2016))	7
Figura 4 – Pilares da Indústria 4.0 (Retirado de IR 4.0 Center (2021))	9
Figura 5 – Níveis de cooperação entre um humano e um robot (Retirado de Zeta Group Engineering (2020))	13
Figura 6 – Secções da fábrica L&P	27
Figura 7 – Secções da fábrica Foill	28
Figura 8 - Linha de embalagem Biele 2	28
Figura 9 – Paletização Semi-Automática	29
Figura 10 – Work Element Sheet	30
Figura 11 – Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 1 (n=12)	35
Figura 12 – Médias e Desvios-padrão para o método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 1 (n=12)	36
Figura 13 - Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 2 (n=12)	36
Figura 14 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 2 (n=12)	36
Figura 15 - Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 3 (n=12)	37
Figura 16 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 3 (n=12)	37
Figura 17 - Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 4 (n=12)	38
Figura 18 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 4 (n=12)	38
Figura 19 - Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 5 (n=12)	39
Figura 20 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 5 (n=12)	39
Figura 21 - Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 6 (n=12)	39
Figura 22 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 6 (n=12)	40
Figura 23 – Resumo dos resultados do método EWA (analista)	40

Figura 24 – a) Prateleiras desalinhas b) Alinhamento de prateleiras.....	41
Figura 25 – Tabela A, pontuação do Grupo A do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))	78
Figura 26 – Tabela B, pontuação do Grupo B do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))	78
Figura 27 – Tabela C, pontuação do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))	78
Figura 28 – Níveis de ação do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993)).....	78
Figura 29 – Folha de Aplicação do método KIM-MHO (parte 1 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))	82
Figura 30 - Folha de Aplicação do método KIM-MHO (parte 2 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))	83
Figura 31 - Folha de Aplicação do método KIM-LHC (parte 1 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))	84
Figura 32 - Folha de Aplicação do método KIM-LHC (parte 2 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))	85
Figura 33 – Ajustamento de dificuldades (fonte:(Mundel, 1985))	86
Figura 34 -Ajustamento de dificuldade em função da duração da força exercida (fonte:(Mundel, 1985))	87
Figura 35 - Standard Operation Sheet – Packing Process Instruction	88
Figura 36 – Folha de Parâmetros.....	89
Figura 37 – Folha de aplicação do método EWA.....	91
Figura 38 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 1 (n=12)	92
Figura 39 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 2 (n=12)	92
Figura 40 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 3 (n=12)	92
Figura 41 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 4 (n=12)	93
Figura 42 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 5 (n=12)	93
Figura 43 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 6 (n=12)	93
Figura 44 - Método EWA do PT1 da linha Kalfass1 (analista)	94
Figura 45 - Método EWA do PT2 da linha Kalfass1 (analista)	94
Figura 46 - Método EWA do PT3 da linha Kalfass1 (analista)	95
Figura 47 - Método EWA do PT4 da linha Kalfass1 (analista)	95
Figura 48 - Método EWA do PT5 da linha Kalfass1 (analista)	96

Figura 49 - Método EWA do PT6 da linha Kalfass1 (analista)	96
Figura 50 - Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT4.....	110
Figura 51 - Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT5.....	111
Figura 52 – Tempos normalizados para o PT4 da linha Kalfass 1	112
Figura 53 – Tempo normalizado para a Trabalhadora 1 do PT5 da linha Kalfass 1	113
Figura 54 - Tempo normalizado para a Trabalhadora 2 do PT5 da linha Kalfass 1	113
Figura 55 – Ajustamento de dificuldades para o PT1	145
Figura 56 – Estudo dos tempos para o PT1	146
Figura 57 – Ajustamentos para o PT2.....	147
Figura 58 – Estudo dos tempos do PT2	148
Figura 59 – Ajustamentos para o PT3.....	149
Figura 60 – Estudo de tempos para o PT3.....	150
Figura 61 – Ajustes para o PT4.....	151
Figura 62 – Estudo de tempos para o PT4.....	152
Figura 63 – Ajustamentos para o PT5.....	153
Figura 64 – Estudo de tempos para o PT5.....	154
Figura 65 Ajustamentos para o PT6	155
Figura 66 – Estudo de tempos para o PT6.....	156
Figura 67 – Ajustamentos para o PT7	157
Figura 68 – Estudo de tempos para o PT7	158
Figura 69 – Ajustamentos para o PT8.....	159
Figura 70 – Estudo de tempos para o PT8.....	160
Figura 71 – Ajustamentos para o PT9.....	161
Figura 72 – Estudo de tempos do PT9.....	162

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos documentados da aplicação de cobots na Indústria.....	16
Tabela 2 – Abordagens para avaliar a potencialidade de implementação de robótica colaborativa	17
Tabela 3 – Etapas de um estudo dos tempos.....	23
Tabela 4 – PT manuais da linha de embalagem kalfass 1	33
Tabela 5 – Tarefas PT5 referente à linha de embalagem Kalfass 1	34
Tabela 6 - Resultados do Método Rula para os PT4 e PT5 da linha Kalfass 1	41
Tabela 7 – Tempos normalizados do PT4 da linha Kalfass 1	45
Tabela 8 - Tempos normalizados do PT5 da linha Kalfass 1	46
Tabela 9 - Rula ponderado para os PT4 e PT5 da linha Kalfass 1	47
Tabela 10 – Resultados do método RULA E KIM-MHO para o PT4 da linha Kalfass 1.....	48
Tabela 11 – Resultados do método RULA, KIM-MHO e KIM-LHC em comparação ao método RULA para o PT5 da linha Kalfass 1	49
Tabela 12 – Operações da referência A	51
Tabela 13 – Resultado do método RULA.....	51
Tabela 14 – Estudo de tempos dos PT da linha Biele 2	53
Tabela 15 – RULA Ponderado para os PT da linha Biele 2.....	54
Tabela 16 – Resultados do método KIM-MHO e KIM-LHC em comparação ao método RULA para a linha Biele 2	62
Tabela 17 – Potencialidade para a implementação de robótica colaborativa nos PT da linha Kalfass 166	
Tabela 18 – RULA Grupo A.....	79
Tabela 19 – RULA Grupo B.....	80
Tabela 20 – Tarefas do PT5 referente à linha de embalagem Kalfass 1	90
Tabela 21 - Elementos das tarefas do PT 4	97
Tabela 22 - Elementos das tarefas do PT 5	98
Tabela 23 - Método RULA para o elemento 1 e 3 do PT4 da linha Kalfass 1	100
Tabela 24 - Método RULA para o elemento 2 e 4 do PT4 da linha Kalfass 1	101
Tabela 25 - Método RULA para o elemento 1 do PT5	102
Tabela 26 - Método RULA para o elemento 2 do PT5	103
Tabela 27 - Método RULA para o elemento 3 do PT5	104
Tabela 28 - Método RULA para o elemento 4 do PT5	105

Tabela 29 - Método RULA para o elemento 5 do PT5	106
Tabela 30 - Método RULA para o elemento 6 do PT5	107
Tabela 31 - Método RULA para o elemento 7 do PT5	108
Tabela 32 - Método RULA para o elemento 8 do PT5	109
Tabela 33 – Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT4.....	110
Tabela 34 - Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT5.....	111
Tabela 35 - Método KIM-MHO do elemento 1 e 3 do PT4 da linha Kalfass 1	114
Tabela 36 - Método KIM-MHO do elemento 2 e 4 do PT4 da linha Kalfass 1	114
Tabela 37 – Método KIM-MHO do elemento 1 PT5 da linha Kalfass 1	115
Tabela 38 - Método KIM-MHO do elemento 2 do PT5 da linha Kalfass 1	115
Tabela 39 - Método KIM-MHO do elemento 3 do PT5 da linha Kalfass 1	115
Tabela 40 - Método KIM-MHO do elemento 4 do PT5 da linha Kalfass 1	116
Tabela 41 - Método KIM-MHO do elemento 5 do PT5 da linha Kalfass 1	116
Tabela 42 - Método KIM-MHO do elemento 6 do PT5 da linha Kalfass 1	116
Tabela 43 - Método KIM-MHO do elemento 7 do PT5 da linha Kalfass 1	117
Tabela 44 - Método KIM-MHO do elemento 8 do PT5 da linha Kalfass 1	117
Tabela 45 - Método KIM-LHC da tarefa 4 do PT5 da linha Kalfass 1	117
Tabela 46 – Elementos dos PT da linha Biele 2.....	118
Tabela 47 – Método RULA para o elemento 1 do PT1 da linha Biele 2	125
Tabela 48 - Método RULA para o elemento 2 do PT1 da linha Biele 2.....	126
Tabela 49 - Método RULA para o elemento 1 do PT2 da linha Biele 2.....	127
Tabela 50 - Método RULA para o elemento 2 do PT2 da linha Biele 2.....	128
Tabela 51 - Método RULA para o elemento 1 do PT3 da linha Biele 2.....	129
Tabela 52 - Método RULA para o elemento 2 do PT3 da linha Biele 2.....	130
Tabela 53 - Método RULA para o elemento 1 e 3 do PT4 da linha Biele 2.....	131
Tabela 54 - Método RULA para o elemento 2 e 4 do PT4 da linha Biele 2.....	132
Tabela 55 - Método RULA para o elemento 1 do PT5 da linha Biele 2.....	133
Tabela 56 - Método RULA para o elemento 2 do PT5 da linha Biele 2.....	134
Tabela 57 - Método RULA para o elemento 3 do PT5 da linha Biele 2.....	135
Tabela 58 - Método RULA para o elemento 4 do PT5 da linha Biele 2.....	136
Tabela 59 - Método RULA para o elemento 1 do PT6 da linha Biele 2.....	137
Tabela 60 - Método RULA para o elemento 1 do PT6 da linha Biele 2.....	138

Tabela 61 - Método RULA para o elemento 1 do PT7 da linha Biele 2.....	139
Tabela 62 - Método RULA para o elemento 2 do PT7 da linha Biele 2.....	140
Tabela 63 - Método RULA para o elemento 1 do PT8 da linha Biele 2.....	141
Tabela 64 - Método RULA para o elemento 2 do PT8 da linha Biele 2.....	142
Tabela 65 - Método RULA para o elemento 1 do PT9 da linha Biele 2.....	143
Tabela 66 - Método RULA para o elemento 2 do PT9 da linha Biele 2.....	144
Tabela 67 – Ajustamentos de dificuldades para o PT1	145
Tabela 68 – Ajustamentos para o PT2	147
Tabela 69 – Ajustamentos para o PT3	149
Tabela 70 – Ajustamentos para o PT4	151
Tabela 71 – Ajustamentos para o PT5	153
Tabela 72 – Ajustamentos para o PT6	155
Tabela 73 – Ajustamentos para o PT7	157
Tabela 74 – Ajustamentos para o PT8	159
Tabela 75 – Ajustamentos para o PT9	161
Tabela 76 – Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT1 da linha Biele 2	163
Tabela 77 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT1 da linha Biele 2	163
Tabela 78 - Método KIM-LHC para o PT1 da linha Biele 2.....	163
Tabela 79 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT2 da linha Biele 2	164
Tabela 80 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT2 da linha Biele 2	164
Tabela 81 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT3 da linha Biele 2	165
Tabela 82 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT3 da linha Biele 2	165
Tabela 83 - Método KIM-MHO para o elemento 1 e 3 do PT4 da linha Biele 2.....	166
Tabela 84 - Método KIM-MHO para o elemento 2 e 4 do PT4 da linha Biele 2.....	166
Tabela 85 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT5 da linha Biele 2	167
Tabela 86 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT5 da linha Biele 2	167
Tabela 87 - Método KIM-MHO para o elemento 3 do PT5 da linha Biele 2	167
Tabela 88 - Método KIM-MHO para o elemento 4 do PT5 da linha Biele 2	168
Tabela 89 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT6 da linha Biele 2	169
Tabela 90 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT6 da linha Biele 2	169
Tabela 91 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT7 da linha Biele 2	170
Tabela 92 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT7 da linha Biele 2	170

Tabela 93 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT8 da linha Biele 2	171
Tabela 94 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT8 da linha Biele 2	171
Tabela 95 – Método KIM-LHC para o PT8 da linha Biele 2	171
Tabela 96 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT9 da linha Biele 2	172
Tabela 97 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT9 da linha Biele 2	172

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

3D – 3 Dimensões

BOF – *Board on frame*

BOS – *Board on Style*

CAD – *Computer Aided Design*

CoLab – Laboratório Colaborativo

EWA – *Ergonomic Workplace Analysis*

FIOH – *Finnish Institute of Occupational Health*

HDF – *High Density Fiber*

HRAA - *Human-Robot Activity Allocation*

IoT – Internet das Coisas (do Inglês *Internet of Things*)

KIM – *Key Indicator Method*

KIM-LHC – *Key Indicator Method – Lifting, Handling and Carrying*

KIM-MHO – *Key Indicator Method – Manual Handling Operations*

L&P – *Lacquering & Print*

LMERT – Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho

MDF – *Medium Density Fiber*

mm – milímetros

MMC – Movimentação Manual de Cargas

PFF – *Pigment Furniture Factory*

PT – Posto(s) de trabalho

RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

SOS – *Standard Operation Sheet – Packing Process Instruction*

WES – *Work Element Sheet*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação desenvolve-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, tendo sido realizada numa parceria entre o DTx – *Digital Transformation CoLab* e uma empresa do ramo mobiliário. No presente capítulo será exibido o enquadramento da investigação, a motivação para a sua realização, os resultados esperados e, por fim, a organização do documento.

1.1 Motivação e Enquadramento

Na atualidade, devido à evolução da tecnologia, à globalização e ao aumento da competitividade entre as empresas, surge a necessidade de altos níveis de produtividade a baixo custo. Posto isto, é importante referir que os trabalhadores serão sempre a base de uma empresa e que deve ser garantido o bem-estar das mesmas adaptando o trabalho às pessoas. Isto só é possível se for realizado um esforço por parte das entidades empregadoras, nomeadamente, na conceção de postos de trabalho (PT) e na eliminação de tarefas repetitivas de forma a reduzir o risco ocupacional. É um direito dos trabalhadores a prestação de trabalho em condições que respeitem a sua segurança e saúde, devendo-se assegurar que o desenvolvimento económico promova a humanização do trabalho em condições seguras. Da mesma forma, a prevenção dos riscos profissionais deve assentar numa correta e permanente avaliação de riscos a ser desenvolvida segundo determinados princípios, políticas e normas. Deve também ser realizada sensibilização da população, de forma a criar uma cultura de prevenção (*Lei n.º 102/2009; Lei n.º 79/2019*).

De acordo com Näf et al. (2018), na União Europeia, 40% da população trabalhadora apresenta queixas de dores na coluna vertebral e ombros. Apesar deste conhecimento, esta população continua a laborar sobre posturas que potenciam o aparecimento de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT). Tendo em consideração o impacto na saúde dos trabalhadores, estes problemas representam um elevado custo em despesas na saúde e em perdas produtivas, nomeadamente no que está relacionado com o absentismo e a redução de produtividade (Näf et al., 2018; Stewart et al., 2003). A incidência das LMERT é mais elevada no setor industrial da produção de mobiliário, comparativamente com outras indústrias, devido às características inerentes às tarefas realizadas (Bevan, 2015). Os valores da incidência de doenças profissionais em contexto laboral demonstram que deve existir uma preocupação e que se deve atender à proteção dos trabalhadores nesta temática. Várias medidas preventivas têm vindo a ser propostas, medidas essas como, a formação dos trabalhadores relativamente

à exposição a fatores de risco, a utilização de instrumentos mecanizados para o auxílio do suporte de cargas, a rotação de trabalhadores entre PT e maiores períodos de descanso entre tarefas juntamente com medidas de ginástica laboral ou o *redesign* dos PT (Krüger et al., 2015; Näf et al., 2018).

No entanto, uma outra opção para a prevenção e/ou redução do risco ocupacional é a implementação de soluções robóticas, que tem aumentado drasticamente ao longo dos últimos anos, pois além de permitir altos níveis de produtividade, permite também que determinadas tarefas, nomeadamente as que representam maior risco, sejam realizadas por *robots*. Nas soluções robóticas encontra-se também a robótica colaborativa que permite retirar tarefas com maior risco aos trabalhadores, colaborando com estes e prevenindo o aparecimento de lesões (Cherubini et al., 2016; Stewart et al., 2003). A robótica colaborativa é uma tecnologia incorporada na Indústria 4.0, cujo objetivo é atingir níveis mais elevados de produtividade e automação. As empresas na atualidade aspiram por máquinas e sistemas mais conetados, sendo os *robots* colaborativos uma forma fácil e mais económica de alcançar um alto nível de conetividade e automação em comparação com a robótica industrial tradicional (Rübmann, 2015). Além do potencial económico da robótica, os *robots* não requerem as mesmas necessidades dos trabalhadores, apesar de não terem a mesma adaptabilidade ou flexibilidade (Graves & Redfield, 1988). O principal objetivo da robótica colaborativa é diminuir coletivamente o risco ocupacional do trabalhador e aumentar o desempenho (Gualtieri et al., 2021a; Ranz et al., 2018). No entanto, a sua implementação apresenta um desafio, uma vez que consiste num processo complexo, desde a fase de projeto até à sua implementação.

Desta forma, previamente à fase de projeto e implementação, torna-se essencial avaliar, em contexto industrial, a potencialidade para a implementação de um sistema híbrido. Com este propósito, foi desenvolvido um trabalho de investigação prospetivo numa indústria de fabricação de mobiliário em Portugal, onde existem múltiplos PT com um elevado nível de exigência física, tarefas repetitivas, movimentação manual de cargas (MMC), e posturas estáticas e inapropriadas.

1.2 Objetivos

A presente dissertação enquadra-se numa empresa de mobiliário, especificamente na secção de *packing*, inserindo-se num projeto colaborativo desenvolvido em parceria com o DTx *CoLab*, que tem por objetivo a investigação aplicada à transformação digital, no caso concreto deste projeto, a verificação da potencialidade de implementação de robótica colaborativa em PT manuais.

Assim sendo, com este estudo, pretende-se reunir dados que permitam responder à seguinte pergunta de investigação: Existe potencialidade para a transformação de PT manuais na secção de *packing* em PT híbridos?

Desta questão emerge o objetivo principal desta dissertação, averiguar a potencialidade para a implementação de robótica colaborativa em postos de embalamento manual.

De modo a cumprir o objetivo exposto, definiram-se os seguintes sub-objetivos:

1. Realizar uma análise da situação atual;
2. Averiguar a potencialidade para a implementação de robótica colaborativa;

1.3 Metodologia de Investigação

1.3.1 Caracterização da investigação

A metodologia de investigação adotada foi “*Action-Research*”, designada em português por Investigação-Ação, que consiste numa filosofia de investigação que procura, por meio de um processo simultâneo de ação e investigação, a resolução de problemas operacionais e o desenvolvimento de uma base teórica resultante das várias ações realizadas ao longo do tempo. Estando a temática da dissertação orientada para a potencialidade de implementação de robótica colaborativa, a utilização da metodologia Investigação-Ação desenvolvida por Kurt Lewin enquadra-se na abordagem à situação apresentada, sendo esta uma investigação em contexto prático. Esta metodologia é caracterizada por ser uma investigação ativa, onde há envolvimento de todas as partes relacionadas com o projeto (O’Brien, 1998).

1.3.2 Gestão temporal da dissertação

Com o objetivo de otimizar a gestão temporal relativa à realização das fases de investigação, foi adotada a metodologia *SCRUM*. O *SCRUM* é uma metodologia ágil e flexível que consiste em métodos iterativos e incrementais. Este método é utilizado em marketing, no setor financeiro, em seguradoras, na manufatura, na saúde e em vários outros setores. Sendo o objetivo da sua utilização a criação cíclica de feedback ou “*sprints*”, definindo objetivos e intervalos de tempo para a sua realização, como se demonstra na Figura 1.

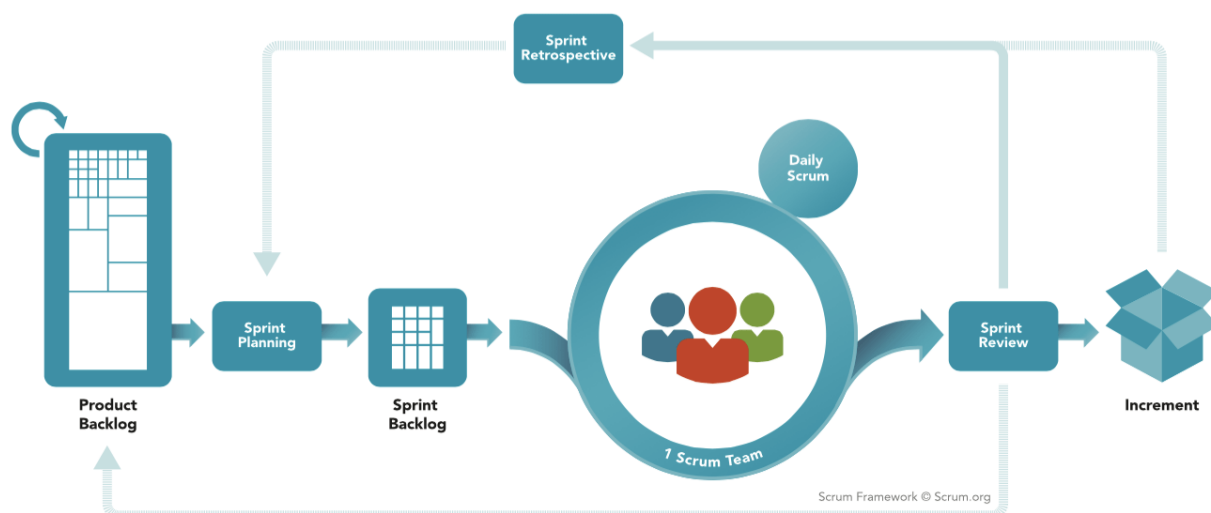


Figura 1 – SCRUM framework (retirado de Scrum.org (n.d.))

1.4 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se dividido em 7 capítulos. No primeiro capítulo é abordada a motivação e o enquadramento, metodologias de investigação aplicadas ao projeto e são definidos os objetivos principais, bem como os sub-objetivos. No capítulo segundo, é realizada uma revisão de literatura sobre os temas subjacentes ao objetivo definido, tais como a Indústria 4.0, robótica e robótica colaborativa. No terceiro capítulo, é realizada uma breve descrição da indústria onde foi realizado o estágio curricular, apresentando-se, o laboratório colaborativo DTx e a empresa. No quarto capítulo, uma descrição mais objetiva da empresa é realizada, focando-se esta na secção onde o estudo foi desenvolvido.

No quinto capítulo, toda a abordagem analítica é realizada, contendo um estudo postural e organizacional. No sexto capítulo é avaliado o potencial para a implementação de robótica colaborativa. No sétimo capítulo são expressas as conclusões da dissertação.

Por último, apresenta-se a referenciação bibliográfica que foi utilizada ao longo da dissertação, sendo sucedido pelos anexos e apêndices, onde estão incluídos formulários dos métodos utilizados e folhas de cálculo com informação mais detalhada relativamente aos diversos métodos adotados ao longo da construção deste projeto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo é realizada uma revisão de literatura relativamente aos temas abordados no projeto, nomeadamente indústria 4.0 e tecnologias inerentes à 4ª Revolução Industrial, tais como, a robótica, sendo também abordadas as técnicas e ferramentas utilizadas para a sua realização.

2.1 Indústria 4.0

A constante inovação e evolução tecnológica do ser humano perante as necessidades que o rodeiam, manifesta-se ao longo da história, em vários momentos marcados por revoluções industriais. Estas mudanças de paradigma têm impacto direto no modo de vida do ser humano. Nos últimos 2 séculos, adquiriram-se novos conhecimentos e tecnologias que são, atualmente, considerados indispensáveis não só a nível industrial como também no quotidiano.

Apesar de ao longo da história existirem evidências de mudanças na forma de viver do ser humano, tais como a transição do forrageamento para a agricultura, é considerado que a 1ª Revolução Industrial data a segunda metade do século XVIII. A principal contribuição desta revolução industrial foi a transição da utilização de força muscular para energia mecânica, mudando-se o paradigma da produção artesanal e iniciando-se os primeiros processos mecanizados. Surgiram neste século várias invenções que alteraram as práticas produtivas e impulsionaram a tecnologia, através da mecanização de operações previamente manuais, salientando-se a título de exemplo a máquina a vapor. Devido a estas inovações tecnológicas surgiram as ferrovias e as primeiras fábricas. Verificou-se então que os custos dos processos produtivos mecanizados eram menos dispendiosos do que os anteriormente praticados, começando assim a produção em série de produtos (Schwab, 2016; Womack et al., 1990; Zandin, 2004).

O início da 2ª Revolução Industrial data o final do século XIX e início do século XX, com o surgimento da energia elétrica e da linha de montagem, emergindo o primeiro conceito de produção em massa, impulsionado por Frederick Taylor, sendo este um dos pioneiros no desenvolvimento de técnicas que permitiram a sistematização do trabalho. No início do século XX, surgiu um novo setor industrial, que ao longo dos últimos anos tem sido um dos mais influentes, o setor automobilístico. Após a Primeira Guerra Mundial, Henry Ford, através da introdução de novas técnicas, tais como, PT estáticos e baixa padronização de produtos, ultrapassou problemas inerentes à produção da General Motors®, reduzindo os custos e simultaneamente aumentando a produtividade e qualidade do produto. Consequentemente surgiu a capacidade de produzir em massa um dos modelos automóveis considerado o 1º modelo

acessível à classe média na história automobilística, o Ford Modelo T® (Ford & Crowther, 2015; Schwab, 2016; Womack et al., 1990).

A 3ª Revolução Industrial iniciou-se na década de 1960, sendo principalmente conhecida pelo surgimento do computador. Contrariamente às duas Revoluções Industriais precedentes, relacionadas com a mecanização de processos, a 3ª Revolução Industrial caracteriza-se pela digitalização. No final da década de 1970, a era digital chega ao público surgindo o computador pessoal. Após 20 anos do surgimento do computador pessoal surge a Internet, designada por *World Wide Web* (WWW). A evolução da Internet e tecnologia permitiu o início de uma outra revolução industrial (Coelho, 2016; Schwab, 2016).

Entre os séculos XVIII e XIX ocorreu essencialmente a substituição da energia humana e animal por vias mecânicas, com maior produtividade e eficiência, bem como novas mudanças de paradigma através da criação de novos métodos de trabalho. Posteriormente, com a evolução destas tecnologias, juntamente com o desenvolvimento dos computadores e da Internet, surge a integração entre o mundo físico e o mundo digital criando o conceito de Aldeia Global (McLuhan & Powers, 1989; Schwab, 2016). Por consequência, a evolução tecnológica potenciou a 4ª Revolução Industrial, geralmente referida como Indústria 4.0, mencionada pela primeira vez na Alemanha, em 2011, na feira de Hannover, onde foram discutidas as novas tecnologias e a forma como as mesmas poderiam impactar as cadeias de valor, através da junção dos mundos físicos, digitais e tecnológicos (Schwab, 2016). A indústria 4.0 é caracterizada por sistemas inteligentes, onde existe cooperação entre os sistemas físicos e virtuais.

Cada uma destas revoluções industriais apresenta-se como uma fase de mudança ao nível do desenvolvimento industrial, estando marcadas pelo desenvolvimento de tecnologias específicas, o que pode ser verificado pela Figura 2.

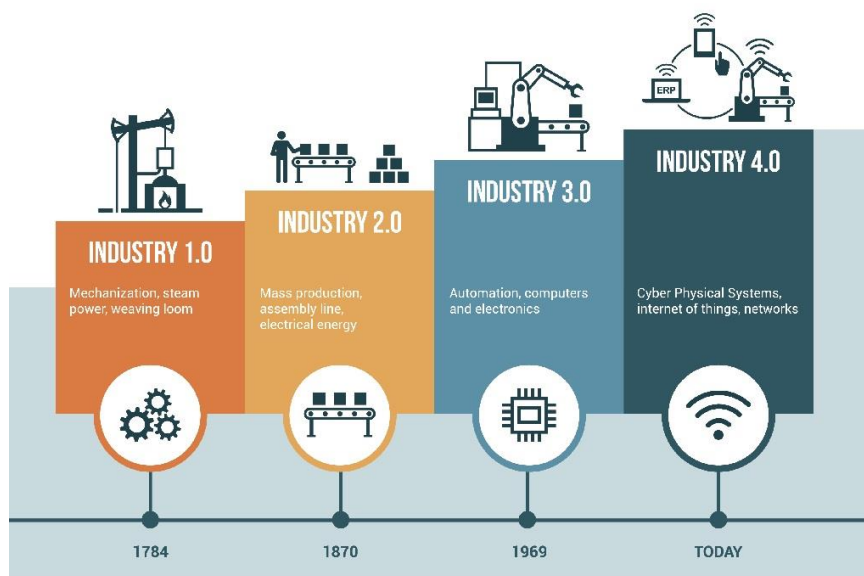


Figura 2 – Evolução da indústria ao longo do tempo (retirado de Cline (2017))

Contrariamente ao que possa ser assumido, as Revoluções Industriais mencionadas anteriormente não estão associadas ao aumento da produção em massa. Posto isto, previamente à 1ª Revolução Industrial, o trabalho realizado era sobretudo artesanal o que significa uma alta customização, mas um volume produtivo baixo, o que mudou aquando da invenção da máquina a vapor, que possibilitou o início da produção em massa. Ambas as Revoluções Industriais seguintes permitiram o aumento deste mesmo tipo de produção, através de novas tecnologia e métodos. No entanto, à medida que a produção em massa aumentou, a customização diminuiu drasticamente, existindo uma famosa frase de Henry Ford relativamente à cor do Ford Modelo T®, “*Any color so long as it is black.*” (Retirado de Ford & Crowther 2015). Em seguimento, a 3ª Revolução Industrial criou tecnologias que com a sua evolução, permitiram o surgimento da 4ª Revolução Industrial, que impulsionou uma elevada produtividade e eficiência na utilização de recursos e a criação de uma maior flexibilidade das linhas de produção. Originando consequentemente a customização em massa, tornando-se esta uma das principais características da Indústria atual (CNI, 2016; Coelho, 2016; Ford & Crowther, 2015; Schwab, 2016; Womack et al., 1990; Zandin, 2004).

Estas evoluções constantes dos modelos de produção podem ser visualizadas na Figura 3.

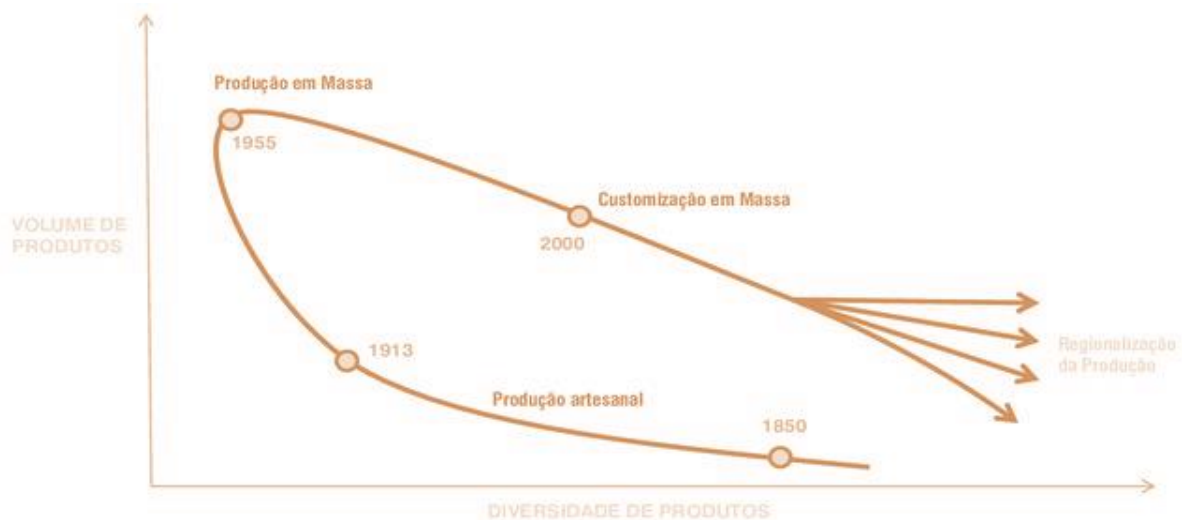


Figura 3 – Evolução dos modelos de produção (retirado de CNI (2016))

A Indústria 4.0 pode ser caracterizada pelo uso de várias tecnologias, tais como a Inteligência artificial, a biotecnologia e tecnologias de *blockchain*. As empresas que entendam e capturem o valor e as vantagens destas tecnologias estarão mais bem posicionadas para satisfazer o mercado. De acordo com o Boston Consulting Group (2021) e Erboz (2017), a Indústria 4.0 é sustentada por nove pilares representados na Figura 4, e descritos de seguida:

- *Robots*. Os *robots* são máquinas capazes de replicar certos movimentos ou tarefas anteriormente realizadas por seres humanos, sendo capazes de interagir entre si e trabalhar em conjunto com o ser humano (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- *Internet of Things*. A Internet das Coisas (do Inglês *Internet of things* - IoT) consiste na conexão entre uma rede de objetos físicos com recurso a dispositivos eletrônicos, permitindo trocas de informações mais rápidas e eficazes em tempo real (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- Simulação (do Inglês *Simulation*): A simulação computacional é utilizada em várias situações, tais como, em plantas industriais para analisar dados em tempo real e na procura de melhorias nas configurações das máquinas, com o objetivo de prever o impacto de alterações que possam vir a ser realizadas no chão de fábrica (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- Ciber segurança (do Inglês *Cybersecurity*): Este pilar tem extrema importância, uma vez que a indústria atual exige a conexão em tempo real. Dessa forma, medidas de ciber segurança devem ser tomadas de forma a proteger, não só, os sistemas, como também, a informação disponível que possa causar impacto na produção e nas pessoas (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- Integração de sistemas (do Inglês *Systems Integration*): Todos os departamentos de uma empresa tornar-se-ão mais coesos com comunicação constante entre si, desta forma integrando-se e originando fábricas mais inteligentes (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- Computação em nuvem (do Inglês *Cloud Computing*): Quanto mais complexo são os sistemas produtivos das empresas e quanto maior a variedade de produtos, maior se torna a necessidade de comunicação entre os diversos departamentos de forma a estes se integrarem. Dessa forma a criação de plataformas conjuntas que sirvam propósitos de comunicação tornam-se importantes (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- 3D: Também conhecido como Manufatura Aditiva, este pilar envolve a produção de partes, quer sejam eles produtos finais ou protótipos, garantindo a qualidade sem comprometer custos (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- *Big data*. No contexto atual, o processamento e análise de dados tornou-se de extrema importância nas tomadas de decisão e no aumento de produtividade dos processos (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020);
- Realidade aumentada (do Inglês *Augmented Reality*): Atualmente, a realidade aumentada pode suportar vários serviços, como por exemplo a formação de novos colaboradores. Com a utilização de tecnologias de realidade aumentada é possível fornecer dados aos funcionários em tempo real. Por consequência, aumentando a capacidade de tomada de decisão dos mesmos e levando

a uma melhor integração entre os colaboradores e departamentos (Erboz, 2017; Ghadge et al., 2020).

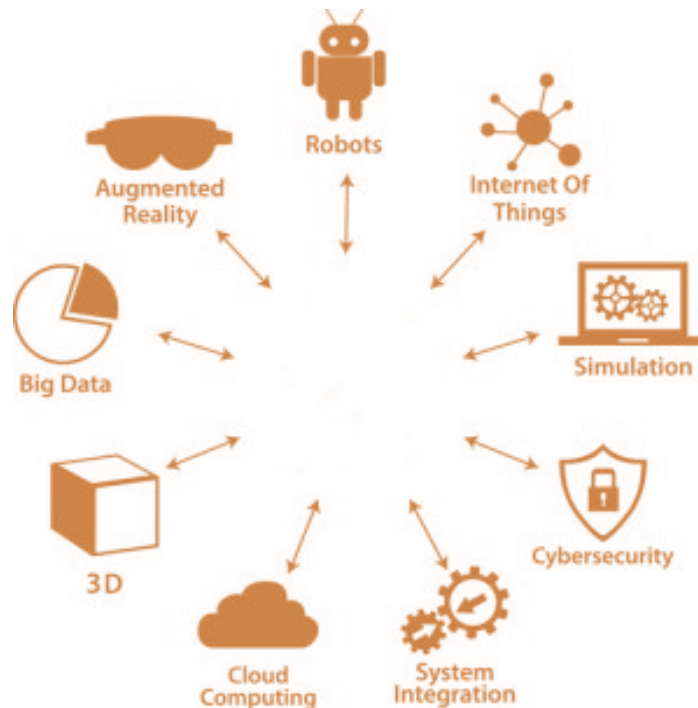


Figura 4 – Pilares da Indústria 4.0 (Retirado de IR 4.0 Center (2021))

Vários são os estudos que mencionam os benefícios relativos à Indústria 4.0. Com base nos mesmos as principais vantagens são: a agilidade, a customização, a precisão e a eficiência.

Relativamente à agilidade, a Indústria 4.0 permite, com a utilização de novas tecnologias, tais como, a IoT, a Computação em Nuvem e a Simulação, um planeamento e controlo de todo o processo relativo à cadeia de abastecimento em tempo real, possibilitando que as empresas se tornem mais flexíveis e aumentem a capacidade de resposta quando existem mudanças na procura. Com estas tecnologias, torna-se possível realizar previsões de eventos futuros, analisar padrões do mercado e aumentar a eficiência das operações logísticas, através da sua digitalização e de métodos inovadores, como por exemplo, entregas via *drone*. (Amazon, n.d.; Barreto et al., 2017; Oztemel & Gursev, 2020).

Com a Indústria 4.0, a possibilidade da customização em massa torna-se viável, permitindo a existência de uma maior oferta e uma maior atribuição de valor aos produtos (Erboz, 2017; Zawadzki & Żywicki, 2016).

Os sistemas de análise de desempenho intrínsecos à Indústria 4.0 viabilizam a realização de análises em tempo real, com dados mais precisos e consistentes, assegurando uma tomada de decisão mais informada, contribuindo para uma maior precisão (Miragliotta et al., 2018).

No que concerne a eficiência, atualmente existem várias empresas, que através do auxílio da robótica, tem sistemas automatizados, como por exemplo centros logísticos inteligentes, através da utilização de *robots*, veículos autónomos e sistemas de paletização automatizados. Em Portugal, a Lidl Portugal, em 2021, inaugurou um novo Centro Logístico semi-robotizado que potencia um aumento de eficiência (Departamento de Comunicação Corporativa LIDL, 2021; Erboz, 2017; Rübmann, 2015).

Independentemente do rápido crescimento e adoção da Indústria 4.0, existem barreiras no que compete à sua implementação, e de seguida estão listadas as principais:

- Restrições financeiras: A restrição financeira é um dos maiores desafios na adoção da indústria 4.0, uma vez que, é necessário um investimento considerável no desenvolvimento de infraestruturas modernas (Theorin et al., 2017);
- Resistência à mudança: Por vezes, as empresas não estão familiarizadas com o termo Indústria 4.0 e podem ignorar os seus benefícios, adotando um certo nível de resistência relativamente à transformação. Pode também existir uma falta de competência ao nível tecnológico o que pode causar hesitação aquando da adoção destas tecnologias (Ras et al., 2017; Theorin et al., 2017);
- Questões legais: Uma grande parte da Indústria 4.0 está focada na digitalização dos processos, através de tecnologias como a Computação em Nuvem e a IoT, o que torna questões de privacidade e segurança de extrema importância de um ponto de vista legal e social (Alani & Alloghani, 2019);
- Falta de políticas e apoio do governo: Os governos têm papéis importantes no delineamento de estratégias para o ramo industrial, existindo a necessidade da criação de políticas e apoios que impulsionem a economia através do desenvolvimento da Indústria. A título de exemplo o Governo Português lançou, em 2017, estratégias para a Indústria 4.0, juntamente com grandes empresas a operar em Portugal, com o principal objetivo da capacitação dos recursos humanos na utilização das novas tecnologias (República Portuguesa, 2017; Schneider, 2018).

A Indústria 4.0 trata-se então de uma revolução Industrial, que abrange uma ampla gama de pilares tecnológicos, como IoT, Computação em Nuvem, Robótica, Simulação, análise de grandes quantidades de dados, entre outros. Paralelamente a estes pilares tecnológicos, existem grandes benefícios inerentes à sua implementação, bem como, alguns obstáculos. Estas novas tecnologias criam também novos desafios e oportunidades, não necessariamente relacionados com a Indústria. No que compete às empresas e aos impactos que a Indústria 4.0 tem nas mesmas, a 4ª Revolução Industrial transforma toda a cadeia de valor dos produtos e/ou serviços desde a fase de planeamento até ao cliente (Oztemel & Gursev, 2020).

2.2 Robótica

A evolução da tecnologia na atualidade ocorre a um ritmo acelerado, uma das áreas onde se pode verificar esse avanço tecnológico é a robótica, que, como mencionado anteriormente, é um dos pilares da Indústria 4.0.

A robótica é a ciência que estuda os *robots*, sendo que o termo, tem origem na palavra checa *robota*, que significa trabalho forçado. A primeira utilização do termo pode ser datada a 1921 pelo escritor Checo Karel Capek. Ao longo do tempo, têm-se procurado novas formas de melhorar processos produtivos, a partir da segunda metade do século XX a robótica permitiu a automatização destes processos. Na história da robótica existiram vários desenvolvimentos importantes, que potenciaram o surgimento do primeiro *robot* industrial. Em 1938, Willard Pollard e Harold Roselund construíram o primeiro mecanismo “programável”, em 1949, Raymond Goertz registou uma patente para um braço articulado. Em 1954, John Devol registou também uma patente relacionada com a área da robótica, o que levou a que, em 1956, através da utilização do método desenvolvido e patenteado por Devol, fosse criado aquele que é considerado o primeiro *robot* industrial, conhecido por “Unimate”. A criação deste *robot* só foi também possível devido ao desenvolvimento de transistores e de circuitos integrados. Posto isto, os manipuladores robóticos (braços indústrias) modernos tornaram-se mais eficientes, a partir da década de 1980, através do uso de microprocessadores e linguagens de programação mais avançadas, devido a elevados investimentos das empresas automobilísticas (Gasparetto & Scalera, 2019).

Os *robots* são um sistema integrado composto por sistema de controlo, fonte de energia, *software*, sensores e manipuladores que funcionam conjuntamente com o objetivo da realização de uma tarefa. Por definição contemporânea, são agentes programáveis cujo objetivo é a realização de tarefas pré-definidas, de forma repetitiva, consistente e com um alto grau de precisão.

Atualmente, os *robots* industriais são parte integrante dos processos de fabrico modernos, sendo utilizadas com o objetivo de um aumento de produtividade e diminuição do risco na realização de tarefas consideradas perigosas para os seres humanos. Na robótica Industrial, a segurança do trabalhador é geralmente garantida pela separação física dos espaços de trabalho do operador e do *robot* (Pedrocchi et al., 2013; Rosenstrauch & Kruger, 2017).

2.2.1 Robótica Colaborativa

A robótica Industrial é utilizada em quase todas as áreas da indústria, no entanto, existem tarefas que não podem ser facilmente robotizadas devido a características intrínsecas das mesmas, tais como a complexidade ou a variabilidade. De forma a superar essa dificuldade surge a diminuição da distância

entre o *robot* e o trabalhador criando um espaço colaborativo, onde o ser humano e o *robot* se complementam ao invés de se substituírem, juntando a consistência e precisão dos *robots* com a flexibilidade e tomada de decisão dos seres humanos. Este conceito é conhecido por robótica colaborativa, onde a colaboração humano-*robot* (do inglês, *human-robot collaboration* - HRC) existe e é desejável, reduzindo a carga física dos trabalhadores e aumentando a produtividade e a qualidade das tarefas (Landi et al., 2018; Villani et al., 2018). O conceito de HRC é referente à utilização de *robots* não confinados a um espaço físico isolado e que não comprometam a segurança dos trabalhadores. As tarefas atribuídas ao *robot* e aos operadores situam-se no mesmo espaço de trabalho e de forma colaborativa eliminando a divisão entre o trabalho manual e o trabalho robotizado (Cherubini et al., 2016). Esta colaboração só se torna possível pela eliminação das separações físicas entre os *robots* colaborativos (*cobots*) e os trabalhadores, levantando questões sobre a segurança dos mesmos tendo surgido normas para o seu funcionamento, tais como a ISO 10218-1, a ISO 10218-2 e a ISO/TS 15066, sendo as duas primeiras referentes a requisitos de segurança de soluções robóticas, e a última referente a *cobots* e à definição de requisitos para a sua aplicação (International Organization for Standardization, 2011a, 2011b, 2016).

Uma das definições mais aceites para *cobot* é um *robot* que pode partilhar o espaço de trabalho com os operadores. Cenários ocupacionais com HRC têm sido considerados como uma estratégia viável para a realização de tarefas perigosas e/ou fisicamente exigentes. Esta relação mútua entre trabalhadores e *robots* leva a uma estrutura colaborativa com um impacto positivo na flexibilidade e criação de novos empregos, em vez da substituição de trabalhadores (Gualtieri et al., 2021b).

Relativamente aos níveis de cooperação entre um humano e um *robot*, existem autores, tais como, Cesta et al. (2016), Helms et al. (2002), Kolbeinsson et al. (2018) e Shi et al. (2012) que definem 4 níveis de cooperação, e existem outros autores tais como, Bauer et al. (2016) e Zeta Group Engineering (2020), que definem a existência de 5 níveis de cooperação. As diferenças encontradas entre a definição dos níveis de cooperação, estão relacionadas com os casos em que o funcionamento do *robot* é independente do trabalho realizado pelo humano. Para Bauer et al. (2016) e para o Zeta Group Engineering (2020), nas situações onde o funcionamento do *robot* e o trabalho do humano são independentes entre si existem 2 situações distintas. Tendo por base os níveis de cooperação definidos por Bauer et al. (2016) e pelo Zeta Group Engineering (2020), a Figura 5 demonstra os vários níveis de cooperação entre humanos e *robots*.

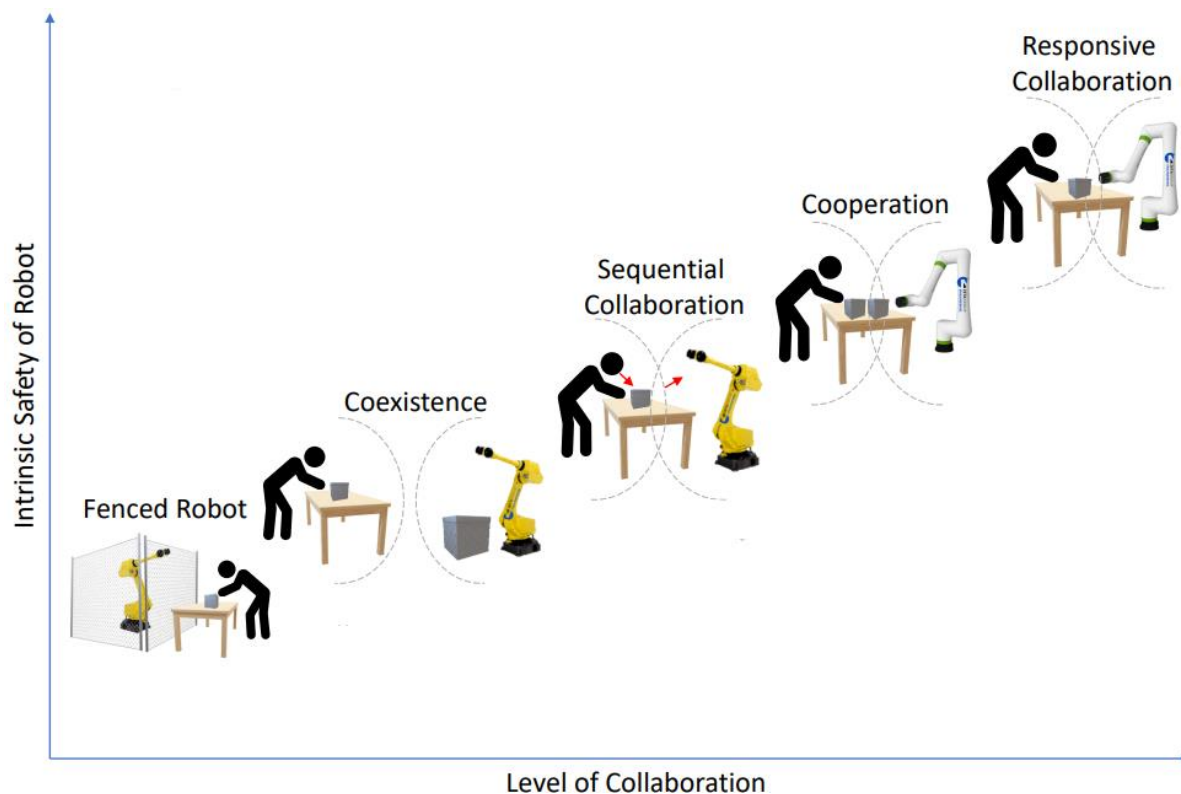


Figura 5 – Níveis de cooperação entre um humano e um robot (Retirado de Zeta Group Engineering (2020))

Pode-se observar no primeiro caso, *Robot Isolado* (do Inglês *Fenced Robot*), que a cooperação entre humano e *robot* não existe. O *robot* está isolado num espaço, com separação física do humano, pelo que esta situação se destaca pela segurança, bem como pelo desempenho, que pode ser mais elevado por parte do *robot*, uma vez que não existe perigo de contacto com o humano. No entanto, esta situação assume uma maior ocupação de espaço. No segundo caso, *Coexistência* (do Inglês *Coexistence*), o humano e o *robot* trabalham lado a lado, no entanto, não partilham o espaço de trabalho. Ademais, o *robot* já não se encontra fisicamente separado do humano. Nesta situação já se torna necessária a utilização de sensores que permitam que o *robot* pare quando o trabalhador entre no seu espaço de trabalho, permitindo aos trabalhadores terem um acesso facilitado ao espaço do *robot*. Nos três casos seguintes já existe partilha do espaço de trabalho, variando o nível de cooperação entre si. Começando pelo terceiro caso, *Colaboração Sequencial* (do Inglês *Sequential Collaboration*), que tal como o nome indica o humano e o *robot* partilham o espaço de trabalho de uma forma sequencial. Para este e para os 3 casos seguintes, existem 3 espaços de trabalhos distintos, o espaço de trabalho do humano, o espaço de trabalho do *robot*, e uma interseção entre ambos, sendo este o espaço de trabalho partilhado. Na situação de colaboração sequencial este último espaço de trabalho é utilizado quer pelo *robot*, quer pelo humano de uma forma sequencial e nunca simultaneamente. No quarto caso, *Cooperação* (do Inglês *Cooperation*), o espaço de trabalho partilhado pelo humano e pelo *robot* pode ser utilizado em

simultâneo, no entanto, em produtos/componentes diferentes e nunca no mesmo produto/componente. Por fim, no quinto e último caso, Colaboração Ágil (do Inglês *Responsive Collaboration*), a HRC é máxima, o *robot* e o humano partilham o espaço de trabalho simultaneamente e no mesmo produto/componente (Bauer et al., 2016; Zeta Group Engineering, 2020).

Posto isto, ainda que o objetivo da robótica colaborativa seja o da colaboração ágil, essa situação nem sempre é possível ou desejável, uma vez que todas as situações de cooperação descritas anteriormente apresentam benefícios e restrições. A título de exemplo, nas 3 primeiras situações de cooperação existe a possibilidade da utilização de *robots* industriais, o que permite uma maior capacidade de carga e produtividade quando comparado com *cobots*. No entanto, as duas últimas situações cooperativas permitem uma maior flexibilidade e um menor custo quando comparado a *robots* industriais (Bauer et al., 2016; Roehi, 2017).

O objetivo dos *cobots* é o de melhorar as condições ergonómicas e reduzir o nível de risco aos quais os trabalhadores estão expostos, através da substituição ou auxílio das tarefas que representem risco para os trabalhadores (Pedrocchi et al., 2013; Vicentini et al., 2020). Sendo então, um dos maiores impactos da robótica colaborativa a redução do risco associado às LMERT, que se referem ao conjunto de transtornos que afetam músculos, tendões, articulações, nervos e ligamentos. Consequentemente melhorando o conforto geral dos trabalhadores e diminuindo a taxa de absentismo (Cherubini et al., 2016; Rosenstrauch & Kruger, 2017; Stewart et al., 2003). As LMERT estão associadas a vários fatores de risco, tais como, movimentações repetitivas das mãos e braços, posicionamentos inadequados, adoção de ângulos estranhos, movimentação dos braços, pulsos e ombros de forma inadequada, elevado esforço físico e MMC. As LMERT afetam milhares de pessoas em Portugal, Cunha-Miranda et al. (2010) conduziu um estudo epidemiológico sobre a prevalência das LMERT, recolhendo dados através de um questionário enviado a 515 empresas, com um total de 410496 trabalhadores, o que à data do estudo representava 11% da população ativa em Portugal. Desta amostra, concluiu-se que 24269 pessoas tinham lesões clinicamente relevantes, segundo o seu médico do trabalho, representando 5,9% da amostra de estudo.

Embora não seja possível a eliminação das LMERT, por completo, muitas destas lesões são evitáveis com a melhoria dos PT, através do seu *redesign*, de soluções como a ginástica laboral, formação dos trabalhadores ao nível da adoção de posturas e através da implementação de novas soluções como a robótica colaborativa (Gualtieri et al., 2020; Krüger et al., 2015).

Uma das vantagens da robótica colaborativa quando comparada à robótica tradicional, é o facto de os *cobots* serem construídos com o objetivo de realizar movimentos suaves, uma vez que o objetivo destes,

é o funcionamento harmonioso com os trabalhadores humanos. Os *cobots* são construídos de forma a não constituírem um fator de risco para os trabalhadores. Aquando da sua conceção são considerados fatores ergonómicos e antropométricos. Em adição, os *cobots* contêm várias câmaras e sensores que permitem a realização de tarefas conjuntamente com seres humanos, e permitem que o *cobot* evite acidentes. A estrutura do *cobot* é construída de modo a não colocar em risco os trabalhadores, reduzindo o número de arestas e pontos de contacto com o mesmo, os *cobots* são também contruídos de forma a produzir o mínimo de ruído e temperatura prejudicial aos seres humanos.

Existem no mercado várias soluções ao nível de pegas (do inglês *gripper*), o que torna possível a adaptação do *cobot* à geometria das diferentes peças a serem manipulados nos PT híbridos (Gualtieri et al., 2020; Malik & Bilberg, 2017; Roehi, 2017).

A robótica colaborativa oferece também vantagens inerentes à robótica em si, tais como, a precisão dos movimentos realizados e a padronização das tarefas executadas, pelo que é previsto um aumento da qualidade aquando da implementação de soluções deste tipo. No entanto, o custo de aquisição e manutenção, bem como o volume de um *cobot* é muito inferior ao de um *robot* industrial (Martinoli et al., 2004; Roehi, 2017). A implementação de soluções colaborativas é cada vez mais comum e já foi documentada em vários casos, de diferentes secções, de vários tipos de indústrias. Na Tabela 1, encontram-se descritos alguns destes casos documentados.

Tabela 1 – Exemplos documentados da aplicação de cobots na Indústria

Autores	Objetivo	Metodologia	Resultados obtidos
(Gualtieri et al., 2020)	Conversão de um PT manual de montagem de cabos elétricos, num PT colaborativo com o objetivo de melhorar a ergonomia física, em termos da redução da sobrecarga biomecânica, e aumentar a produtividade reduzindo o tempo de ciclo.	<ul style="list-style-type: none"> - Análise da situação atual a nível ergonómico. - Avaliação da potencialidade da robótica colaborativa. - Redesign do PT com requisitos de ergonomia física e aumento da eficiência de produção. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria dos índices de ergonomia relacionados com análise postural. - Redução da sobrecarga biomecânica do trabalhador. - Redução do tempo de ciclo em 12,3%.
(Colim et al., 2021)	Melhorar as condições ergonómicas dos trabalhadores com limitações físicas, sem comprometer a produtividade, num PT designado por pré-montagem, que pertence ao processo de montagem de “frames” cujos produtos finais são MDF para mesas e estantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de indicadores de desempenho e análise de desperdícios. - Análise do nível de risco musculoesquelético de acordo com uma abordagem multi-método. - Avaliação das perceções dos trabalhadores sobre robótica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria das condições ergonómicas. - Redução nos tempos de ciclo. - Redução do consumo de cola.

2.2.2 Implementação de robótica colaborativa

Uma das principais questões relativas à utilização de robótica colaborativa é o potencial do seu uso e a facilidade de implementação, através do *redesign* dos PT. Alguns dos constrangimentos na implementação de soluções colaborativas são a falta de conhecimento deste tipo de tecnologia e a aceitação por parte dos trabalhadores. Vários estudos já foram realizados relativamente ao conforto dos trabalhadores perante a robótica. Colim et al. (2021) concluiu que existe um desconforto inicial com a robótica colaborativa, preferindo as pessoas trabalharem com *robots* separados fisicamente deles. No entanto, após implementação de uma solução de HRC os trabalhadores demonstraram perceções positivas relativamente ao novo PT. No que concerne a viabilidade da implementação de robótica colaborativa, como supramencionado, a sua implementação pode não ser sempre executável, pelo que

se torna necessário realizar uma análise de forma a avaliar se a sua implementação é possível, e qual o seu potencial. Na Tabela 2, encontram-se descritas 2 abordagens de forma a averiguar a potencialidade e definir requisitos para o *design* de postos com robótica colaborativa.

Tabela 2 – Abordagens para avaliar a potencialidade de implementação de robótica colaborativa

Autores	<i>Framework</i> proposta
(Gualtieri et al., 2019)	<p>Avaliação com base em questões críticas relacionadas com:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Segurança e ergonomia, - Qualidade do processo; - Economia; <p>Algoritmo requer a pontuação das questões entre 0 a 3;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0 - Não há melhorias possíveis para a tarefa; - 3 – Melhorias são extremamente recomendáveis. <p>Somar resultados das questões;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0 – Não existe potencial; - 1 a 8 – Potencial baixo; - 9 a 17 – Potencial moderado; - 18 a 26 – Bom potencial; - 27 a 36 – Potencial elevado.
(Colim, Faria, et al., 2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterização da situação inicial; <ul style="list-style-type: none"> - Questionário Nórdico Musculoesquelético; - <i>Ergonomic Workplace Analysis</i>; 2. Dados para o <i>redesign</i> do PT; <ul style="list-style-type: none"> - Estudo de tempos; - Questionários para recolha das perceções dos trabalhadores (e.g. CR-10 Escala de Borg); - Análise Ergonómica das tarefas realizadas (e.g. Método RULA e Método KIM-MHO); 3. Definição de requisitos Ergonómicos; <ul style="list-style-type: none"> - Alocação de tarefas considerando a análise ergonómica; - Implementação de correções no <i>design</i> do PT tendo por base dados antropométricos.

Além de ser necessário analisar a viabilidade para a implementação de HRC, aquando dessa implementação surge um outro problema, a alocação de tarefas, ou seja, definir quais as tarefas que serão realizadas pelo *cobot*, quais as tarefas que serão realizados pelos trabalhadores humanos e quais as tarefas que serão realizadas colaborativamente. Para Antonelli & Bruno (2017), Fechter et al. (2018) e Lemmerz et al. (2018) é necessário propor uma abordagem que tenha em consideração os pontos fortes dos *cobots* e dos trabalhadores, podendo este processo ser auxiliado com a utilização de modelos e simulações em *Computer Aided Design* (CAD). Gualtieri et al. (2019) define um processo de alocação de tarefas humano-robot, (do Inglês *Human-Robot Activity Allocation* (HRAA)), em que considera uma avaliação técnica, critérios ergonómicos e uma avaliação qualitativa e económica.

2.3 Técnicas e ferramentas utilizadas para suportar a implementação de HRC

2.3.1 Métodos de Avaliação Ergonómica

Como supracitado, é um direito dos trabalhadores a prestação de trabalho em condições que respeitem a sua segurança e saúde. Na União Europeia, 40% da população trabalhadora sofre de dor nas costas e ombros (Näf et al., 2018). Ademais, Cunha-Miranda et al. (2010), conclui que 5,9% da população trabalhadora portuguesa sofre de algum tipo de doença musculoesquelética relacionada com o trabalho. Tendo em consideração o óbvio impacto na saúde dos trabalhadores, os valores da incidência de doenças profissionais demonstram a necessidade da existência de preocupação e de atender à proteção dos trabalhadores nesta temática, bem como a necessidade de salvaguardar os elevados custos que as LMERT possam ter para uma organização (Näf et al., 2018; Stewart et al., 2003). Dessa forma torna-se importante identificar, medir, analisar e reduzir o impacto dos fatores de risco associados às LMERT.

De acordo com a temática deste projeto de dissertação, e de forma a avaliar a potencialidade para a implementação de um sistema colaborativo, foram utilizadas um conjunto de técnicas e ferramentas baseadas no estado de arte conduzido.

Nomeadamente métodos para avaliação ergonómica dos PT, tendo estes sido criados com o intuito de assegurar a qualidade laboral, prevenir lesões e auxiliar a saúde ocupacional. De acordo com David (2005), existe uma grande variedade de métodos, e estes podem ser classificados e descritos entre:

- Autorrelatos dos trabalhadores que podem ser usados para reunir dados sobre exposição no local de trabalho a problemas físicos e psicossociais. Usando métodos que incluem *feedback* dos trabalhadores através de entrevistas, questionários, autoavaliação de vídeo das tarefas de trabalho, entre outros. Uma das principais vantagens destes métodos é a sua simplicidade de

aplicação aos trabalhadores. No entanto, é necessária uma amostra grande para garantir que os dados recolhidos sejam representativos. A sua utilização pode resultar em conclusões imprecisas e não confiáveis;

- Métodos observacionais são métodos que geralmente permitem avaliações posturais de vários segmentos do corpo. A maioria avalia vários fatores críticos de exposição física, atribuindo pontuações para combinações de fatores a que os trabalhadores estão expostos, definindo limites de exposição. Estes métodos têm a vantagem de serem baratos e práticos para uso, inclusive em situações onde o uso de outros métodos pode ser difícil devido à entropia causada. Uma das suas desvantagens é o facto de poderem estar sujeitos a variabilidade entre analistas;
- Métodos diretos são métodos que contam com a utilização de *softwares* próprios, e pressupõe a utilização de sensores e aparelhos mais ou menos sofisticados. Tendo isso em conta, uma das principais desvantagens da sua utilização é o elevado investimento inicial, a necessidade de técnicos especializados e a entropia causada ao normal funcionamento de um PT.

Para o âmbito deste projeto de dissertação, foram utilizados 3 métodos observacionais, método *Ergonomic Workplace Analysis* (EWA), *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) e o *Key Indicator Method* (KIM), seguidamente explicitados.

Método EWA

O método EWA, é um método bidimensional que procura reunir as perceções dos trabalhadores sobre o seu PT e recolher uma análise mais objetiva, por parte de um analista. O método é designado por EWA ou por método *Finnish Institute of Occupational Health* (FIOH), uma vez que foi desenvolvido por parte do Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (do inglês *Finnish Institute of Occupational Health*) no final da década de 1980 (Ahonen et al., 1989). O método EWA é um método observacional no qual é atribuída uma pontuação aos vários tópicos estudados entre 1 e 4, quer por parte dos trabalhadores, quer por parte de um analista. Este método considera a perceção dos trabalhadores relativamente a determinados fatores que podem influenciar o ambiente relativo ao seu PT, no que respeita potenciais fontes de risco aos quais os trabalhadores poderão estar expostos. Para cada um dos 14 tópicos é então feita uma avaliação por parte dos trabalhadores que segue uma escala de 4 níveis qualitativos: (- -) ou (4) muito mau, (-) ou (3) mau, (+) ou (2) bom e (++) ou (1) muito bom (Ahonen et al., 1989).

Os fatores considerados estão listados de seguida: Espaço de trabalho; Atividade física em geral; Tarefas de elevação manual de cargas; Posturas e movimentos; Risco de acidente; Conteúdo do trabalho; Restritividade do trabalho; Comunicação e contactos pessoais entre trabalhadores; Tomada de decisão; Repetitividade do trabalho; Nível de atenção requerido; Iluminação; Ambiente térmico; Ruído.

A aplicação do método EWA em PT industriais onde se pretende implementar uma solução colaborativa, já se encontra documentado em artigos científicos, entre os quais se encontram os casos de estudo de Colim, Carneiro, et al. (2020) e Colim, Sousa, et al. (2020). Adicionalmente, Colim, Faria, et al. (2020) propõe uma *framework* para o *design* de PT com robótica colaborativa que pressupõe a utilização do método EWA.

Método RULA

O método RULA foi desenvolvido, em 1993, por E. Nigel Corlett e Lynn McAtamney, sendo este um método observacional cujo objetivo é o de analisar de forma rápida, como o próprio nome indica, riscos posturais, dinâmicos ou estáticos, incluindo também outros fatores, tais como a força e a repetitividade associada aos membros superiores (McAtamney & Corlett, 1993).

O método RULA é um método que não requer a utilização de ferramentas, ou equipamentos específicos, sendo apenas necessário um avaliador que observará o trabalhador no desenvolvimento das tarefas associadas ao seu PT. Este método pode ser aplicado em qualquer PT onde o risco de LMERT esteja presente, independentemente do setor. Consiste num método em que são avaliadas posturas, quanto ao risco de LMERT, através de várias categorias, atribuindo uma pontuação às diferentes posturas adotadas, em todas as zonas corporais contempladas pelo método, que são respetivamente, o braço, antebraço, pulso, pescoço, tronco, e membros inferiores (McAtamney & Corlett, 1993).

Aquando da aplicação do método, primeiramente, é necessário selecionar o PT e identificar as posturas adotadas pelo trabalhador. As medições necessárias são essencialmente angulares, podendo ser feitas diretamente aos trabalhadores ou através da utilização de fotografias ou análise de *frames* de um vídeo do PT.

A aplicação do método RULA deve ser efetuada depois de uma observação cuidada de vários ciclos de trabalho. A seleção das posturas a analisar deve ser baseada na postura assumida durante a maioria do ciclo de trabalho, ou onde ocorra a maior sobrecarga, ou ainda aplicada a todos os elementos durante um ciclo. O método compreende dois grupos, Grupo A que engloba o braço, antebraço, pulso e a sua rotação e o Grupo B que engloba o pescoço, tronco e membros inferiores. Em adição, o método utiliza diagramas de posturas corporais e três tabelas de pontuações que providenciam a avaliação aos riscos expostos (Anexo 1).

A obtenção da pontuação final RULA é conseguida através do efeito combinado das diferentes pontuações parciais obtidas através da classificação do Grupo A e do Grupo B e tendo em consideração a utilização muscular, força e o caráter da postura, de forma a integrar questões relacionadas com a fadiga. Adquirida a pontuação final RULA, quanto maior for a sua pontuação, que varia entre 1 e 7, maior

será o risco associado à atividade em análise e maior será também a urgência em realizar um estudo mais detalhado e introduzir alterações ao PT. Através da pontuação obtida, e da tabela C do método é possível definir o nível de ação e perceber a necessidade de medidas de intervenção.

A aplicação do método RULA em PT cujo objetivo é a transformação dos mesmos em PT com HRC já se encontra documentado em artigos científicos dos quais se destacam os estudos de Colim, Sousa, et al. (2020) e Gualtieri et al. (2020).

Método KIM-MHO

O método KIM, especificamente o método *KIM-Manual Handling Operations* (KIM-MHO) é um método para a avaliação das condições de trabalho, tendo sido desenvolvido pelo Instituto Federal de Segurança do Trabalho e Saúde (do Inglês *Federal Institute for Occupational Safety and Health* - BAuA) e lançado no ano 2007. Uma vantagem do KIM-MHO em relação aos outros métodos é que o fator força pode ser considerado de forma mais diferenciada. Além disso, o método é projetado para ser aplicável a qualquer duração de uma tarefa. O KIM-MHO foi desenvolvido em analogia com os métodos KIM previamente existentes, tais como o *KIM-Lifting Handlying and Carrying* (KIM-LHC), tendo sido este método concebido para preencher a lacuna existente na análise de risco dos processos de trabalho manual, já que os KIM previamente existentes tratam apenas da MMC (Klussmann et al., 2017; Klußmann et al., 2012). Os principais fatores (*Key Indicators*) considerados numa análise KIM-MHO são os seguintes:

1. Duração diária da atividade;
2. Tipo, duração e frequência de execução Forças;
3. Postura corporal;
4. Postura da mão/braço;
5. Organização do trabalho;
6. Condições de trabalho.

Tal como o método RULA o método KIM-MHO é um método quantitativo em que os fatores considerados são classificados em diferentes escalas. De forma a obter uma pontuação final, multiplica-se o valor da escala da duração diária da atividade (1), com a soma das restantes pontuações (2 a 6) (Anexo 2). Essa pontuação pode ser atribuída a uma faixa de risco:

- < 20 pontos – A sobrecarga física é improvável, nenhum risco para a saúde é esperado;
- $20 \leq 50$ pontos - A sobrecarga física é possível para pessoas menos resilientes. Fadiga, problemas de adaptação de baixo gravidade podem existir, estes podem ser compensados

durante o tempo de lazer. Para pessoas menos resilientes *redesign* do PT e outras medidas de prevenção podem ser úteis;

- $50 \leq 100$ pontos - A sobrecarga física é possível para pessoas normalmente resilientes. Distúrbios/Dor podem existir sendo reversíveis em maioria dos casos, sem manifestação morfológica. *Redesign* do local de trabalho e outras medidas de prevenção devem ser consideradas;
- > 100 pontos - A sobrecarga física é provável. Distúrbios e/ou disfunções com significado patológico. Medidas de *redesign* do local de trabalho são necessários. Outras medidas preventivas devem ser consideradas.

Seguidamente, através do formulário do método (Anexo 2) retira-se o nível de risco que pode estar compreendido entre 1 e 4. A aplicação do método KIM-MHO no que compete avaliações ergonómicas relacionadas com robótica colaborativa, já se encontra documentado em artigos científicos dos quais se destacam os artigos de Colim, Faria, et al. (2020) e Colim, Morgado, et al. (2021).

Método KIM-LHC

O primeiro KIM criado foi respetivamente o KIM-LHC, tendo sido publicada a sua primeira versão revista em 2000. O objetivo foi desenvolver um método com a finalidade de apoiar a avaliação de risco para MMC. O método desenvolvido envolveu colaboração com empresas e inspetores e resultou numa folha de aplicação para o desenvolvimento do método de avaliação de risco (Anexo 3) (Steinberg, 2012).

A razão para o desenvolvimento do KIM-LHC, relaciona-se com o elevado esforço dos profissionais na realização de uma análise de risco. De uma forma semelhante ao método KIM-MHO, foram definidos os fatores principais, apresentados de seguida:

1. Duração diária da atividade;
2. Massa da carga transportada;
3. Condições de manuseamento;
4. Postura corporal;
5. Condições de trabalho desfavoráveis;
6. Organização do trabalho.

Tal como o método RULA e o método KIM-MHO, o KIM-LHC é um método quantitativo em que os fatores considerados são classificados em diferentes escalas. Semelhantemente ao KIM-MHO de forma obter uma pontuação final, multiplica-se o valor da escala da duração diária da atividade (1), com a soma das restantes pontuações (2 a 6), seguindo a mesma escala do método KIM-MHO.

2.3.2 Estudo de tempos

As principais técnicas utilizadas no estudo do trabalho são respetivamente a cronometragem, amostragem do trabalho, sistemas de tempos pré-determinados e os sistemas de dados de referência. As técnicas mencionadas variam na forma de obtenção dos dados, sendo a cronometragem obtida através da observação direta contínua e intensiva de tarefas de ciclos curtos; a amostragem obtida através de observação direta extensiva para tarefas de ciclos longos e não repetitivos; sistemas de tempos pré-determinados são obtidos através de resultados de tempos estipulados para as atividades fundamentais; por fim, os sistemas de dados de referência são obtidos através da utilização de bases de dados de tempo semelhantes a dados anteriormente obtidos (Mundel, 1985).

No âmbito desta dissertação apenas irá ser aplicado o método cronometragem sendo realizada observação direta, intensiva e contínua dos PT estudados. Este método baseia-se na observação direta com posterior registo dos tempos, bem como recolha das condições da execução de uma determinada tarefa para posterior processamento dos dados recolhidos. Esta medição de tempo, como o nome indica é obtida com o auxílio de um cronómetro e posterior registo numa folha criada para o efeito. Este estudo tem alguns pressupostos, tais como a definição da precisão utilizada. É importante salientar que posteriormente ao registo dos tempos obtidos, é necessário a realização de ajustamentos referente às características do PT (Anexo 4). De forma a utilizar corretamente um estudo de tempos por cronometragem existem algumas etapas a seguir, demonstradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Etapas de um estudo dos tempos

Etapas	Descrição
1	Escolha da atividade a estudar seguida de uma divisão em elementos da atividade.
2	Criação de uma folha de registo; Definição do nível de confiança; Realização do número de observações necessário de acordo com o nível de confiança definido.
3	Julgamento da atividade tendo por base o ritmo definido como referência.
4	Ter em consideração a dificuldade da tarefa e realização de ajustes com base em valores empíricos pré-determinados (Anexo 4).
5	Tendo reunido toda a informação necessária é nesta fase que se retiram conclusões.

2.3.3 Algoritmo de avaliação da potencialidade de implementação de HRC

Sendo objetivo desta dissertação avaliar a potencialidade da implementação de robótica colaborativa, em PT manuais, foi aplicado um algoritmo baseado nos estudos de caso desenvolvidos por Gualtieri et al. (2019), (2020) e (2021). Este tem a finalidade de averiguar de acordo com um conjunto de fatores se um determinado PT manual pode ser assegurado por um PT híbrido. O objetivo deste algoritmo é propor uma metodologia de avaliação que possa também ser aplicado por pequenas e médias empresas. De acordo com Gualtieri et al. (2020) a simplicidade do algoritmo é direcionada para melhor apoiar os técnicos sem competências e/ou experiências específicas, fornecendo uma ferramenta para uma avaliação rápida e simples.

A avaliação considera fatores como a Segurança e Ergonomia, Qualidade do Processo/Produto e Fator económico. Conforme princípios da Indústria 4.0, que visam promover sistemas de produção sustentáveis, o algoritmo é organizado para dar mais relevância à segurança e bem-estar ocupacional dos trabalhadores. Posteriormente, o procedimento considera a qualidade do processo e do produto. Por fim, a última consideração refere-se aos fatores económicos. O algoritmo requer a pontuação de todos os tópicos, que consiste na atribuição de 1 número inteiro compreendido entre 0 e 3, onde 0 significa que não existem melhorias possíveis para a situação analisada e 3 que estas são extremamente recomendáveis.

3. COLABORAÇÃO ENTRE EMPRESA E LABORATÓRIO COLABORATIVO – DTx

Este capítulo dedica-se à apresentação do laboratório onde este projeto foi desenvolvido, bem como à apresentação da empresa, seguida de uma descrição genérica das diversas secções da empresa.

3.1 DTx – Digital Transformation CoLab

O laboratório de Investigação onde este projeto de dissertação foi desenvolvido, intitula-se como Laboratório Colaborativo em Transformação Digital – DTx (DTx – *Digital Transformation CoLab*), tendo sido fundado a 10 de Maio de 2018, com o estatuto jurídico de associação privada sem fins lucrativos. Sendo 1 dos atuais 35 laboratórios colaborativos aprovados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), conduz a sua atividade na investigação de diferentes áreas ligadas à transformação digital, com o claro objetivo de liderar a transformação digital nas organizações, processos e competências em Portugal. Num momento atual, marcado por novas revoluções científicas e tecnológicas, o DTx “*visa impulsionar a inovação em toda a cadeia de desenvolvimento do produto, desde a conceção da ideia até à riqueza da experiência do consumidor final*” (Agência Nacional de Inovação, n.d.; DTx - Digital Transformation CoLab, n.d.-a; Fundação para a Ciência e Tecnologia, n.d.). A sua missão, visão e valores são claros, tendo este laboratório como visão a criação de soluções inovadoras em transformação digital, indo ao encontro das necessidades dos seus associados criando valor económico e social. Como missão, “*ser um parceiro de referência para os seus associados, nas áreas da inovação e da transformação digital, através do conhecimento, competência, qualidade e paixão no desenvolvimento de sistemas ciber-físicos e de outras soluções*” (DTx - Digital Transformation CoLab, n.d.-a).

O laboratório em questão labora na interseção dos domínios físico, digital e cibernético, com o propósito de criar a próxima geração de sistemas ciber-físicos avançados, capazes de ofuscar as fronteiras entre o mundo real e o virtual

Por fim, a sua estratégia está alinhada com os objetivos estratégicos da Comissão Europeia para promover a inovação entre os seus estados-membros. Dessa forma foram estruturados os campos de atuação do laboratório colaborativo nas seguintes áreas: *Software* e Sistemas de Informação, entre os quais se encontram incluídos por exemplo a Inteligência Artificial e a IoT; *Hardware* de Sensores, abrangendo Micro e Nano eletrónica e Eletrónica flexível; Fatores Humanos, englobando a interseção entre pessoas e *robots*; Materiais Avançados, incluindo Materiais Inteligentes e Sustentáveis; Fabrico Inteligente, incluindo Processos e Gestão da Produção no contexto da Indústria 4.0 (DTx - Digital Transformation CoLab, n.d.-b).

3.2 Empresa

O presente projeto de dissertação de mestrado encontra-se relacionado com uma empresa de mobiliário e decoração.

O estudo realizou-se no complexo industrial da empresa em Paços de Ferreira, no distrito do Porto.

As instalações da empresa integram 3 fábricas distintas. Internamente, as fábricas encontram-se em funcionamento paralelo de uma forma semi-independente entre si, tendo por áreas de especialização:

- Produção de móveis de estrutura alveolar, designado por *board on frame* (BOF);
 - *Lacquering & Print* (L&P);
 - *Foil*;
- *Pigment Furniture Factory* (PFF);
 - *Pigment*.

Apesar de resultarem de processos produtivos distintos, o mobiliário produzido na L&P é semelhante ao produzido na *Foil*, sendo os produtos resultantes estantes, mesas e secretárias. A diferença significativa entre estas unidades produtivas encontra-se na fase de acabamento, sendo que na *Foil*, o processo de acabamento é realizado com recurso a folha de cor, enquanto que, na L&P este mesmo processo é realizado através de pintura. A fábrica PFF destina-se à produção de mobiliário de cozinha e mobiliário de quarto.

4. DESCRIÇÃO DO SETOR DE NEGÓCIO BOF

Neste capítulo irá ser realizada uma descrição do setor de negócio BOF, bem como uma descrição mais abrangente da secção da fábrica onde este projeto está inserido.

4.1 Caracterização das fábricas do setor BOF

A área de atividade que será analisada no presente projeto de dissertação é a área do *Packing* do setor BOF. O *Packing* destina-se à embalagem dos produtos resultantes das Fábrica L&P e *Foil*. Seguidamente, uma breve descrição das diferentes fábricas do setor irá ser realizada.

4.1.1 Caracterização da fábrica L&P

A fábrica L&P é constituída por 5 secções produtivas (Figura 6). A secção do *cutting* é comum tanto à fábrica L&P, como à *Foil*. Nesta secção é realizado o corte da matéria-prima, placas de *High Density Fiber* (HDF), placas de *Medium Density Fiber* (MDF) e placas de melanina. De seguida, na secção dos *frames* são construídas molduras constituídas por cubos e ripas de madeira. Na *Cold Press*, procede-se ao preenchimento do interior das molduras com cartão em forma de favo de mel. Na secção seguinte são iniciados processos de acabamento e furação de forma a colocar as respetivas orlas. Por fim, na *Lacquering* realiza-se o processo de pintura das diferentes peças.



Figura 6 – Secções da fábrica L&P

4.1.2 Caracterização da fábrica Foil

A unidade fabril designada como *foil* é constituída por 4 secções (Figura 7). Tal como mencionado anteriormente, relativamente ao *cutting* esta secção é comum às duas fábricas, sendo responsável pelo corte da matéria-prima. Seguidamente, na secção *Board on Style* (BOS) são realizados os preenchimentos de molduras com cartão em forma de favo de mel. Posteriormente, na secção *Foil & Wrapping* realizam-se dois processos, o processo *foil* que consiste no revestimento das molduras com o papel, seguido do processo *wrapping* que é o processo responsável pelo corte dos painéis em peças individuais. Por fim, na secção *Edgeband & Drill* realizam-se um conjunto de processos produtivos, entre os quais se encontram, corte, orlagem e furação.



Figura 7 – Secções da fábrica Foil

4.2 Descrição da secção Packing do setor BOF

A secção do *Packing* forma a última área produtiva, destinando-se à embalagem dos diferentes componentes produzidos nas restantes áreas produtivas das fábricas L&P e *Foil*. A área correspondente ao *Packing* abrange seis linhas de embalagem, designadas respetivamente por: *Kalfass 1*, *Kalfass 2*, *Genax 1*, *Genax 2*, *Biele 1* e *Biele 2*. Para além das linhas destinadas ao embalamento, abrange também o armazém de matérias-primas e de produto intermédio.

Relativamente aos horários da produção, o *Packing* à semelhança das restantes áreas produtivas opera em 3 turnos. Os turnos encontram-se organizados da seguinte forma: turno 1 (07h00-15h00), turno 2 (15h00-23h00) e turno 3 (23h00-07h00). Cada turno opera durante sete horas e meia, sendo a restante meia hora destinada a refeições. De uma forma geral, existem 3 abastecedores de semi-produto às linhas, um deles responsável pelo abastecimento da linha *Genax 1*, um outro responsável por abastecer as linhas *Genax 2* e *Kalfass 2*, e por último um responsável pelo abastecimento das restantes linhas. O processo de abastecimento de matérias-primas, tais como, manuais de instruções do produto, caixas de ferragens e outros pequenos componentes é realizado de uma forma semelhante ao abastecimento de semi-produto. O processo de embalagem realiza-se de duas formas distintas dependendo dos requisitos estipulados pela empresa. Um dos processos de embalagem consiste na colocação de diferentes componentes dentro de caixas de cartão, que são posteriormente seladas. O outro processo de embalagem consiste no embalamento em vácuo dos diferentes componentes da referência em questão. Estes processos são realizados em tapetes rolantes, como se pode verificar pela Figura 8.



Figura 8 - Linha de embalamento Biele 2

Seguidamente aos processos de embalagem, ocorre o processo de paletização, este irá deferir de acordo com a referência. É importante referir que na maioria das linhas de *Packing* este processo ocorre automaticamente com o auxílio *robots* industriais. A paletização consiste na colocação das caixas ou das embalagens seladas a vácuo numa palete, seguido da colocação de cantoneiras, tampos de cartão e cintas e ainda a filmagem da palete. No entanto, a paletização robotizada não é partilhado por todas as linhas de embalagem, sendo por exemplo na linha *kalfass 1* um processo semiautomático, em que o único processo automático é a filmagem da palete, e os restantes processos manuais (Figura 9).

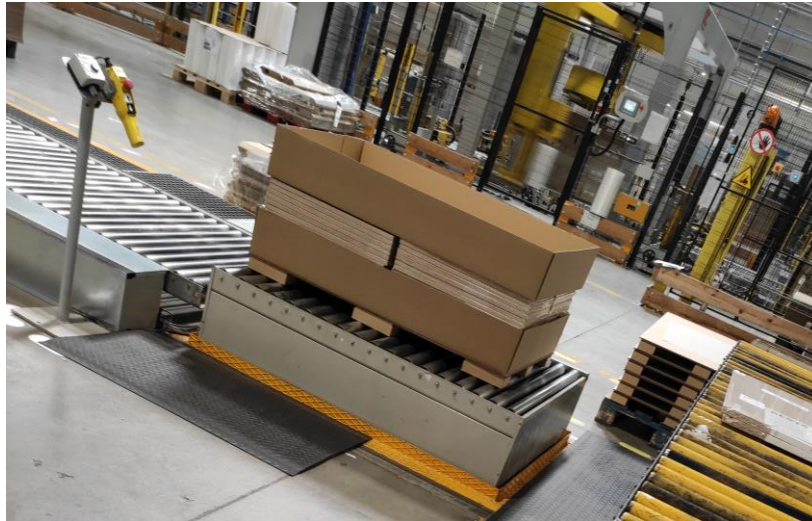


Figura 9 – Paletização Semi-Automática

4.3 Descrição das linhas de *Packing*

No que concerne as 6 diferentes linhas da secção de *Packing*, as linhas *Kalfass 1* e *Kalfass 2* dedicam-se a uma embalagem em vácuo, ou seja, à embalagem em filme de plástico, posteriormente selado em vácuo. As restantes linhas entre as quais as linhas *Genax* e as linhas *Biele* dedicam-se ao processo de embalagem em caixas de cartão. A nomenclatura atribuída às diferentes linhas de *Packing* está relacionada com fornecedores da empresa que fornecem alguns dos equipamentos utilizados nas diferentes linhas. Em ambos os casos, os diferentes componentes das referências são colocados em tapetes rolantes, com a diferença de que, nas linhas *Kalfass* os componentes são colocados diretamente no tapete rolante, enquanto que, nas restantes linhas os mesmos são colocados dentro de caixas de cartão. Os componentes dos diferentes produtos são colocados seguindo uma ordem pré-definida e realizada em diferentes zonas de trabalho. Cada uma das linhas possui monitores diretamente acima das diferentes zonas de trabalho e voltados para o operador, através dos quais este tem acesso à informação correspondente às instruções relativas das tarefas a desempenhar na sua zona de trabalho. A informação contida nestes monitores é designada por *Work Element Sheet* (WES) (Figura 10).

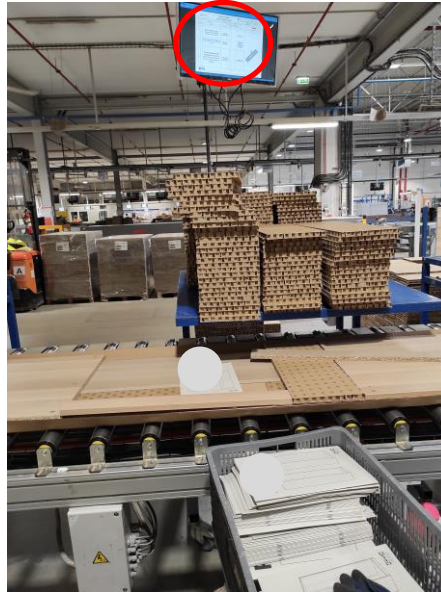


Figura 10 – Work Element Sheet

Para cada uma das referências embaladas na secção de *Packing* existe também uma folha de processos, designada internamente por *Standard Operation Sheet – Packing Process Instruction (SOS)* (Anexo 5), nestas folhas de processos estão contidas todas as informações necessárias relativas ao processo de embalamento de uma qualquer referência. Estas folhas de processos encontram-se em todas as linhas em que uma determinada referência é embalada, dentro de capas guardadas em sítio designado. Encontram-se também disponíveis em formato digital na base de dados da empresa. As SOS contêm a seguinte informação:

- Identificação da referência a embalar através do seu nome e através do código de identificação do produto, realizada através de referênciação direta;
- Identificação da fábrica;
- Apresentação do *layout* da linha (ou das linhas, caso a referência seja embalada em mais do que uma linha de embalagem);
- Definição das zonas de trabalho;
- Indicação do número de trabalhadores necessários, e a distribuição pelas diferentes zonas de trabalho;
- Definição das atividades a serem realizadas;
- Apresentação dos componentes que têm de ser alocados às linhas;
- Descrição das tarefas relacionadas com processos automáticos de colocação de etiquetas, cintas, cantoneiras e filmagem da palete;
- Indicação da taxa de produção teórica.

À semelhança das SOS, existem também folhas de parâmetros que contém informação necessária relativamente ao abastecimento de matérias-primas (Anexo 6), estas, além de estarem guardadas em formato digital e presentes nas linhas, existe uma cópia destinada ao abastecedor da linha. De uma forma geral estas folhas apresentam informação semelhante à presente nas SOS, no entanto, foca-se na identificação dos diferentes componentes a serem transportados. As folhas de parâmetros demonstram o seguinte conjunto de informações:

- Identificação da referência a embalar através do seu nome e através do código de identificação do produto, realizada através de referência direta;
- Identificação da fábrica;
- Apresentação do *layout* da linha (ou das linhas, caso a referência seja embalada em mais do que uma linha de embalagem);
- Definição das zonas de trabalho;
- Identificação dos componentes a serem transportados, sejam estes de semi-produto ou matérias-primas.

4.3.1 Processo de paletização e Etiquetagem

Após o processo de embalagem dos produtos nos tapetes rolantes, é realizado a colocação de 2 etiquetas. Com a exceção da linha *Kalfass 1*, as restantes linhas de *Packing* têm um processo de paletização automático englobando as seguintes atividades: Colocação de etiquetas PQR e NLACD; Colocação de uma paleta de cartão nos tapetes rolantes; Empilhamento de um determinado número de caixas ou produtos embalados; Colocação de *middle layers*; Colocação de tampo de cartão; Colocação de cintas; Filmagem da paleta.

Posto isto, existem diversos tipos de etiquetas, das quais se salientam:

- Etiqueta PQR - Todos os produtos embalados apresentam etiquetas deste tipo. A informação contida nesta etiqueta cinge-se ao país de origem do produto, ao código de identificação da fábrica em que foi produzido, e à data de início da produção;
- Etiqueta NLACD – Nesta etiqueta estão contidas informações que caracterizam o produto entre as quais: designação; código de identificação; dimensões e cor;
- Etiqueta ULL - Esta etiqueta é colocada após a paletização. Todas as paletes que se encontram finalizadas apresentam este tipo de etiqueta, em dois sítios distintos. Esta etiqueta é utilizada para introduzir o produto no sistema de gestão de *stock* do armazém de produto final.

4.3.2 Inspeção

Na secção do *Packing* é obrigatório realizar 3 tipos de inspeções:

- Inspeção da referência embalada: Consiste na inspeção realizada pelo líder de equipa (do Inglês *team leader*), a partir do início de cada turno, de duas em duas horas. Neste tipo de inspeção o *team leader* pode optar por retirar o último produto acabado e verificar se todos os componentes estão de acordo com a norma, ou, poderá optar por verificar um produto que foi rejeitado no processo de paletização final;
- Inspeção da palete: Resume-se a uma inspeção realizada por colaboradores responsáveis pela qualidade, o processo consiste em verificar se a palete se encontra consoante as normas pré-definidas pela empresa, para o efeito esta análise é realizada tendo por base um conjunto de critérios pré-estabelecidos;
- Inspeção de qualidade: Consiste numa inspeção realizada por inspetores de qualidade na qual o objetivo é verificar de duas em duas horas uma palete de cada uma das linhas de *Packing*. Adicionalmente, estes colaboradores são responsáveis por verificar um determinado número de produtos variando consoante a referência.

4.3.3 Expedição

No final de todos estes processos as diferentes paletes de produto final, são designadas internamente por produto pendente, uma vez que já foram finalizadas, no entanto ainda não foram transportadas para o armazém de produto final e os valores de *stock* corrigidos. Tendo sido corrigidos os valores de *stock* a palete passa a ser designada internamente por palete acabada e é transportada para o armazém de produto final por um conjunto de tapetes rolantes, em que o colaborador logístico com o auxílio de um empilhador, retira estas paletes do final das linhas de *Packing* e coloca-as neste conjunto de tapetes rolantes designado como ponte.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo foram analisadas 2 das 6 linhas de *Packing* do setor BOF, respetivamente as linhas *Kalfass 1* e *Biele 2* através da utilização de uma abordagem multi-método.

5.1 Kalfass 1

Neste subcapítulo foi realizado o estudo da linha de embalagem, designada como *Kalfass 1*, com o objetivo de averiguar se existe potencialidade para a implementação de robótica colaborativa em determinados PT da mesma, na embalagem de um produto específico. Começou-se por realizar o método EWA, com o objetivo de identificar os PT que manifestam um pior desempenho de acordo com as perspetivas dos trabalhadores. Este método foi utilizado, uma vez que aquando da realização de entrevistas com os trabalhadores, estes tinham queixas de PT específicos, de modo que se utilizou o método para confirmar essas perceções por parte dos trabalhadores. De seguida, aplicou-se o método RULA e o método KIM. Com o objetivo de obter um panorama mais específico, foi também realizado um estudo de tempos para os postos estudados. Por fim, aplicou-se um algoritmo de forma a identificar se existe potencialidade para a implementação de soluções colaborativas.

Para esta referência de produto, a linha *Kalfass 1* é constituída por 7 trabalhadores num total de 6 PT manuais, conforme representado na Tabela 4.

Tabela 4 – PT manuais da linha de embalagem *kalfass 1*

PT	Descrição	NºTrabalhadores
1	Colocação de prateleiras na linha com furação voltada para cima.	2
2	Colocação de manual de instruções e folha de aviso.	1
3	Colocação de caixa com ferragens.	1
4	Empilhamento de grupos de 2 prateleiras.	1
5	Preparação da palete final.	2
6	Colocação de tampo de cartão e 4 cantoneiras e etiquetas.	0

Destes PT, todos eles são operados por 1 trabalhadora com 3 exceções, o PT1, que é operado por duas trabalhadoras e o PT5 que é operado também por 2 trabalhadoras. Por fim, relativamente ao PT6 este não tem nenhum trabalhador atribuído, uma vez que, apenas, quando terminada a preparação da palete é que ocorre a preparação da mesma para ser filmada.

No PT relativo à preparação da paleta final (PT5), as 2 trabalhadoras, têm como principal função o empilhamento de grupos de 2 prateleiras até perfazer um total de 192 na paleta. Devido ao número elevado de prateleiras e de forma a manter o equilíbrio da paleta aquando de transporte são também colocadas caixas e *middle layers* de cartão ao longo da preparação da paleta de forma a possibilitar uma maior estabilização. Dada uma maior complexidade das tarefas realizada no PT5, as mesmas estão descritas no Apêndice 1, mas podem de uma forma geral ser descritas da seguinte forma (Tabela 5).

Tabela 5 – Tarefas PT5 referente à linha de embalagem *Kalfass 1*

Nº	Descrição	Nº de vezes realizada por ciclo
1	Pegar e Colocar uma paleta no tapete rolante.	1
2	Pegar e Colocar uma camada intermédia.	12
3	Pegar e Colocar uma caixa.	3
4	Pegar e Colocar 2 prateleiras.	96

5.1.1 Método EWA

Com o objetivo de avaliar globalmente os PT da linha *Kalfass 1*, tendo em conta o número de PT da mesma, foi importante recolher as perceções dos trabalhadores. Para o efeito, foi aplicado o método EWA. Este é um método observacional que como supracitado permite a análise de 14 tópicos que influenciam as condições ergonómicas, é pedido a cada um dos trabalhadores que atribua uma pontuação numa escala qualitativa com 4 níveis a cada um dos tópicos. Uma pontuação de 1 significa que a avaliação do posto de trabalho, nesse tópico, indica que este é “muito bom”, em contrapartida uma pontuação 4 significa que este é “muito mau”. Posteriormente, e considerando os mesmos tópicos, uma outra análise é realizada, sendo esta por parte de um analista.

Tendo em consideração o objetivo deste projeto de dissertação, apenas 11 dos 14 tópicos do método EWA foram considerados fundamentais. Os tópicos que não foram questionados são relativos ao Ruído, à Iluminação e ao Ambiente Térmico. O método foi aplicado a 12 trabalhadores, 6 do turno da manhã e 6 do turno da tarde, com experiência nos diversos PT, sob a forma de entrevistas e preenchimento do documento presente no Apêndice 2. Todos os colaboradores entrevistados são do género feminino, e com idades compreendidas entre os 21 e os 53 anos. É importante salientar que a linha *Kalfass 1* é constituída por 6 PT pelo que o método foi aplicado a cada um deles. O *software* IBM®SPSS®Statistics, versão 27, foi utilizado para analisar os resultados. Foi também realizada uma análise descritiva dos dados recolhidos de forma a calcular os valores médios dos diferentes tópicos e os seus desvios padrões

correspondentes, para cada um dos PT. As respostas por parte dos colaboradores encontram-se no Apêndice 3.

Com o intuito de verificar se as distribuições das respostas são diferentes ao longo dos 11 tópicos, tendo em consideração a dimensão da amostra ($n = 12$), foi decidido utilizar testes não paramétricos para o efeito, nomeadamente o teste de *Friedman*, que contrariamente aos testes paramétricos não pressupõe a existência de uma distribuição normal.

Os trabalhadores exprimiram as suas perceções através do método EWA relativamente ao PT1 (Figura 11), através da qual é possível verificar as respostas obtidas relativamente aos diversos parâmetros do método. Este resultado, juntamente com a informação presente na Figura 12, permite concluir que os tópicos mais negativos, são nomeadamente a Atividade Física em Geral, as Posturas e Movimentos, o Risco de Acidente e a Repetitividade das Tarefas. É também possível retirar que os tópicos mais positivos são o Conteúdo Laboral, a Restritividade do Trabalho, a Comunicação e Contactos Pessoais e a Tomada de Decisão. Verifica-se ainda que os tópicos com o maior desvio-padrão são as Posturas e Movimentos e o Nível de Atenção Requerido, o que manifesta por sua vez uma maior indecisão por parte dos trabalhadores questionados relativamente a estes tópicos. Em adição, o teste de *Friedman* demonstra que as distribuições das respostas dos trabalhadores seguem distribuições diferentes ao longo dos 11 tópicos com um valor de teste de $Q(10)=51,376$ e $p<0,05$.

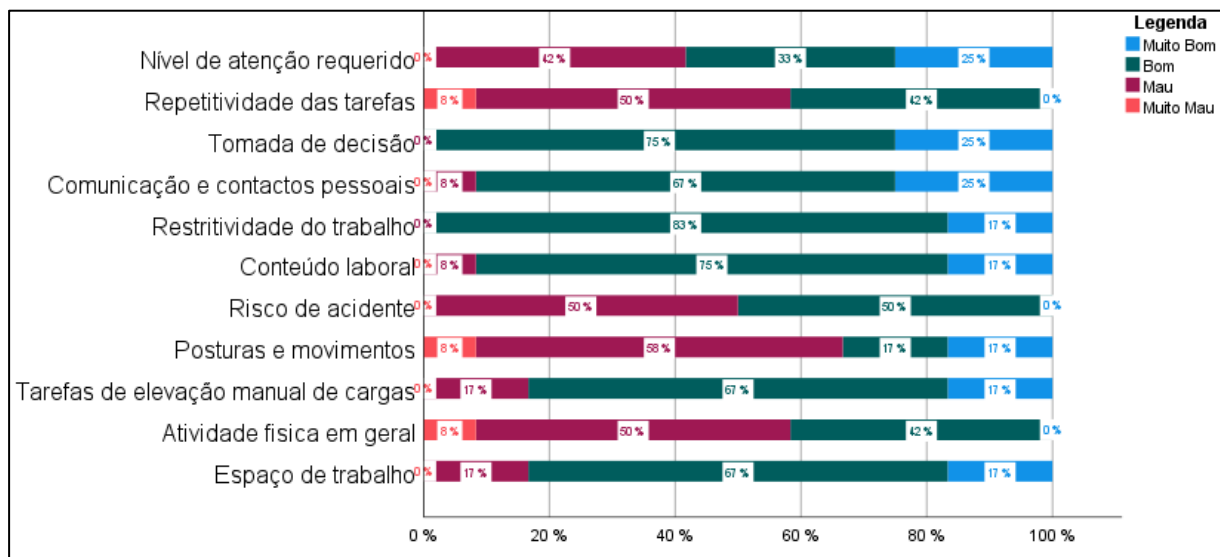


Figura 11 – Resultados do método EWA das perceções dos trabalhadores para o PT 1 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Média	2,00	2,67	2,00	2,58	2,50	1,92	1,83	1,83	1,75	2,67	2,17
Desvio Padrão	0,58	0,62	0,58	0,86	0,50	0,49	0,37	0,55	0,43	0,62	0,80

Figura 12 – Médias e Desvios-padrão para o método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 1 (n=12)

De uma forma semelhante, o mesmo procedimento foi realizado para os restantes 5 PT. Relativamente ao PT2, o teste de *Friedman* revela uma estatística de teste de $Q(10)=20,85$, e $p<0,05$, dessa forma revelando que existem diferenças significativas para as percepções dos trabalhadores relativamente aos 11 tópicos. Através da análise da Figura 13 pode-se concluir que de uma forma geral não existe uma percepção negativa do PT2, sendo os dois itens mais negativos, o Nível de Atenção Requerido e a Atividade Física em Geral, com 17% dos inquiridos atribuindo uma análise de “mau”. Relativamente aos outros parâmetros do método, estes apresentam valores mais positivos, quando comparados aos resultados obtidos para o PT1, como se pode verificar pelas Figura 13 e Figura 14.

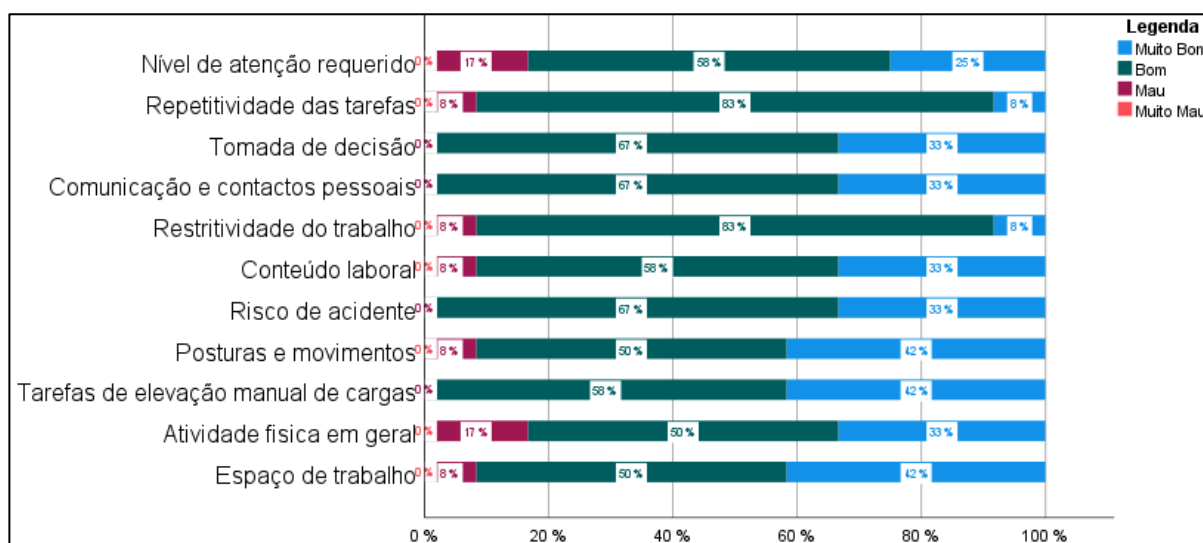


Figura 13 - Resultados do método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 2 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Média	1,67	1,83	1,58	1,67	1,67	1,75	2,00	1,67	1,67	2,00	1,92
Desvio Padrão	0,62	0,69	0,49	0,62	0,47	0,60	0,41	0,47	0,47	0,41	0,64

Figura 14 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 2 (n=12)

É ainda possível verificar, que os parâmetros com maior desvio padrão, são nomeadamente, a Atividade Física em Geral e o Nível de Atenção Requerido.

Para o PT3 o teste de *Friedman* tem uma estatística de teste $Q(10)=17,819$, e $p \leq 0,05$, o que novamente demonstra que as distribuições das percepções dos trabalhadores são diferentes. Através da Figura 15 e Figura 16 é possível concluir que as percepções dos trabalhadores relativamente ao PT3 são semelhantes às conclusões retiradas do PT2, o que é expectável dada a semelhança das tarefas realizadas nestes dois PT.

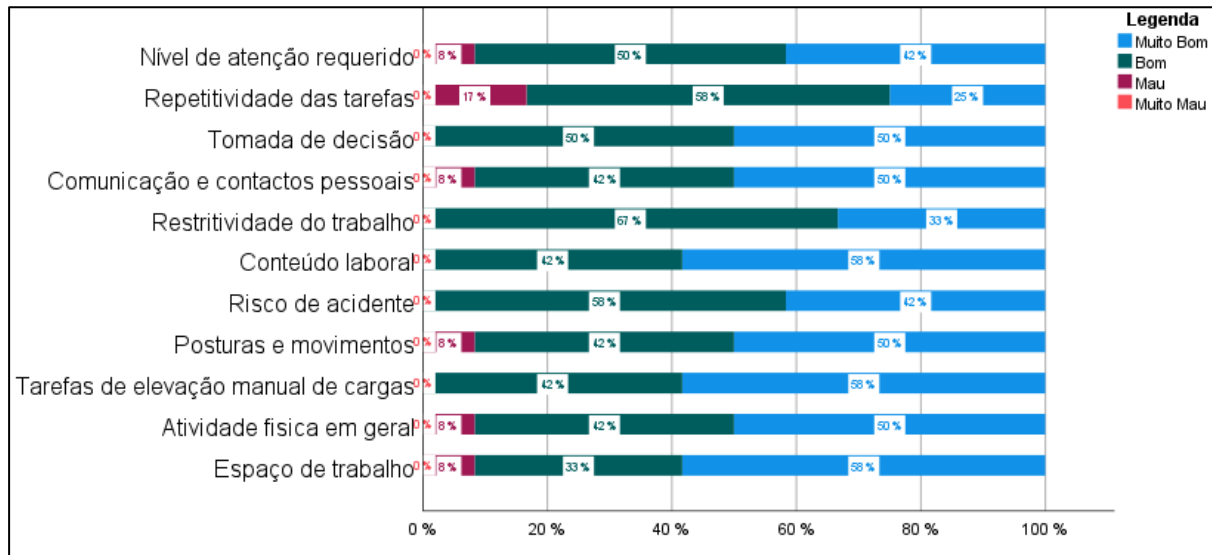


Figura 15 - Resultados do método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 3 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Média	1,50	1,58	1,42	1,58	1,58	1,42	1,67	1,58	1,50	1,92	1,67
Desvio Padrão	0,65	0,64	0,49	0,64	0,49	0,49	0,47	0,64	0,50	0,64	0,62

Figura 16 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 3 (n=12)

Para os restantes PT, respetivamente, PT4, PT5 e PT6 o teste de *Friedman*, revela estatísticas de teste de respetivamente, $Q(10)=36,967$, $Q(10)=53,021$, $Q(10)=29,635$ e $p < 0,05$, demonstrando que existem diferenças nas distribuições das percepções dos trabalhadores para os parâmetros avaliados através do método EWA.

Tendo em consideração a análise dos resultados para o PT4, que se encontram respetivamente na Figura 17 e Figura 18, é possível concluir que as percepções dos trabalhadores relativamente a este PT são significativamente diferentes quando comparadas aos PT mencionados anteriormente, 10 dos 11 parâmetros avaliados, apresentam uma má percepção por parte dos trabalhadores. Em adição, nenhum dos parâmetros avaliados apresenta uma média de percepção igual ou inferior a 2, que representa na escala do método “bom”. Verifica-se através da Figura 18, que a Tomada de Decisão com, 2,17 de

média, Comunicação e Contactos Pessoais, com 2,25, e Nível de atenção requerido, com 2,33, são os parâmetros em que se verifica a menor pontuação. Todos os restantes, apresentam um valor médio próximo ou superior a 3.

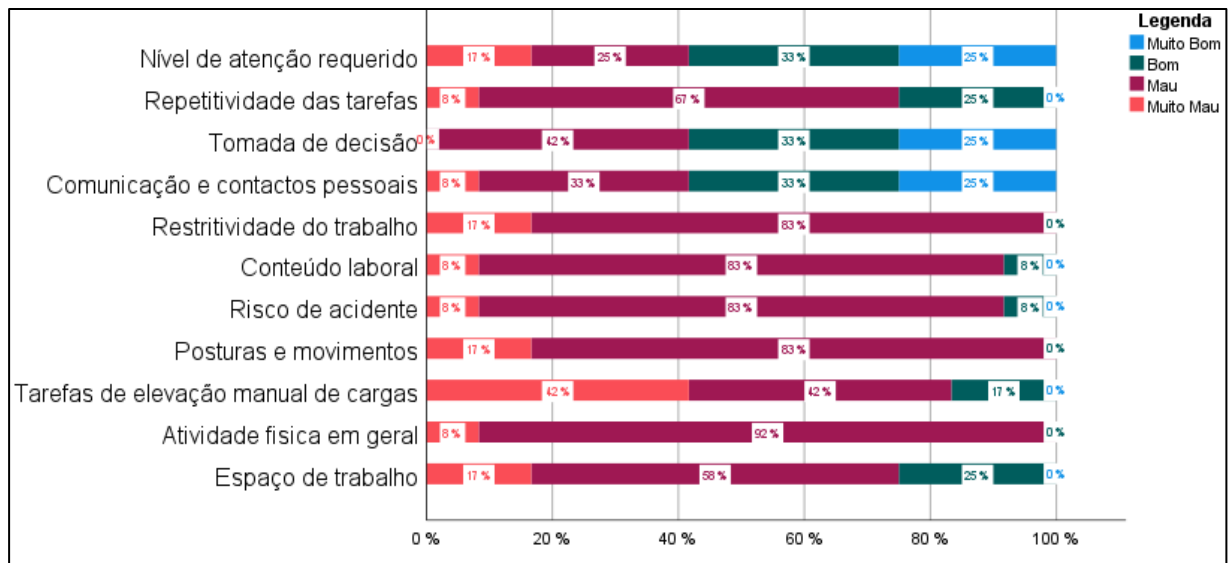


Figura 17 - Resultados do método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 4 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Média	2,92	3,08	3,25	3,17	3,00	3,00	3,17	2,25	2,17	2,83	2,33
Desvio Padrão	0,64	0,28	0,72	0,37	0,41	0,41	0,37	0,92	0,80	0,55	1,03

Figura 18 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 4 (n=12)

Relativamente ao PT5, este apresenta resultados semelhantes aos obtidos para o PT4, com valores médios e desvios-padrão também semelhantes aos obtidos para o PT4, em todos os parâmetros, como se pode verificar pela Figura 19 e Figura 20.

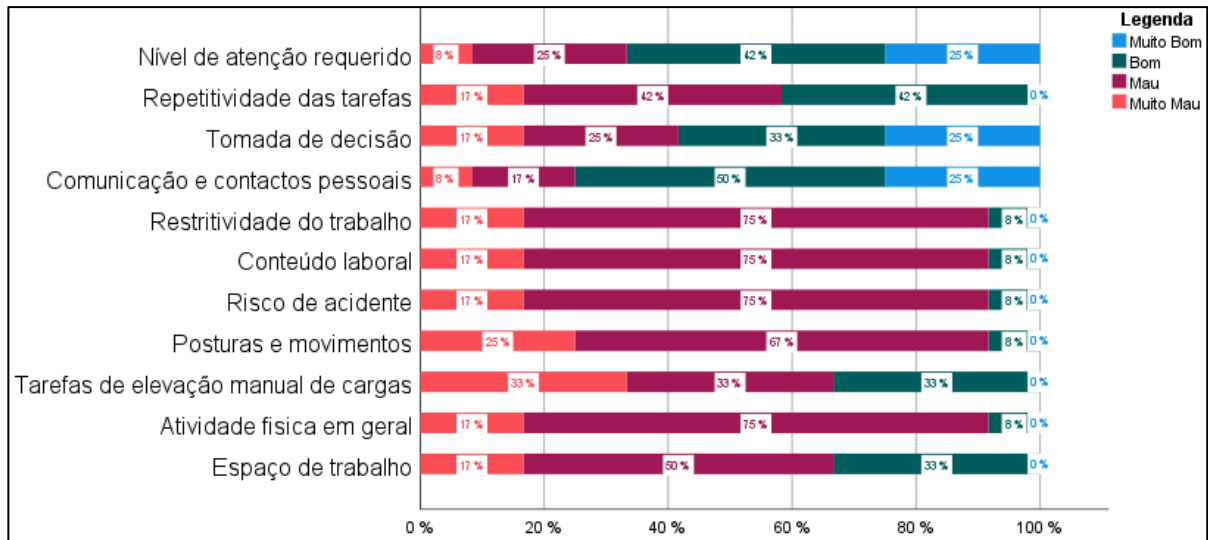


Figura 19 - Resultados do método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 5 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Média	2,83	3,08	3,00	3,17	3,08	3,08	3,08	2,08	2,33	2,75	2,17
Desvio Padrão	0,69	0,49	0,82	0,55	0,49	0,49	0,49	0,86	1,03	0,72	0,90

Figura 20 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 5 (n=12)

Por fim, relativamente ao PT6, existe uma percepção mais positiva do posto quando comparado ao PT4 e ao PT5. No entanto existe também uma percepção mais negativa quando comparado ao PT1, PT2 e PT3. Os resultados obtidos para o PT6 revelam que os parâmetros com uma pior percepção por parte dos trabalhadores são respetivamente, o Risco de Acidente e a Repetitividade das Tarefas, tendo por isso alguns fatores em comum com o PT1, sendo que os restantes parâmetros apresentam uma baixa diferença entre si quando comparados os resultados do PT6 com o PT1.

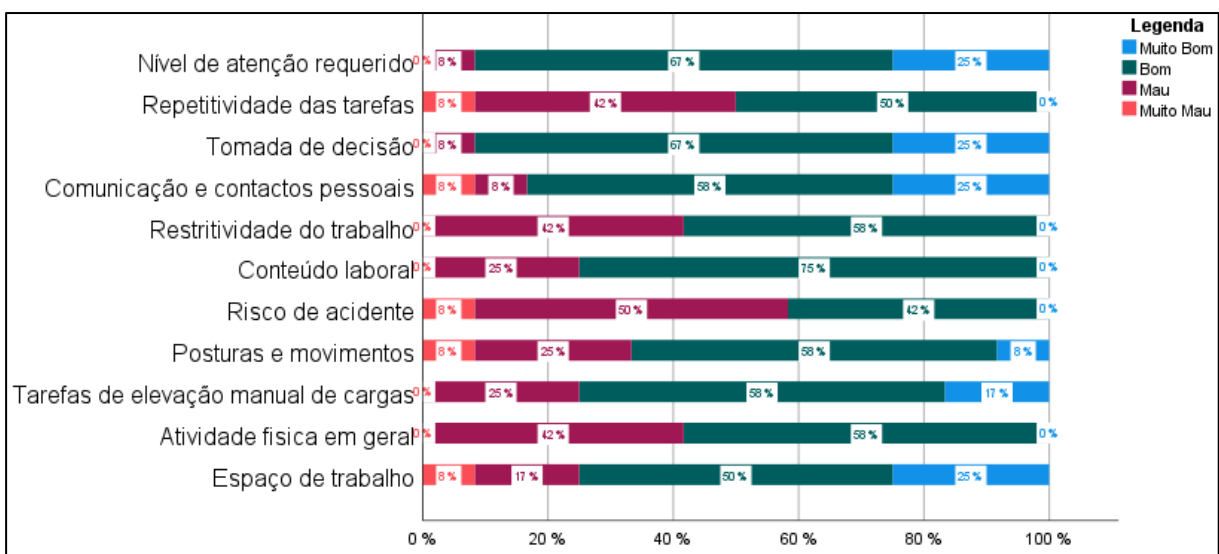


Figura 21 - Resultados do método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 6 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Média	2,08	2,42	2,08	2,33	2,67	2,25	2,42	2,00	1,83	2,58	1,83
Desvio Padrão	0,86	0,49	0,64	0,75	0,62	0,43	0,49	0,82	0,55	0,64	0,55

Figura 22 - Médias e Desvios-padrão para o método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 6 (n=12)

Dessa forma é possível concluir que os dois PT que de acordo com as percepções dos trabalhadores, e que através da sua avaliação obtiveram piores resultados na escala, foram respetivamente os PT4 e PT5, o que, à priori já seria espectável, tendo em consideração que estes dois PT eram aqueles com mais queixas por parte dos trabalhadores.

Após obtidas e analisadas as percepções dos 12 trabalhadores, foram observados os ciclos de trabalho dos mesmos, e seguindo os mesmos parâmetros, atribuindo uma classificação a cada um dos itens. Esta avaliação contou também com o auxílio dos chefes de turno, que forneceram também *feedback*, relativamente aos postos mais críticos. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 23, sendo que uma análise mais detalhada e à qual foram adicionados comentários, se encontra no Apêndice 4.

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
PT1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	2
PT2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	3	2
PT3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	3	2
PT4	3	3	3	3	3	2	3	1	1	3	2
PT5	3	3	3	3	3	2	3	1	1	4	3
PT6	3	2	2	3	3	2	3	1	1	1	2

Figura 23 – Resumo dos resultados do método EWA (analista)

Tendo em consideração a Figura 23, verifica-se que existe algum nível de concordância entre os resultados obtidos, e as percepções dos trabalhadores, dos quais se conclui que os PT que representam maior risco para os trabalhadores, são o PT4 e o PT5. Assim sendo, torna-se necessária a realização de uma avaliação mais aprofundada sobre os mesmos, tendo-se, para o efeito realizado o método RULA e o método KIM.

5.1.2 Método RULA

Através da recolha de vídeo dos ciclos de trabalho, da captação de fotografias de diversas posturas e da observação direta dos ciclos de trabalho, importou avaliar as diferentes posturas praticadas pelos trabalhadores de forma a entender o nível de risco de LMERT associado aos 2 PT. Assim, dividiram-se

as operações em diferentes elementos individuais realizados durante as diversas tarefas, para as 2 trabalhadoras que operam o PT5 e para a trabalhadora que opera o PT4 (Apêndice 5 e Apêndice 6).

Durante a realização das tarefas de paletização relativas ao PT5 verificou-se a existência de manipulações irregulares, devido às prateleiras manipuladas poderem não se encontrar alinhadas (Figura 24), o que dificulta a sua manipulação. Verifica-se também que por vezes ambas as trabalhadoras realizam pequenas correções no alinhamento destas mesmas prateleiras (Figura 24).

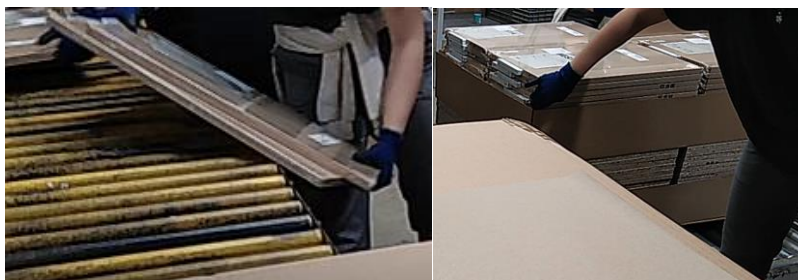


Figura 24 – a) Prateleiras desalinhas b) Alinhamento de prateleiras

Estas correções atrasam o processo, no entanto, podem ser controlados e solucionados. Posto isto, foi realizado o método RULA seguindo a metodologia mencionada na Revisão de literatura. Os resultados do mesmo estão demonstrados de forma resumida na Tabela 6 e a realização do método encontra-se no Apêndice 7 para o PT4, e no Apêndice 8 para o PT5. Relativamente ao PT5, sendo este operado por 2 trabalhadoras e posteriormente a uma observação de vários ciclos de trabalho foram apenas consideradas as posturas observadas com maior frequência.

Tabela 6 - Resultados do Método Rula para os PT4 e PT5 da linha Kalfass 1

	PT4		PT5	
	Pontuação	Nível de ação	Pontuação	Nível de ação
Elemento 1	6	III	7	IV
Elemento 2	4	II	7	IV
Elemento 3	6	III	4	II
Elemento 4	4	II	3	II
Elemento 5			7	IV
Elemento 6			3	II
Elemento 7			6	III
Elemento 8			5	III

Foi tido em consideração que todos os trabalhadores observados são destros, pelo que só se conduziu uma análise ao lado dominante dos mesmos. Como se pode observar pelos resultados obtidos na Tabela 6 é possível verificar que os elementos 1 e 3 do PT4, apresentam uma das pontuações mais elevadas do método RULA, 6, representando um nível de ação III. Este acontecimento deve-se maioritariamente ao facto da trabalhadora que opera este PT ter de se inclinar para pegar nas prateleiras. Relativamente ao PT5, 3 dos elementos, respetivamente os elementos 1, 2 e 5 representam a pontuação 7 do método RULA, tendo o nível de ação máximo do método, nível IV. Isto deve-se à altura em que a paleta se encontra aquando da realização dos elementos 1 e 2, como também a altura das caixas para o elemento 5. Neste posto, ambas as trabalhadoras, têm de se inclinar para pegar nos respetivos objetos, ou seja, na paleta e na caixa. De seguida, existem ainda mais 2 elementos com pontuações elevadas, respetivamente o elemento 7, com uma pontuação de 6, e o elemento 8 com uma pontuação de 5, e nível de ação III. Relativamente ao elemento 7 isto deve-se maioritariamente a dois fatores, o primeiro fator está relacionado com o peso do conjunto das duas prateleiras, aproximadamente 5kg. O segundo fator está relacionado com a má posição dos membros inferiores, propiciando uma posição instável, sendo que as trabalhadoras apenas se apoiam numa das pernas. No que diz respeito ao elemento 8 o nível de ação deve-se maioritariamente ao peso do conjunto de prateleiras.

Posto isto, é necessário mencionar que cada trabalhador desempenha as suas funções de uma determinada forma que pode não ser consistente com a forma como os restantes trabalhadores operam, existindo vários fatores que podem alterar o modo de trabalho, sejam eles diferentes características físicas, experiência ou outros. É importante ter estes fatores em consideração ao realizar uma análise desta tipologia. Tendo sido realizado o método RULA e retiradas as conclusões mencionadas anteriormente, é de salientar que existe um fator que não é considerado pelo método, o tempo. Apesar do método RULA ter em consideração a repetitividade, este passo do método não representa um peso influente no resultado, surgindo a necessidade de uma abordagem multi-método de forma a obter uma avaliação mais compreensiva, tendo por isso sido realizado um estudo de tempos, através do qual foi calculado o RULA ponderado, seguido de uma análise utilizando o método KIM.

5.1.3 Estudo de tempos

De seguida à utilização do método RULA e de forma a obter os tempos médios normalizados dos elementos, com base num número de observações N, para um nível de confiança de 80%. Foi realizado um estudo de tempos através da utilização de cronometragem dos ciclos de trabalho.

De forma a realizar o estudo de tempos, numa primeira etapa foi necessária decompor as atividades dos PT4, e PT5 em elementos individuais, o que já foi realizado aquando da utilização do método RULA. Posto isto, é necessário ter em consideração que o PT5 é operado por duas trabalhadoras enquanto que o PT4 é operado apenas por 1. É também necessário mencionar que ambas as trabalhadoras do PT5 realizam as mesmas tarefas, pelo que se cronometrou cada uma delas individualmente. Os elementos individuais de ambos os PT encontram-se no Apêndice 5 e Apêndice 6.

Para o PT4 os elementos de trabalho definem-se da seguinte forma:

- Elemento 1 e 3 - Alcançar uma prateleira: Abrange o intervalo de tempo desde que a trabalhadora inicia um novo movimento de alcance até alcançar uma nova prateleira;
- Elemento 2 e 4 – Pousar prateleira: Abrange o intervalo de tempo desde que a trabalhadora pega na prateleira até ao momento em que coloca a mesma no tapete rolante.

De uma mesma forma, os elementos relativos ao PT5 descrevem-se de seguida:

- Elemento 1 - Alcançar a palete de cartão: Abrange o intervalo de tempo desde que a trabalhadora inicia o movimento de alcance da palete, até alcançar uma nova palete;
- Elemento 2 - Posicionar a palete no tapete rolante: Abarca o intervalo de tempo desde que a trabalhadora alcança a palete até ao momento em que coloca a mesma no tapete rolante;
- Elemento 3 - Alcançar uma *middle layer*: Abarca o intervalo de tempo desde que a trabalhadora inicia o movimento de alcance até ao momento em que a colaboradora alcança uma *middle layer*;
- Elemento 4 - Posicionar *middle layer*: Abrange o intervalo de tempo desde que a colaboradora alcança a *middle layer* até ao momento em que coloca a mesma na palete;
- Elemento 5 - Alcançar uma caixa: Abrange o intervalo de tempo desde que a colaboradora inicia o movimento de alcance e termina com o alcance de uma caixa;
- Elemento 6 - Posicionar uma caixa: Inclui o intervalo de tempo desde que a colaboradora pega na caixa até ao momento em que a coloca sobre a palete;
- Elemento 7 - Alcançar um conjunto de 2 prateleira: Expressa o intervalo de tempo entre o início do alcance de um conjunto de prateleiras, até ao momento em que se alcança as mesmas;
- Elemento 8 - Posicionar o conjunto de prateleiras na palete: Representa o intervalo de tempo entre o término do elemento anterior, até ao momento em que a colaboradora coloca o conjunto de prateleiras na palete.

De seguida à divisão em elementos individuais, e às definições dos mesmos, é necessário criar uma folha de registo dos tempos observados, para tal foi utilizado o software *Microsoft Office Excel*®. Foram observados ciclos de trabalho e recolheu-se com o auxílio de um cronómetro valores de tempo associados aos elementos. O número de registos inicial foi de 30. De forma a verificar se o número de observações seria suficiente tendo em consideração a precisão estipulada, foi calculado o valor de N'_i , tendo em consideração as observações realizadas para cada um dos elementos. Sendo este valor calculado de acordo com a (Equação 1).

Para o efeito assumiu-se que:

- O nível de confiança seria de 80%, gerando um valor de $Z=1,28$;
- Um erro ε dos resultados de 0,05;

Foi também necessário calcular os valores médios m_i e o desvio padrão S_i das observações de modo a realizar a Equação 1.

$$N'_i = \left(\frac{Z \times S_i}{\varepsilon \times m_i} \right)^2 (1)$$

Seguidamente, foi realizada a comparação entre o número de observações realizadas, N_i , e o valor de observações necessárias, N'_i , calculado através da Equação 1. Para os casos em que seria necessário realizar mais observações, estas foram realizadas.

Partindo das observações recolhidas, foram realizados ajustamentos de dificuldade para avaliação de desempenho, aplicados aos elementos de ambos os PT, já mencionados anteriormente (Anexo 4). Os ajustamentos realizados ao PT4 e ao PT5 encontram-se respetivamente no Apêndice 9 e Apêndice 10. Tendo em consideração os tempos obtidos, o número de observações necessárias, os fatores de atividade e o conjunto de ajustamentos necessários, foi realizado o cálculo do tempo normalizado de cada elemento, utilizando a fórmula descrita na Equação 2 (as folhas de cálculo utilizadas encontram-se no Apêndice 11 para o PT4 e no Apêndice 12 para o PT5).

$$TN_i = \frac{m_i \times FA \times (1 + \Sigma adjust(\%))}{100} (2)$$

Em que:

- TN_i – Representa o tempo normalizado relativo ao elemento i ;
- m_i – Representa a média dos tempos cronometrados do elemento i ;
- FA – Representa o fator de atividade;
- $\Sigma adjust$ – Representa o somatório dos ajustamentos realizados.

De seguida, foi calculado o tempo de ciclo para cada um dos PT. Como o PT5 é partilhado por 2 trabalhadoras das quais se verificou um tempo de ciclo, $TC_{TR1} = 5,68$ segundos para a Trabalhadora 1 e $TC_{TR2} = 4,24$ segundos para Trabalhadora 2, e uma vez que, não se pode calcular a média dos tempos de ciclo das trabalhadoras, pois ainda que seja matematicamente possível, não permite retirar uma conclusão que manifeste a realidade, foi necessário converter estes valores em taxas de produção individuais. Posteriormente, calcula-se o tempo de ciclo do PT5 através das taxas de produção de cada uma das trabalhadoras. Para o efeito, foram realizados os seguintes cálculos (Equação 3, 4, 5 e 6).

$$TP_{TR1} = \frac{60}{TC_{TR1}} \quad (3)$$

$$TP_{TR2} = \frac{60}{TC_{TR2}} \quad (4)$$

$$TP_{PT5} = TP_{TR1} + TP_{TR2} \quad (5)$$

$$TC_{PT5} = \frac{60}{TP_{PT5}} \quad (6)$$

Em que:

TP_{TR1} - Representa a taxa de produção da Trabalhadora 1;

TP_{TR2} - Representa a taxa de produção da Trabalhadora 2;

TC_{TR1} - Representa o tempo de ciclo da Trabalhadora 1;

TC_{TR2} - Representa o tempo de ciclo da Trabalhadora 2;

TP_{PT5} - Representa a taxa de produção do PT5;

TC_{PT5} - Representa o tempo de ciclo do PT5.

Após a realização dos cálculos relativos ao tempo normalizado e aos tempos de ciclo, obtiveram-se os seguintes resultados para o PT4 e para o PT5, presentes nas Tabela 7 e Tabela 8.

Tabela 7 – Tempos normalizados do PT4 da linha Kalfass 1

	TO médio	FA médio	Ajustamentos (%)	FA ajustado	TN (segundos)	TN ciclo (segundos)
Elemento 1	1,98	111	9	120,99	2,72	5,51
Elemento 2	2,05	110	9	119,90	2,81	
Elemento 3	2,11	109	9	118,81	2,88	
Elemento 4	1,92	109	9	118,81	2,62	

Tabela 8 - Tempos normalizados do PT5 da linha Kalfass 1

		TO médio	FA médio	Ajustamentos (%)	FA ajustado	TN (segundos)	TN ciclo (segundos)
Trabalhadora 1	Elemento 1	5,08	108	9	117,72	6,87	2,42
	Elemento 2	4,39	107	9	116,63	5,87	
	Elemento 3	3,58	106	6	112,36	4,66	
	Elemento 4	3,50	106	6	112,36	4,57	
	Elemento 5	3,71	107	7	114,49	4,88	
	Elemento 6	3,68	107	7	114,49	4,84	
	Elemento 7	3,62	110	16	127,60	5,22	
	Elemento 8	3,54	107	16	124,12	4,98	
Trabalhadora 2	Elemento 1	5,64	105	9	114,45	7,44	
	Elemento 2	5,17	106	9	115,54	5,53	
	Elemento 3	2,98	106	6	112,36	3,30	
	Elemento 4	3,32	107	6	113,42	3,54	
	Elemento 5	3,51	108	7	115,56	4,40	
	Elemento 6	3,42	107	7	114,49	3,65	
	Elemento 7	3,33	106	16	122,96	3,53	
	Elemento 8	3,82	102	16	118,32	4,03	

Numa análise aos resultados obtidos na Tabela 7 e Tabela 8, é possível verificar através dos tempos médios e dos fatores de atividade que, em todos os elementos a tarefa está a ser executada bastante próxima do ritmo, dito, normal, uma vez que, os fatores de atividade rondam os 100%. O resultado é expectável dada a tipologia de todas as tarefas, sendo estas, tarefas de *pick and place*, ou seja, de manipulação simples de objetos. Posteriormente com o ajustamento de dificuldades (Mundel, 1985), é também expectável que os valores de fator de atividade aumentem, dessa forma obtendo os tempos normalizados. Analisando a Tabela 8 é também possível concluir que as trabalhadoras têm ritmos ligeiramente diferentes, o que pode ser explicado pelo facto de uma trabalhadora ter de percorrer uma distância superior para colocar os componentes no tapete rolante.

5.1.4 RULA ponderado

Como apresentado em *Kalfass 1*, foi aplicado o método RULA para ambos os PT em estudo (com trabalho manual), e posteriormente um estudo de tempos (Tabela 7 e Tabela 8) com o objetivo de calcular o RULA ponderado dos PT, seguindo a seguinte fórmula (Equação 7).

$$RP = \frac{\sum_i^N Ri \cdot ti}{\sum_i^N ti} \quad (7)$$

Em que:

RP – Representa o valor do método Rula ponderado;

Ri – Representa o método rula de um dos elementos;

ti – Representa o valor do tempo normalizado de um dos elementos.

De seguida demonstram-se os resultados obtidos para ambos os PT, sendo que para o PT5 constituído por 2 trabalhadoras foram considerados os valores médios dos tempos elementares.

Tabela 9 - Rula ponderado para os PT4 e PT5 da linha Kalfass 1

PT4	Descrição	Tempo normalizado (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)
Elemento 1	Alcançar uma prateleira	2,72	6
Elemento 2	Posicionar a prateleira no tapete rolante	2,81	4
Elemento 3	Alcançar uma prateleira	2,88	6
Elemento 4	Posicionar a prateleira sobre a prateleira anterior	2,62	4
Rula Ponderado			5
PT5	Descrição	Tempo normalizado (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)
Elemento 1	Alcançar a palete de cartão	7,16 (±0,29)	7
Elemento 2	Posicionar a palete de madeira no tapete rolante	5,70 (±0,17)	7
Elemento 3	Alcançar uma <i>middle layer</i>	3,98 (±0,68)	4
Elemento 4	Posicionar <i>middle layer</i>	4,05 (±0,51)	3
Elemento 5	Alcançar uma caixa	4,64 (±0,24)	7
Elemento 6	Posicionar uma caixa	4,25 (±0,59)	3
Elemento 7	Alcançar um conjunto de 2 prateleira	4,37 (±0,84)	6
Elemento 8	Posicionar o conjunto de prateleiras na palete	4,51 (±0,48)	5
Rula Ponderado			5,3≈ 6

Através dos resultados obtidos a partir da metodologia RULA e do estudo de tempos é possível concluir que ambos os PT apresentam o terceiro maior nível de intervenção definido pela metodologia RULA, um nível de ação III, que sugere que alterações sejam efetuadas aos PT, e que a investigação relativa a estes resultados deve ser continuada, dessa forma, aplicou-se também a metodologia KIM, que se apresenta no próximo ponto.

5.1.5 Método KIM

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos através da utilização do método KIM em ambos os PT em estudo, na linha de embalagem *Kalfass 1*. Para esta análise foi utilizado o método KIM-MHO, uma vez que as tipologias das tarefas serem de manipulação. No entanto para o PT5, devido ao peso do conjunto de 2 prateleiras (5 kg), foi também necessário utilizar o método KIM-LHC em dois dos elementos realizadas, relacionado com o transporte de cargas. Este método foi utilizado, tendo em consideração as condições mais frequentes relativamente às tarefas observados ao longo dos ciclos de trabalho. Os resultados da aplicação do método para o PT4 encontram-se descritos no Apêndice 13, e de forma resumida na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados do método RULA E KIM-MHO para o PT4 da linha Kalfass 1

	KIM-MHO	
	Pontuação	Nível de Risco
Elemento 1	52	3
Elemento 2	52	3
Elemento 3	52	3
Elemento 4	52	3

Como se pode observar, neste contexto o PT4 tem um nível de risco 3, apresentando uma pontuação final entre 50 e 100, o que, de acordo com o método, sugere uma aplicação de medidas preventivas de risco e o *redesign* do espaço de trabalho. Sugere também que a sobrecarga física é possível para pessoas resilientes, e que distúrbios físicos e dor são possíveis de se verificar.

É importante ressaltar que a pontuação final está muito próxima do limite inferior do nível de risco. Isso pode indicar que o valor pode ser diminuído mais facilmente com medidas apropriadas. Ademais se retira que os resultados do método KIM-MHO são concordantes com os do método RULA.

Da mesma forma, o mesmo procedimento, com a adição do método KIM-LHC foi realizado para o PT5 (Apêndice 6), encontrando-se de forma resumida na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do método RULA, KIM-MHO e KIM-LHC em comparação ao método RULA para o PT5 da linha Kalfass 1

	KIM-MHO		KIM-LHC	
	Pontuação	Nível de risco	Pontuação	Nível de risco
Elemento 1	17.5	1		
Elemento 2	15.5	1		
Elemento 3	11.5	1		
Elemento 4	11.5	1		
Elemento 5	15.5	1		
Elemento 6	13.5	1		
Elemento 7	84	3	172	4
Elemento 8	84	3	172	4

Para o PT5 os resultados resumidos da metodologia KIM-MHO e KIM-LHC provam-se interessantes, na medida em que, parte deles, não são concordantes com os resultados obtidos através do método RULA. Em primeiro lugar, revendo o funcionamento do método RULA, apesar do nome indicar uma análise dos membros superiores, este avalia todo o corpo, e apesar do método ter em consideração fatores como a força ou repetição/frequência, consultando o Anexo 1, pode-se inferir que, maioritariamente, os passos do método são referentes a uma avaliação postural, dos 15 passos necessários para a realização do método apenas dois são referentes a repetição/frequência. Consequentemente, é possível concluir que o método RULA tem um grande foco na postura, sendo este um dos maiores impulsionadores do resultado do método. Analisando os primeiros dois elementos do PT5, verifica-se que este representa o nível de ação máximo fornecido pelo método RULA, posteriormente, consultando o Apêndice 14, verifica-se que a pontuação atribuída ao fator do método KIM-MHO relativo à postura corporal é também o máximo estipulado na escala do método. No entanto, existe um conjunto de fatores avaliados pelo método KIM-MHO que não são avaliados pelo método RULA, ou têm um peso baixo na definição do Nível de ação, entre os quais se encontra a quantidade de tempo que é despendida na realização destes elementos. Apesar de estes elementos apresentarem uma má postura, o que leva o método RULA a classificá-las com um Nível de ação IV, estes são elementos que representam uma pequena percentagem do ciclo de trabalho, uma vez que só acontecem 1 vez a cada ciclo (Tabela 5). Ademais, representam pouco peso no cálculo do RULA ponderado, sendo este o principal impulsionador para a discrepância

entre a análise dos dois métodos. No entanto, ainda que de acordo com o método KIM-MHO estes elementos não apresentam riscos, devem ser realizadas alterações a esses elementos devido à postura adotada aquando da realização dos mesmos. De uma forma análogo o mesmo se verifica para o elemento 5, sendo este repetido apenas, 3 vezes por ciclo (Tabela 5). Relativamente aos elementos 3, 4 e 6 a situação é semelhante, no entanto a postura adotada na realização destes elementos não representa o mesmo nível de ação do que as anteriormente mencionadas.

Por fim, relativamente aos elementos 7 e 8, o método KIM-MHO demonstra um nível de risco III, com a pontuação de 84, no entanto, uma vez que o posto inclui a manipulação de cargas móveis superiores a 3 kg, o método KIM-LHC relativo a atividade de "*Lifting Handling and Carrying*" também deve ser considerado. Os resultados do KIM-LHC aplicados a estes elementos estão resumidos na Tabela 11. O método KIM-LHC tem em consideração a postura inicial e final de uma tarefa, pelo que não é necessário a realização de um estudo de elementos específicos, podendo ser estudada neste caso a tarefa de pegar e colocar um conjunto de prateleiras na paleta. É importante mencionar que o método, KIM-LHC, obtém resultados diferentes para os diferentes géneros devido à própria morfologia do ser humano, no entanto, e uma vez que todas as tarefas são realizadas por mulheres, a análise em questão apenas foi conduzida com o objetivo de identificar risco para as mesmas, Assim sendo, os resultados do KIM-LHC aplicado aos elementos 7 e 8, revelam um nível de risco 4, definindo-se pela escala do método, o que significa que o risco é extremamente alto. Assim, a sobrecarga física é provável ocorrer, isso pode causar distúrbios e/ou disfunções mais pronunciados e danos estruturais com significado patológico. Como este PT atualmente é realizada apenas por mulheres, é importante observar cuidadosamente o nível de risco deste grupo. Este resultado sugere que é necessário redesenhar o PT e também implementar outras medidas preventivas.

5.2 Biele 2

Posteriormente à análise da linha *Kalfass 1*, analisou-se uma outra linha de *Packing* designada como *Biele 2*, contrariamente ao processo estudado anteriormente, esta linha dedica-se à embalagem em caixas de cartão. O produto estudado nesta linha é daqui para a frente designado como referência A. Acabado o processo de *Packing*, desta referência a caixa contém, além das proteções favo de mel 8 componentes diferentes, 1 tampo, 1 caixa de ferragens, que contém também o manual de instruções, 2 painéis traseiros, 2 laterais, 1 divisória e 1 fundo. A linha de produção está preparada para conter 9 PT quando a referência A é embalada. As operações referentes a esses PT encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Operações da referência A

PT	Nº de trabalhadores	Operação
1	2	Pegar e Colocar 1 tampo
2	1	Pegar e Colocar 1 proteção favo de mel
3	1	Pegar e Colocar 1 caixa de ferragens e manual de montagem
4	1	Pegar e Colocar 2 <i>back panel</i>
5	1	Pegar e Colocar 1 enchimento favo de mel
		Pegar e Colocar 1 lateral
6	1	Pegar e Colocar 1 lateral
7	1	Pegar e Colocar 1 divisória
8	2	Pegar e Colocar 1 fundo
9	1	Pegar e Colocar 1 tampo de cartão

De uma forma análoga ao método realizado anteriormente, identificaram-se os elementos críticos a serem avaliadas pelo método RULA, a descrição desses elementos encontra-se no Apêndice 15.

5.2.1 Método RULA

Do mesmo modo utilizado anteriormente foram obtidas as pontuações do método RULA. Os resultados do método estão demonstrados de forma resumida na Tabela 13, a folha de aplicação do método RULA encontra-se entre o Apêndice 16 e o Apêndice 24.

Tabela 13 – Resultado do método RULA

PT	Elemento	Pontuação RULA	Nível de Ação
1	1	4	II
	2	6	III
2	1	3	II
	2	3	II
3	1	3	II
	2	3	II
4	1	3	II
	2	3	II
	3	3	II
	4	3	II

5	1	4	II
	2	2	I
	3	3	II
	4	3	II
6	1	4	II
	2	3	II
7	1	4	II
	2	6	III
8	1	7	IV
	2	4	II
9	1	3	II
	2	4	II

Em concordância com o método realizado anteriormente, nesta linha também só foi analisado o lado dominante das trabalhadoras. Realizado o método RULA para os PT da linha *Biele 2*, conclui-se que apenas 2 elementos dos 22 estudados têm um nível de ação III, e apenas 1 tem o nível de ação IV, os restantes têm um nível inferior, isto deve-se a vários fatores. O primeiro é a postura dos membros inferiores, que é transversal ao elemento 2 do PT1, elemento 2 do PT7 e elemento 1 do PT8, nos quais o apoio é efetuado apenas numa perna, o que pode causar desequilíbrio. Em adição, no elemento 2 do PT1 o pulso tem desvio radial e o braço está posicionado entre 20° a 45°, daí a pontuação de 6. No elemento 2 do PT7, a trabalhadora executa movimentos fora do seu plano sagital e além disso o seu braço está posicionado entre 20 a 45°. Por fim, relativamente ao elemento 1 do PT8 as trabalhadoras têm o tronco entre 20° a 60°.

5.2.2 Estudo dos tempos

À semelhança do estudo de tempo efetuado anteriormente, nestes novos estudos manteve-se o nível de confiança de 80% e um erro de 0,05.

De forma a realizar o estudo de tempos, numa primeira etapa foi necessária decompor as atividades dos PT, o que foi feito de forma análoga ao estudo de tempos anterior. Os resultados obtidos relativamente ao tempo normalizado e ao tempo de ciclo encontram-se, de uma forma resumida na Tabela 14, estando o estudo de tempos realizado presente entre o Apêndice 25 e o Apêndice 42.

Tabela 14 – Estudo de tempos dos PT da linha Biele 2

PT	Elemento	TO médio	FA médio	Ajustamentos (%)	FA ajustado	TN (seg)	TC (seg)
PT1	Elemento 1	4,58	109	17	127,53	5,83	10,51
	Elemento 2	4,33	108	17	126,36	4,68	
PT2	Elemento 1	4,07	109	6	115,54	4,71	9,25
	Elemento 2	3,94	108	6	114,48	4,54	
PT3	Elemento 1	3,62	107	6	113,42	4,13	9,40
	Elemento 2	4,54	110	6	116,6	5,27	
PT4	Elemento 1	3,13	105	10	115,5	3,62	14,36
	Elemento 2	3,04	105	10	115,5	3,52	
	Elemento 3	3,16	106	10	116,6	3,68	
	Elemento 4	3,07	105	10	115,5	3,54	
PT5	Elemento 1	2,83	107	6	113,42	3,20	13,64
	Elemento 2	2,93	106	6	112,36	3,28	
	Elemento 3	2,87	105	12	117,6	3,40	
	Elemento 4	3,11	108	12	120,96	3,76	
PT6	Elemento 1	3,48	108	12	120,96	4,22	7,86
	Elemento 2	3,07	106	12	118,72	3,64	
PT7	Elemento 1	3,15	106	13	119,78	3,79	7,23
	Elemento 2	2,82	108	13	122,04	3,44	
PT8	Elemento 1	4,78	108	13	122,04	5,82	11,60
	Elemento 2	4,91	105	13	118,65	5,78	
PT9	Elemento 1	3,32	107	6	113,42	3,76	7,17
	Elemento 2	3,05	106	6	112,36	3,41	

Numa análise aos resultados obtidos na Tabela 14 é possível verificar através dos tempos médios e dos fatores de atividade que, em todos os elementos a tarefa está a ser executada bastante próxima do ritmo normal, uma vez que, os fatores de atividade rondam os 100%. Novamente e em concordância com o estudo de tempos anterior, o resultado é expectável dada a tipologia de todas as tarefas.

5.2.3 RULA Ponderado

Através dos resultados obtidos através do RULA Ponderado (Tabela 15), conclui-se que existem 2 PT com um nível de ação ponderado igual III, estes são respetivamente, o PT1, o PT7, o que sugere que alterações sejam efetuadas ao PT, e que a investigação relativa a estes resultados deve ser continuada. Ademais o PT8 apresenta um nível de ação IV, o que de acordo com o método estipula que sejam imediatamente realizadas mudanças ao PT, bem como é necessária mais investigação. Dessa forma, aplicou-se também a metodologia KIM aos PT, que se apresenta no próximo ponto.

Tabela 15 – RULA Ponderado para os PT da linha Biele 2

PT1	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)	Elemento 2	3,28	2
Elemento 1	5,83	4	Elemento 3	3,40	3
Elemento 2	4,68	6	Elemento 4	3,76	3
RULA Ponderado		4,89 ≈ 5	RULA Ponderado		2,99 ≈ 3
PT2	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)	PT6	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)
Elemento 1	4,71	3	Elemento 1	4,22	4
Elemento 2	4,54	3	Elemento 2	3,64	3
RULA Ponderado		3	RULA Ponderado		3,5 ≈ 4
PT3	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)	PT7	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)
Elemento 1	4,13	3	Elemento 1	3,79	4
Elemento 2	5,27	3	Elemento 2	3,44	6
RULA Ponderado		3	RULA Ponderado		4,9 ≈ 5
PT4	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)	PT8	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)
Elemento 1	3,62	3	Elemento 1	5,82	7
Elemento 2	3,52	3	Elemento 2	5,78	4
Elemento 3	3,68	3	RULA Ponderado		5,5 ≈ 6
Elemento 4	3,54	3	PT9	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)
RULA Ponderado		3	Elemento 1	3,76	3
PT5	TN (<i>ti</i>)	RULA (<i>Ri</i>)	Elemento 2	3,41	4
Elemento 1	3,20	4	RULA Ponderado		3,5 ≈ 4

5.2.4 Método KIM

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos através da utilização do método KIM em todos os PT da linha *Biele 2*. Para esta análise foi utilizado o método KIM-MHO, dada as tipologias das tarefas serem de manipulação, no entanto para o PT1, e para o PT8, devido ao peso do tampo e ao peso do fundo respetivamente, sendo este superior a 3kg foi também necessário utilizar o método KIM-LHC. Este método foi utilizado, tendo em consideração as situações mais frequentes relativamente às tarefas observados ao longo dos ciclos de trabalho. Os resultados da aplicação do método encontram-se descritos entre o Apêndice 43 e o Apêndice 51, e de forma resumida na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados do método KIM-MHO e KIM-LHC em comparação ao método RULA para a linha Biele 2

PT	Elemento	KIM-MHO		KIM-LHC	
		Pontuação	Nível de Risco	Pontuação	Nível de Risco
1	1	56	3	162	4
	2	64	3	162	4
2	1	42	2		
	2	42	2		
3	1	34	2		
	2	34	2		
4	1	42	2		
	2	42	2		
	3	42	2		
	4	42	2		
5	1	26	2		
	2	21	2		
	3	25	2		
	4	25	2		
6	1	50	2		
	2	50	2		
7	1	48	2		
	2	56	3		

8	1	64	3	162	4
	2	56	3	162	4
9	1	50	3		
	2	42	2		

De acordo com o KIM-MHO, não existe nenhum elemento de nenhum PT com um nível de risco superior a 3, e apenas existem 5 elementos no total com um nível de risco 3. No entanto, devido à necessidade de utilização do método KIM-LHC verifica-se que o nível de risco para o PT1 e PT8 aumenta para 4, com a utilização deste método, o que é expectável, considerando o peso das cargas manipuladas.

Dos resultados obtidos, é também possível inferir que, contrariamente aos resultados obtidos para o PT5 da linha *Kalfass 1*, o resultado do método RULA é em parte concordantes com os resultados dos métodos KIM. No entanto, existem exceções nomeadamente no PT1 e no PT8. Esta discrepância tem a mesma justificação que a previamente demonstrada, e está relacionada com a repetitividade dos elementos.

6. POTENCIALIDADE PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE ROBÓTICA COLABORATIVA

Sendo objetivo desta dissertação avaliar a potencialidade da implementação de robótica colaborativa e realizada uma análise de risco referente aos diferentes PT de 2 linhas de *Packing*, parte-se para a verificação da potencialidade de implementação de uma solução colaborativa. Os PT representam uma pequena diversidade de tarefas, além disso, existem elementos bastante repetitivos o que representa um fator de risco no que compete às LMERT (OCCHIPINTI, 1998; Olivas Padilla et al., 2019). Dessa forma após o estudo dos PT é necessário indicar a tipologia das tarefas realizadas, que já foi mencionado como sendo tarefas de “*pick and place*”, ou seja, de manuseamento de objetos. Foi também estipulado os tempos de ciclo dos PT, o que por sua vez pode representar um desafio em termos de robótica, dado a cadência dos postos. Além da repetitividade das tarefas, a frequência das mesmas é também identificada como um fator de risco. Em adição, foram identificadas diversas posturas com inclinação do tronco dos trabalhadores, e má posição dos membros inferiores, bem como ângulos do braço entre 20° e 45°, e ainda em alguns dos casos superior a 45°, sendo também o peso de alguns dos componentes manipulados um fator de risco. Dessa forma como desafio ergonómico torna-se fulcral a eliminação ou atenuação dos elementos individuais que mais contribuem para o nível de risco elevado. A tipologia das tarefas em si, pode representar um obstáculo para a implementação de robótica colaborativa. Tendo isto em consideração e sendo este um estudo prospetivo para uma futura implementação de uma solução de HRC foi aplicado um algoritmo de modo a averiguar a potencialidade de implementação de *cobots* nos PT analisados, tendo por base os resultados obtidos previamente. O algoritmo aplicado baseia-se nos estudos de casos desenvolvidos por Gualtieri et al. (2019), (2020), (2021), estes têm a finalidade de averiguar de acordo com um conjunto de fatores se um determinado PT manual pode ser assegurado por um PT híbrido. A avaliação considera fatores como a Segurança e Ergonomia, Qualidade do Processo/Produto e Fator económico. Todos estes fatores devem ser avaliados através de um número inteiro compreendido entre 0 e 3 e em que:

- 0 - Significa que o problema não existe e que não é necessário melhorar essa atividade
- 1 - As melhorias passíveis de serem alcançadas podem ser moderadas para essa atividade;
- 2 - As melhorias passíveis de serem alcançadas podem ser boas para a atividade;
- 3 - As melhorias podem ser significativas para essa atividade.

De seguida, para cada uma das atividades é calculado o valor de potencial através da equação 8

$$PV = \sum S_{ij} \times W_i \quad (8)$$

Em que:

PV - Representa o valor potencial para a implementação de uma solução colaborativa;

S_{ij} - Representa a pontuação atribuída à tarefa em uma das cinco categorias;

W_i - Representa o peso atribuído a essa categoria.

O índice PV obtido pode variar entre 0 e 36, estando a potencialidade da colaboração robótica categorizada nos seguintes 5 parâmetros:

1. 0 – Sem Potencial
2. Entre 1 e 8 – Baixo Potencial;
3. Entre 9 e 17 – Moderado Potencial;
4. Entre 18 e 26 – Bom Potencial;
5. Entre 27 e 36 – Alto Potencial.

De modo a validar este algoritmo de avaliação de potencialidade, e recolher opiniões sobre a sua construção, foi dinamizada um *focus group* com colaboradores da empresa. Esta sessão teve uma duração de 30 minutos e participação de 6 colaboradores da empresa das áreas de Ergonomia e Fatores Humanos, Produção e melhoria contínua. Este grupo de foco (do Inglês *Focus Group*) decorreu com o auxílio da ferramenta *Microsoft Teams*, de forma *online*, devido ao facto de ter sido realizada durante a pandemia da Covid-19. No decorrer da sessão foi partilhada o algoritmo bem como definido o seu objetivo e a sua forma de construção. Os objetivos definidos para a sessão foram os seguintes:

- Validar o algoritmo utilizado para determinar o potencial de implementação de robótica colaborativa.
- Identificar possíveis problemas com essa mesma metodologia, e propor soluções para esses mesmos problemas.
- Verificar a necessidade de realizar mudanças ao algoritmo em concordância com os objetivos das partes relacionadas, introduzindo novos parâmetros ao algoritmo, ou, mudando o peso dos parâmetros existentes.

De seguida foi despendido tempo na discussão destes tópicos tendo sido colocadas questões diretamente relacionadas com os objetivos da sessão mencionados anteriormente. Tendo sido respondidas essas questões salientou-se 1 preocupação principal, nomeadamente o algoritmo não incluir restrições ao nível do espaço necessário. Tendo em consideração esse *feedback* foi introduzido um novo parâmetro ao algoritmo denominado de Espaço, este parâmetro pode ter um valor de 1 ou 0, que por sua vez é multiplicado pelos restantes parâmetros, ou seja, torna-se um parâmetro eliminatório. Tendo por base o *cobot UR10e* da *Universal Robots* com uma ocupação em área de 190 mm, foi esse o valor

considerado para o parâmetro Espaço. No entanto, salienta-se que existem *cobots* de menor dimensão no mercado (Robots, 2022).

Tendo sido realizado o algoritmo, a título de exemplo os resultados para a linha *Kalfass 1* encontram-se na Tabela 17, estando os resultados obtidos para a linha Biele 2, no Apêndice 52.

Tabela 17 – Potencialidade para a implementação de robótica colaborativa nos PT da linha Kalfass 1

Categoria	Peso	Fator crítico do processo (PCI)	Pt4		Pt5							
			Elementos		Elementos							
			1/3	2/4	1	2	3	4	5	6	7	8
Segurança e Ergonomia	3	Existem problemas ergonómicos relacionados com: Levantar/Baixar ou carregar objetos? Tarefas repetitivas dos membros superiores caracterizadas por ciclos de trabalho repetidos? Posturas estáticas ou desadequadas?	2	1	3	3	1	1	3	2	3	3
		Existem riscos ocupacionais para a segurança do trabalhador que não estão precavidos adequadamente? Existe risco ocupacional para a saúde do trabalhador que não está devidamente precavido (não considerados anteriormente)?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Há alta monotonia do trabalho? Os requisitos são muito baixos em termos de qualificação da tarefa do trabalho manual?	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3
Qualidade do Produto/Processo	2	A qualidade do produto não é constante/satisfatória? Os níveis de qualidade do processo são inadequados face aos valores nominais?	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fator Económico	1	Existe uma utilização ineficiente do tempo/recursos sem um real avanço da produção, o que pode significar a existência de tarefas sem valor acrescentado para o cliente final? A produtividade/eficiência do processo é baixa/não satisfatória?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Espaço	1	Existe espaço suficiente no PT, para implementar uma solução robótica com o UR10e?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Valor potencial			17	14	11	11	5	5	11	8	22	22
Potencialidade			3	3	3	3	2	2	3	2	4	4

Pela análise dos resultados obtidos através da realização do algoritmo anterior, é possível observar que existem fatores com uma pontuação 0, ou seja, em que esse problema não existe. Por sua vez as pontuações mais altas foram atribuídas ao primeiro fator, relativo a Segurança e Ergonomia, estando este diretamente relacionado com as posturas de trabalho, tarefas repetitivas e posturas estáticas e desadequadas. Relativamente ao segundo fator de segurança e Ergonomia, não se salienta riscos químicos, biológicos e de acidentes mecânicos para as tarefas, sendo que não existe contacto com nenhum destes fatores de risco. É de importância mencionar que os únicos riscos a que os trabalhadores estão expostos constituem-se riscos diretamente relacionados com as tarefas a desempenhar nos postos e não relacionados com fatores externos. De seguida relativamente à Qualidade do produto/processo os únicos elementos que representam valor são os elementos 7 e 8 do PT5, uma vez que por vezes é necessidade realizar o alinhamento da palete, como já mencionado previamente. Por fim, relativamente a fatores económicos é necessário mencionar que o processo realizado nestes PT em particular, não é de valor acrescentado, e daí foi atribuída uma pontuação de 2 a todos os elementos. Desta forma conclui-se que Alcançar um conjunto de 2 prateleira e Posicionar o conjunto de prateleiras na palete tem uma boa potencialidade para a implementação de robótica, que efetivamente atenuariam a Repetitividade da tarefa, melhorando dessa forma as condições de trabalho. Relativamente à avaliação de potencialidade relativa à *Biele 2* (Apêndice 52), verifica-se pelos mesmos motivos mencionados relativamente aos PT da linha *Kalfass 1*. De uma forma geral existe um potencial moderado para a implementação de robótica colaborativa, sendo que existem ainda 2 PT, nomeadamente, o PT1 e o PT8 em que ambos os elementos deste posto têm um bom potencial para a implementação de robótica colaborativa, com uma pontuação de 20.

7. CONCLUSÃO

O principal objetivo desta dissertação de mestrado foi o de averiguar a potencialidade para a implementação de robótica colaborativa em PT manuais na secção de *Packing* de uma empresa do ramo mobiliário. A fim de cumprir esse objetivo, foram selecionadas duas linhas de *Packing* a estudar. Numa das linhas existiam queixas por parte dos trabalhadores em 2 PT específicos, pelo que foi realizado o método EWA de forma a avaliar, mais pormenorizadamente, os PT dessa linha, tendo sido importante recolher as perceções dos trabalhadores relativamente aos mesmos.

De seguida, selecionados os dois PT com piores resultados relativamente ao método EWA, quer por parte dos trabalhadores, quer por parte do analista, procedeu-se a uma avaliação ergonómica dos mesmos, respetivamente, ao PT4 e ao PT5, com o objetivo de uma avaliação do risco de LMERT. Foram avaliadas as pontuações do método RULA bem como o respetivo nível de ação para cada um dos seus elementos das tarefas associadas a estes PT. A pontuação RULA atribuída foi sempre cuidada do ponto de vista dos trabalhadores, ou seja, foram sempre consideradas as situações com maior frequência. Nos PT mencionados anteriormente, existem elementos com níveis de ação III, o que sugere que é necessária uma melhor investigação e realização de mudanças aos mesmos. Existem ainda 3 elementos com níveis de ação IV, pelo que mudanças e melhor investigação são necessárias de imediato.

Seguidamente à utilização do método RULA foi realizado um estudo de tempos, do qual se conclui que os tempos de ciclo para os 2 PT estudados da linha *Kalfass 1*, são respetivamente, 5,51 segundos para o PT4 e 2,42 segundos para o PT5. Com base nestes dados e nos valores obtidos através do método RULA, foi calculado o RULA ponderado, resultando numa pontuação de 5 para o PT4, e uma pontuação de 6 para o PT5, representando um nível de ação III, sugerindo alterações aos postos e mais investigação. Tendo por base estes resultados, foi decidido utilizar o método KIM-MHO e KIM-LHC, os resultados destes métodos, são em parte discordantes dos resultados obtidos previamente através do método RULA, devido aos diferentes fatores avaliados pelo método, principalmente o fator relativo ao tempo durante o qual 1 elemento é realizado durante 1 turno de trabalho. Os resultados do método KIM demonstram que o nível de risco dos elementos do PT4 é 3 para todos os 4 elementos, demonstra também um nível de risco 1 para os primeiros 6 elementos do PT5, e uma pontuação de 84 para os elementos 7 e 8, tendo estes um nível de risco 3, que sugere uma alta intensidade no posto, bem como a sobrecarga física ser possível para pessoas com resiliência normal. No entanto, uma vez que os elementos 7 e 8 incluem a manipulação de cargas superiores a 3 kg, foi também necessário utilizar o método KIM-LHC, que revelou um nível de risco 4, o que sugere que o risco é extremamente alto, sendo a sobrecarga física provável,

o que pode causar distúrbios e/ou disfunções mais pronunciados e ainda danos estruturais com significado patológico.

De uma forma análoga ao estudo conduzido na linha *Kalfass 1*, foi também realizado um estudo dos 9 PT da linha *Biele 2*, iniciando-se pelo método RULA, do qual se concluiu que 2 dos 22 elementos estudados têm um nível de ação III, e que, apenas 1 tem o nível de ação IV. Isto deve-se a vários fatores, o primeiro é a postura dos membros inferiores. Em adição, no elemento 2 do PT1 o pulso encontra-se inclinado e o braço está posicionado entre 20° e 45°. No elemento 2 do PT7, a trabalhadora executa movimentos fora do seu plano sagital e além disso o seu braço está posicionado entre 20° e 45°. Por fim, relativamente ao elemento 1 do PT8 a trabalhadora tem o tronco entre 20° e 60°. De seguida foi realizado um estudo de tempos, através do qual se inferiu o tempo de ciclo dos 9 PT de trabalho, com base nesses dados e nos resultados do método RULA, foi construído o RULA ponderado concluindo-se que existem 2 PT com um nível de ação ponderado igual III, o PT1 e o PT7, o que sugere que alterações sejam efetuadas ao PT, e que a investigação relativa a estes resultados deve ser continuada. Ademais, o PT8 apresenta um nível de ação IV, o que de acordo com o método estipula que sejam imediatamente realizadas mudanças ao PT, bem como é necessária mais investigação. Seguidamente, foi também aplicado o método KIM-MHO e KIM-LHC. De acordo com o KIM-MHO, não existe nenhum elemento de nenhum PT com um nível de risco superior a 3. Posto isto, existem 5 elementos no total com um nível de risco 3, o que, novamente, sugere uma intensidade elevada e que a sobrecarga física é possível para pessoas com normal resiliência. Ademais, o KIM-LHC foi utilizado para os elementos do PT1 e do PT8, com uma pontuação de 162 para esses 4 elementos, resultando num nível de risco 4, o que sugere que a sobrecarga física é provável nestes postos.

Com base na análise conduzida, foi utilizado um algoritmo de forma a avaliar a potencialidade para a implementação de robótica colaborativa em PT manuais. Verifica-se para os PT estudados da linha *Kalfass 1*, que os elementos do PT4, tem um potencial moderado, bem como os elementos 1,2 e 5 do PT5. Os elementos 3, 4 e 6, apresentam uma baixa potencialidade para a implementação de robótica colaborativa. Por fim, os elementos 7 e 8 do PT5, apresentaram uma boa potencialidade.

De um mesmo modo para os elementos dos PT da linha *Biele 2*, verifica-se pelo menos, um potencial moderado para todos os elementos desses PT. Ademais se conclui, que para os elementos 1 e 2 do PT1 e do PT8 existe um bom potencial para a implementação de robótica colaborativa.

Como principal contributo deste projeto de dissertação, surge uma análise multi-método, aplicada a vários PT e da qual se conclui que existem postos que necessitam de intervenções. Conclui-se também

que vários são os PT com uma potencialidade entre moderada e boa para a implementação de robótica colaborativa.

Como considerações futuras, tendo por base as conclusões deste projeto, nomeadamente relativamente aos PT com boa potencialidade de implementação de robótica colaborativa. Seria interessante a realização de uma simulação utilizando *software* adequado, como por exemplo o *Tecnomatix Process Simulate®*, com o objetivo de verificar se a implementação de uma solução robótica nesses PT, poderá diminuir o risco de LMERT. Futuramente, deveria também ser ponderada a realização de algumas alterações dos PT analisados em que o nível de ação do método RULA é elevado.

As principais limitações relacionadas com este projeto de dissertação derivam da pandemia da Covid-19, uma vez que limitou a realização de visitas à empresa. Ademais, dado os elevados níveis de absentismo e incerteza na secção de *Packing*, devido à Covid-19, nem em todas as visitas realizadas foi possível a colheita de dados. Além disso, a realização de alterações aos PT exigiu que os métodos utilizados fossem refeitos ao longo do projeto. Por fim, salienta-se também a dificuldade da conciliação do horário laboral com o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Inovação. (n.d.). *LABORATÓRIOS COLABORATIVOS (COLAB)*.
<https://www.ani.pt/pt/valorizacao-do-conhecimento/interface/laboratorios-colaborativos-colab/>
- Ahonen, M., Launis, M., & Kuorinka, T. (1989). *Ergonomic workplace analysis*. Finnish Institute of Occupational Health.
- Alani, M. M., & Alloghani, M. (2019). Security Challenges in the Industry 4.0 Era. In *Industry 4.0 and Engineering for a Sustainable Future* (pp. 117–136). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-12953-8_8
- Amazon. (n.d.). *Amazon Prime Air*. Retrieved March 2, 2020, from <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- Antonelli, D., & Bruno, G. (2017). Dynamic task sharing strategy for adaptive human-robot collaborative workcell. *24th International Conference on Production Research, ICPR 2017, Icpr*, 568–573.
<https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17672>
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P., & Scholtz, O. (2016). *Lightweight robots in manual assembly – best to start simply! Examining companies’ initial experiences with lightweight robots*.
https://www.researchgate.net/publication/327744724_Lightweight_robots_in_manual_assembly__best_to_start_simply_Examining_companies'_initial_experiences_with_lightweight_robots/citations
- Bevan, S. (2015). Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 29(3), 356–373.
<https://doi.org/10.1016/j.berh.2015.08.002>
- Boston Consulting Group. (2021). *Industry 4.0*.
<https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0>
- Cesta, A., Orlandini, A., Bernardi, G., & Umbrico, A. (2016). Towards a planning-based framework for symbiotic human-robot collaboration. *2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2016.7733585>
- Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A., Lasnier, A., & Fraisse, P. (2016). Collaborative manufacturing with physical human–robot interaction. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 40, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.12.007>
- Cline, G. (2017). *Industry 4.0 and Industrial IoT in Manufacturing: A Sneak Peek*.

- <https://www.aberdeen.com/featured/industry-40-industrial-iot-manufacturing-sneak-peek/>
 CNI. (2016). *Challenges for industry 4.0 in Brazil*. April, 36 p.
http://www.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/49/e5/49e5c28d-5bdc-4ea2-ba3c-a11481e1b4a1/challenges_for_industry_40_in_brazil.pdf
- Coelho, P. (2016). *Rumo à indústria 4.0*. <http://hdl.handle.net/10316/36992>
- Colim, A., Carneiro, P., Costa, N., Faria, C., Rocha, L., Sousa, N., Silva, M., Braga, A. C., Bicho, E., Monteiro, S., & Arezes, P. M. (2020). *Human-Centered Approach for the Design of a Collaborative Robotics Workstation* (pp. 379–387). https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_41
- Colim, A., Faria, C., Braga, A. C., Sousa, N., Rocha, L., Carneiro, P., Costa, N., & Arezes, P. (2020). Towards an Ergonomic Assessment Framework for Industrial Assembly Workstations—A Case Study. *Applied Sciences*, *10*(9), 3048. <https://doi.org/10.3390/app10093048>
- Colim, A., Morgado, R., Carneiro, P., Costa, N., Faria, C., Sousa, N., Rocha, L. A., & Arezes, P. (2021). Lean Manufacturing and Ergonomics Integration: Defining Productivity and Wellbeing Indicators in a Human–Robot Workstation. *Sustainability*, *13*(4), 1931. <https://doi.org/10.3390/su13041931>
- Colim, A., Sousa, N., Carneiro, P., Costa, N., Arezes, P., & Cardoso, A. (2020). Ergonomic intervention on a packing workstation with robotic aid –case study at a furniture manufacturing industry. *Work*, *66*(1), 229–237. <https://doi.org/10.3233/WOR-203144>
- Cunha-Miranda, L., Carnide, F., & Lopes, M. F. (2010). Prevalence of rheumatic occupational diseases - PROUD study. *Acta Reumatologica Portuguesa*, *35*(2), 215–226. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20734545>
- David, G. C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*, *55*(3), 190–199. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>
- Departamento de Comunicação Corporativa LIDL. (2021). *LIDL INAUGURA O SEU PRIMEIRO ENTREPOSTO LOGÍSTICO SEMI-ROBOTIZADO EM PORTUGAL*. <https://institucional.lidl.pt/media-center/comunicados-de-imprensa/2021/inauguracao-entrepoto-santo-tirso>
- DTx - Digital Transformation CoLab. (n.d.-a). *DTx Mission, Vision, Values*. Retrieved July 26, 2021, from <https://www.dtx-colab.pt/en/dtx-mision-vision-values/>
- DTx - Digital Transformation CoLab. (n.d.-b). *DTx Strategy*. Retrieved May 26, 2021, from <https://www.dtx-colab.pt/en/dtx-strategy/>
- Erboz, G. (2017). *How to Define Industry 4.0: The Main Pillars Of Industry 4.0*.
- Fechter, M., Seeber, C., & Chen, S. (2018). Integrated Process Planning and Resource Allocation for

- Collaborative Robot Workplace Design. *Procedia CIRP*, 72, 39–44.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.179>
- Federal Institute for Occupational Safety and Health. (n.d.). *Risk Assessment with the Key Indicator Methods (KIM)*. Retrieved January 20, 2022, from https://www.baua.de/EN/Topics/Work-design/Physical-workload/Key-indicator-method/Key-indicator-method_node.html
- Ford, H., & Crowther, S. (2015). *My Life And Work*. Createspace Independent Publishing Platform.
- Fundação para a Ciência e Tecnologia. (n.d.). *Collaborative Laboratories*. Retrieved June 25, 2021, from <https://www.fct.pt/apoios/CoLAB/>
- Gasparetto, A., & Scalera, L. (2019). *From the Unimate to the Delta Robot: The Early Decades of Industrial Robotics* (pp. 284–295). https://doi.org/10.1007/978-3-030-03538-9_23
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H., & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 669–686.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Graves, S. C., & Redfield, C. H. (1988). Equipment selection and task assignment for multiproduct assembly system design. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 1(1), 31–50.
<https://doi.org/10.1007/BF00713158>
- Gualtieri, L., Palomba, I., Merati, F. A., Rauch, E., & Vidoni, R. (2020). Design of human-centered collaborative assembly workstations for the improvement of operators' physical ergonomics and production efficiency: A case study. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9).
<https://doi.org/10.3390/su12093606>
- Gualtieri, L., Rauch, E., & Vidoni, R. (2021a). Methodology for the definition of the optimal assembly cycle and calculation of the optimized assembly cycle time in human-robot collaborative assembly. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 113(7–8), 2369–2384.
<https://doi.org/10.1007/s00170-021-06653-y>
- Gualtieri, L., Rauch, E., & Vidoni, R. (2021b). Emerging research fields in safety and ergonomics in industrial collaborative robotics: A systematic literature review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 67, 101998. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101998>
- Gualtieri, L., Rauch, E., Vidoni, R., & Matt, D. T. (2019). An evaluation methodology for the conversion of manual assembly systems into human-robot collaborative workcells. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.046>
- Helms, E., Schraft, R. D., & Hagele, M. (2002). rob@work: Robot assistant in industrial environments. *Proceedings. 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*,

399–404. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2002.1045655>

International Organization for Standardization. (2011a). *ISO 10218-1:2011 Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1: Robots*. <https://www.iso.org/standard/51330.html>

International Organization for Standardization. (2011b). *ISO 10218-2:2011 Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 2: Robot systems and integration*. <https://www.iso.org/standard/41571.html>

International Organization for Standardization. (2016). *ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices – Collaborative robots*. <https://www.iso.org/standard/62996.html>

IR 4.0 Center. (2021). *Nine Pillars of IR 4.0*. <https://4irc.mediu.edu.my/industry-4-0/impact-4-0-industrial-revolution-in-education/>

Klußmann, A., Gebhardt, H., Rieger, M., Liebers, F., & Steinberg, U. (2012). Evaluation of objectivity, reliability and criterion validity of the Key Indicator Method for Manual Handling Operations (KIM-MHO), draft 2007. *Work*, *41*, 3997–4003. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0699-3997>

Klussmann, A., Liebers, F., Gebhardt, H., Rieger, M. A., Latza, U., & Steinberg, U. (2017). Risk assessment of manual handling operations at work with the key indicator method (KIM-MHO) – determination of criterion validity regarding the prevalence of musculoskeletal symptoms and clinical conditions within a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *18*(1), 184. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1542-0>

Kolbeinsson, A., Lagerstedt, E., & Linbdlom, J. (2018). Classification of Collaboration Levels for Human-Robot Cooperation in Manufacturing. *Advances in Manufacturing Technology XXXII*. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-902-7-151>

Krüger, K., Petermann, C., Pilat, C., Schubert, E., Pons-Kühnemann, J., & Mooren, F. C. (2015). Preventive strength training improves working ergonomics during welding. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, *21*(2), 150–157. <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1029290>

Landi, C. T., Villani, V., Ferraguti, F., Sabbatini, L., Secchi, C., & Fantuzzi, C. (2018). Relieving operators' workload: Towards affective robotics in industrial scenarios. *Mechatronics*, *54*(August), 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.07.012>

Lei n.º 102/2009. (n.d.). Retrieved November 24, 2021, from <https://dre.pt/dre/detalhe/lei/102-2009-490009>

Lei n.º 79/2019. (n.d.). Retrieved November 24, 2021, from <https://dre.pt/dre/detalhe/lei/79-2019->

124346830

- Lemmerz, K., Glogowski, P., Hypki, A., & Kuhlenkötter, B. (2018). Functional integration of a robotics software framework into a human simulation system. *50th International Symposium on Robotics, ISR 2018*, 255–262.
- Malik, A. A., & Bilberg, A. (2017). Framework to implement collaborative robots in manual assembly: A lean automation approach. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium, November*, 1151–1160. <https://doi.org/10.2507/28th.daaam.proceedings.160>
- Martinoli, A., Easton, K., & Agassounon, W. (2004). Modeling swarm robotic systems: A case study in collaborative distributed manipulation. *International Journal of Robotics Research*, 23(4–5), 415–436. <https://doi.org/10.1177/0278364904042197>
- McAtamney, L., & Corlett, N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.
- McLuhan, M., & Powers, B. R. (1989). *The global village : transformations in world life and media in the 21st century*. Oxford University Press.
- Miragliotta, G., Sianesi, A., Convertini, E., & Distante, R. (2018). Data driven management in Industry 4.0: a method to measure Data Productivity. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.228>
- Mundel, M. E. (1985). *Motion and Time Study. Improving Productivity* (5ª edição). Prentice-Hall.
- Näf, M. B., Koopman, A. S., Baltrusch, S., Rodriguez-Guerrero, C., Vanderborght, B., & Lefeber, D. (2018). Passive Back Support Exoskeleton Improves Range of Motion Using Flexible Beams. *Frontiers in Robotics and AI*, 5. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00072>
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*, 1–15.
- OCCHIPINTI, E. (1998). OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290–1311. <https://doi.org/10.1080/001401398186315>
- Olivas Padilla, B. E., Glushkova, A., Menychtas, D., & Manitsaris, S. (2019). Designing a web-based Automatic Ergonomic Assessment using Motion Data. *ACM International Conference Proceeding Series*, 528–534. <https://doi.org/10.1145/3316782.3322758>
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Pedrocchi, N., Vicentini, F., Malosio, M., & Tosatti, L. M. (2013). Safe human-robot cooperation in an

- industrial environment. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10. <https://doi.org/10.5772/53939>
- Ranz, F., Komenda, T., Reisinger, G., Hold, P., Hummel, V., & Sihm, W. (2018). A Morphology of Human Robot Collaboration Systems for Industrial Assembly. *Procedia CIRP*, 72, 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.011>
- Ras, E., Wild, F., Stahl, C., & Baudet, A. (2017). Bridging the Skills Gap of Workers in Industry 4.0 by Human Performance Augmentation Tools. *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, 428–432. <https://doi.org/10.1145/3056540.3076192>
- República Portuguesa. (2017). *Governo lança estratégia para a Indústria 4.0*. <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/noticia?i=20170130-mecon-industria-4>
- Robots, U. (2022). *O NOSSO COBOT MAIS VENDIDO ESTÁ AINDA MELHOR*. <https://www.universal-robots.com/pt/produtos/ur10-robot/>
- Roehi, C. (2017). *KNOW YOUR MACHINE: INDUSTRIAL ROBOTS VS. COBOTS*. <https://www.universal-robots.com/blog/know-your-machine-industrial-robots-vs-cobots/>
- Rosenstrauch, M. J., & Kruger, J. (2017). Safe human-robot-collaboration-introduction and experiment using ISO/TS 15066. *2017 3rd International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)*, 740–744. <https://doi.org/10.1109/ICCAR.2017.7942795>
- Rüßmann, M. et al. (2015). Future of Productivity and Growth in Manufacturing. *Boston Consulting, April*. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Schneider, P. (2018). Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. *Review of Managerial Science*, 12(3), 803–848. <https://doi.org/10.1007/s11846-018-0283-2>
- Schwab, K. (2016). *A Quarta Revolução Industrial* (1st ed.). Edipro.
- Scrum.org. (n.d.). *WHAT IS SCRUM?* Retrieved November 25, 2021, from <https://www.scrum.org/resources/what-is-scrum>
- Shi, J., Jimmerson, G., Pearson, T., & Menassa, R. (2012). Levels of human and robot collaboration for automotive manufacturing. *Proceedings of the Workshop on Performance Metrics for Intelligent Systems - PerMIS '12*, 95. <https://doi.org/10.1145/2393091.2393111>
- Steinberg, U. (2012). New tools in Germany: development and appliance of the first two KIM (“lifting, holding and carrying” and “pulling and pushing”) and practical use of these methods. *Work*, 41, 3990–3996. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0698-3990>

- Stewart, W. F., Ricci, J. A., Chee, E., Morganstein, D., & Lipton, R. (2003). Lost Productive Time and Cost Due to Common Pain Conditions in the US Workforce. *Journal of the American Medical Association*, *290*(18), 2443–2454. <https://doi.org/10.1001/jama.290.18.2443>
- Theorin, A., Bengtsson, K., Provost, J., Lieder, M., Johnsson, C., Lundholm, T., & Lennartson, B. (2017). An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *55*(5), 1297–1311. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1201604>
- Vicentini, F., Askarpour, M., Rossi, M. G., & Mandrioli, D. (2020). Safety Assessment of Collaborative Robotics Through Automated Formal Verification. *IEEE Transactions on Robotics*, *36*(1), 42–61. <https://doi.org/10.1109/TRO.2019.2937471>
- Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*, *55*(March), 248–266. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.02.009>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Free Press.
- Zandin, K. B. (2004). *Maynard's Industrial Engineering Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Zawadzki, P., & Żywicki, K. (2016). Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept. *Management and Production Engineering Review*, *7*(3), 105–112. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
- Zeta Group Engineering. (2020). *Working with Robots: A Guide to the Collaboration Levels Between Humans and Robots*. <https://www.zetagrouppengineering.com/levels-of-collaboration-robots/>

ANEXO 1 – MÉTODO RULA

Braço	Antebraço	Pulso							
		1		2		3		4	
		Rotação do Pulso		Rotação do Pulso		Rotação do Pulso		Rotação do Pulso	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Figura 25 – Tabela A, pontuação do Grupo A do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))

Pescoço	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Membros Inferiores		Membros Inferiores		Membros Inferiores		Membros Inferiores		Membros Inferiores		Membros Inferiores	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Figura 26 – Tabela B, pontuação do Grupo B do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))

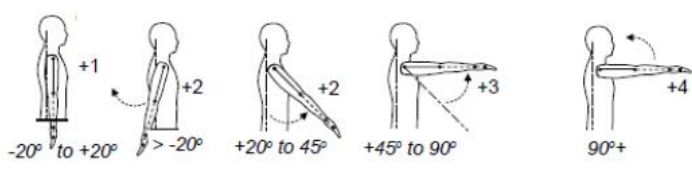
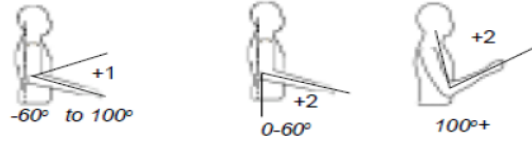
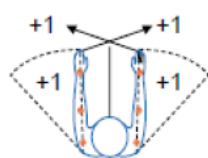
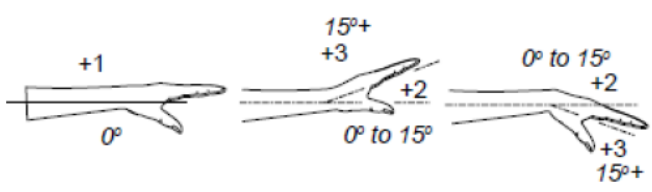
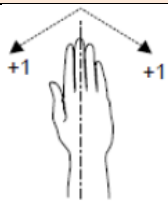
		Pontuação do Grupo B + Repetitividade e Força						
		1	2	3	4	5	6	7+
Pontuação do Grupo A + Repetitividade e Força	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 27 – Tabela C, pontuação do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))

	Pontuação RULA	Nível de Ação	Intervenção a aplicar
	1 ou 2	1	Postura é aceitável se não for mantida ou repetida por longos períodos
	3 ou 4	2	Necessidade de investigar melhor e poderão ser necessárias modificações
	5 ou 6	3	É urgente investigar melhor e realizar modificações
	7 ou +	4	Investigações e modificações são necessárias imediatamente

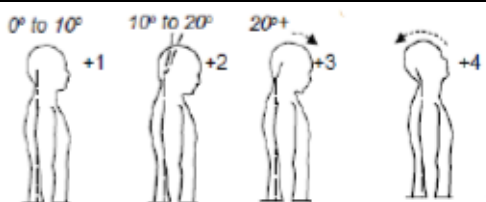
Figura 28 – Níveis de ação do método RULA (Adaptado de McAtamney & Corlett, (1993))

Tabela 18 – RULA Grupo A

Método RULA		
Grupo A: Análise do Braço, Antebraço, Pulso e Rotação do Pulso		Pontuação
Passo 1: Verificar a posição do Braço		
	-20° a 20°	+1
	>20°	+2
	20° a 45°	+2
	45° a 90°	+3
	>90°	+4
1a: Ajustes	Ombro levantado	+1
	Abdução do Braço	+1
	Ombros apolados	-1
Passo 2: Verificar a posição do Antebraço		
	0° a 60°	+2
	60° a 100°	+1
	>100°	+2
2a: Ajustes		
	O antebraço cruza a linha central do corpo ou trabalha na parte lateral	+1
Passo 3: Verificar a posição do Pulso		
	-15° a 0°	+3
	0°	+1
	0° a 15°	+2
	>15°	+3
3a: Ajustes		
	Abdução ou Adoção do pulso	+1

Passo 4: Rotação do Pulso	Ligeira	+1
	Próximo do limite	+2
Passo 5: Encontra a pontuação na Tabela A	Somar os valores entre os passos 1, 2, 3 e 4	Ver Tabela A
Passo 6: Pontuação da repetitividade	Postura Estática	+1
	Postura Repetida (+4x minuto)	+1
Passo 7: Pontuação de Força	S/ carga ou carga Inferior a 2kg	+0
	Entre 2kg e 10kg (intermitente)	+1
	Entre 2kg e 10kg (estática ou repetida)	+2
	>10kg	+3
Passo 8: Linha na Tabela C	Utilizar soma dos valores dos 5, 6 e 7	Ver Tabela C

Tabela 19 – RULA Grupo B

Método RULA		
Grupo B: Análise do Pescoço, Tronco e Membros Inferiores		Pontuação
Passo 9: Verificar a posição do pescoço		
	<0°	+4
	0° a 10°	+1
	10° a 20°	+2
	>20°	+3
9ª: Ajustes	Há rotação lateral do pescoço	+1
	Há inclinação lateral do pescoço	+1
Passo 10: Verificar a posição do tronco		
	-10° a 0°	+1
	0° a 20°	+2


	20° a 60°	+3
	>60°	+4
	O tronco está bem apoiado enquanto sentado	+1
	O tronco não está bem apoiado enquanto sentado	+2
10ª: Ajustes	Há rotação lateral do tronco	+1
	Há inclinação lateral do tronco	+1
Passo 11: Verificar a posição dos membros inferiores	Pernas e pés bem apoiados e postura bem equilibrada	+1
	Pernas e pés mal apoiados e em postura instável	+2
Passo 12: Encontra a pontuação na Tabela B	Somar os valores entre os passos 8, 9, 10 e 11	Ver Tabela B
Passo 13: Pontuação da repetitividade	Postura Estática	+1
	Postura Repetida (+4x minuto)	+1
Passo 14: Pontuação de Força	S/ carga ou carga inferior a 2kg	+0
	Entre 2kg e 10kg (intermitente)	+1
	Entre 2kg e 10kg (estática ou repetida)	+2
	>10kg	+3
Passo 15: Coluna na Tabela C	Utilizar soma dos valores dos 12, 13 e 14	Ver Tabela C
Pontuação Final		Ver Tabela C

ANEXO 2 – KIM-MHO

1st step: Determination of time rating points

Total duration of this sub-activity per working day [up to ... hours]	up to 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Time rating points:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2nd step: Determination of the rating points for other indicators

Type of force exertion in the finger/hand area within a "standard minute"		Holding ¹⁾			Moving				
		average holding time [sec. per minute]			average movement frequencies [number per minute]				
Level	Description, typical examples	31-60	16-30	≤ 15	< 5	5-15	16-30	31-60	61-90 ²⁾
	Very low / low forces (up to 15% F_{maxM}) e.g. button actuation / shifting / ordering / material guidance / insertion of small parts	Rating points			Rating points				
	Moderate forces (up to 30% F_{maxM}) e.g. gripping / joining small work pieces by hand or with small tools	5.5	3	1.5	0.5	1	2.5	5	7
	High forces (up to 50% F_{maxM}) e.g. turning / winding / packaging / grasping / holding or joining parts / pressing in / cutting / working with small powered hand tools	9	4.5	2.5	0.5	2	4	7.5	11
	Very high forces (up to 80% F_{maxM}) e.g. cutting involving major element of force / working with small staple guns / moving or holding parts or tools	14	7	3.5	1	3	6	12	18
	Peak forces³⁾ (more than 80% F_{maxM}) e.g. tightening, loosening bolts / separating / pressing in	22	11	5.5	1.5	5	10	19	
	Powerful hitting³⁾ with ball of the thumb, palm of the hand or fist	100		35	8	30		100	
<p>The work cycle must be observed and the rating points for the force categories marked. Added (left and right hands separately), these produce the force rating point. To calculate the total score (step 3), the higher value must be used.</p>		Rating points of force exertion:			Left hand	Right hand			

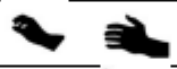


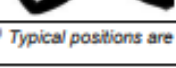
¹⁾ The amount of time of holding work is only considered as such in the assessment if one arm is held continuously statically for at least 4 seconds!

²⁾ Please note: if one of these categories was chosen, it is recommended to evaluate this sub-activity also using the KIM-BF!

These forces might not be exerted at all or might no longer be exerted reliably. This applies to women in particular.

³⁾ In case of even higher frequencies, the resulting risk score must be extrapolated linearly or the E version (KIM-MHO-E) must be applied.

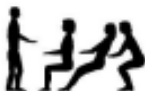



Force transfer / gripping conditions	Rating
Optimum force transfer/application / working objects are easy to grip (e.g. bar-shaped, gripping grooves) / good ergonomic gripping design (grips, buttons, tools)	0
Restricted force transfer/application / greater holding forces required / no shaped grips	2
Force transfer/application considerably hindered / working objects hardly possible to grip (slippery, soft, sharp edges) / no or only unsuitable grips	4

Hand/arm position and movement ⁴⁾	Rating points
 Good: position or movements of joints in the middle (relaxed) range, only rare deviations / no continuous static arm posture / hand-arm rest possible as required	0
 Restricted: occasional positions or movements of the joints at the limit of the movement ranges / occasional long continuous static arm posture	1
 Unfavourable: frequent positions or movements of the joints at the limit of the movement ranges / frequent long continuous static arm posture	2
 Poor: constant positions or movements of the joints at the limit of the movement ranges / constant long continuous static arm posture	3

⁴⁾ Typical positions are to be considered. Rare deviations can be ignored.

Unfavourable working conditions (specify only where applicable)	Rating points
Good: there are no unfavourable working conditions, i.e. reliable recognition of detail / no dazzle / good climatic conditions	0
Restricted: occasionally impaired detail recognition due to dazzle or excessively small details difficult conditions such as draught, cold, moisture and/or disturbed concentration due to noise	1
Unfavourable: frequently impaired detail recognition due to dazzle or excessively small details frequently difficult conditions such as draught, cold, moisture and/or disturbed concentration due to noise	2

Figura 29 – Folha de Aplicação do método KIM-MHO (parte 1 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))

Body posture/movement ^{5) 6)}	Rating points
 <ul style="list-style-type: none"> - Alternation between sitting and standing, alternation between standing and walking, dynamic sitting possible - Trunk inclined forward only very slightly - No twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable - Head posture: variable, head not inclined backward and/or severely inclined forward or constantly moving - No gripping above shoulder height / no gripping at a distance from the body 	0
 <ul style="list-style-type: none"> - Predominantly sitting or standing with occasional walking - Trunk with slight inclination of the body towards the work area - Occasional twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable - Occasional deviations from good "neutral" head posture/movement - Occasional gripping above shoulder height / occasional gripping at a distance from the body 	2
 <ul style="list-style-type: none"> - Exclusively standing or sitting without walking - Trunk clearly inclined forward and/or frequent twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable - Frequent deviations from good "neutral" head posture/movement - Head posture hunched forward for detail recognition / restricted freedom of movement - Frequent gripping above shoulder height / frequent gripping at a distance from the body 	4
 <ul style="list-style-type: none"> - Trunk severely inclined forward / frequent or long-lasting bending - Work being carried out in a kneeling, squatting, lying position - Constant twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable - Body posture strictly fixed / visual check of action through magnifying glasses or microscopes - Constant deviations from good "neutral" head posture/movement - Constant gripping above shoulder height / constant gripping at a distance from the body 	6 ⁷⁾

⁵⁾ Typical body postures are to be taken into account. Rare deviations can be ignored.

⁶⁾ If the manual handling operations are not carried out in a stationary sitting, standing, kneeling, squatting, lying position, but in motion (walking, crawling), it is recommended to evaluate the sub-activity also using the KIM-BM.

⁷⁾ Please note: If this category was chosen, it is recommended to evaluate this sub-activity also using the KIM-ABP!

Work organisation / temporal distribution	Rating points
Good: frequent variation of the physical workload situation due to other activities (including other types of physical workload) / without a tight sequence of higher physical workloads within one type of physical workload during a single working day.	0
Restricted: rare variation of the physical workload situation due to other activities (including other types of physical workload) / occasional tight sequence of higher physical workloads within one type of physical workload during a single working day.	2
Unfavourable: no/hardly any variation of the physical workload situation due to other activities (including other types of physical workload) / frequent tight sequence of higher physical workloads within one type of physical workload during a single working day with concurrent high load peaks.	4

3rd step: Evaluation and assessment

Type of force exertion in the finger/hand area	
Force transfer / gripping conditions +	
Hand/arm position and movement +	
Unfavourable working conditions +	
Body posture +	
Work organisation / temporal distribution +	
Time rating points	X
Total of indicator rating points:	=
	Result


The risk score calculated and the table below can be used as the basis for a rough evaluation:					
Risk	Risk range	Intensity of load ¹⁾	a) Probability of physical overload b) Possible health consequences	Measures	
	1	< 20 points	low	a) Physical overload is unlikely. b) No health risk is to be expected.	None
	2	20 - < 50 points	slightly increased	a) Physical overload is possible for less resilient persons. b) Fatigue, low-grade adaptation problems which can be compensated for during leisure time	For less resilient persons, workplace redesign and other prevention measures may be helpful.
	3	50 - < 100 points	substantially increased	a) Physical overload is also possible for normally resilient persons. b) Disorders (pain), possibly including dysfunctions, reversible in most cases, without morphological manifestation	Workplace redesign and other prevention measures should be considered.
	4	≥ 100 points	high	a) Physical overload is likely. b) More pronounced disorders and/or dysfunctions, structural damage with pathological significance	Workplace redesign measures are necessary. Other prevention measures should be considered.

Figura 30 - Folha de Aplicação do método KIM-MHO (parte 2 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))

ANEXO 3 – KIM-LHC

1st step: Determination of time rating points

Frequency [up to ... times per sub-activity and working day]:	5	20	50	100	150	220	300	500	750	1000	1500	2000	2500
Time rating points:	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10

2nd step: Determination of the rating points for other indicators

Effective load weight ¹⁾	Load rating points for men	Load rating points for women
3 up to 5 kg	4	6
> 5 up to 10 kg	6	9
> 10 up to 15 kg	8	12
> 15 up to 20 kg	11	25
> 20 up to 25 kg	15	75
> 25 up to 30 kg	25	85
> 30 up to 35 kg	35	100
> 35 up to 40 kg	75	
> 40 kg	100	

¹⁾ "Effective load weight" refers to the physical workload which the employee actually has to apply. When tilting a cardboard box, only approximately 50 % of the load weight has an effect and when carrying a load in pairs, approximately 60 % of the load weight has an effect per person (in case of increased requirements with respect to load control and coordination, more than 50 % must be assumed).

Load handling conditions	Rating points
Load is handled with both hands and symmetrically	0
Load is handled temporarily with one hand and/or asymmetrically, uneven load distribution between the two hands	2
Load is handled predominantly with one hand or unstable load centre	4





















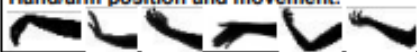
Body posture ²⁾						Additional points (max. 6 points) Only relevant where applicable.											
Start / finish	Finish / start	Rating points	Start / finish	Finish / start	Rating points												
		0			10 ³⁾	Occasional twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable	+1										
						Frequent / constant twisting and/or lateral inclination of the trunk identifiable	+3										
		3			13 ³⁾	Load centre and/or hands occasionally at a distance from the body	+1										
						Load centre and/or hands frequently / constantly at a distance from the body	+3 ³⁾										
		5			15 ³⁾	Arms raised occasionally, hands between elbow and shoulder level	+0.5										
						Arms raised frequently / constantly, hands between elbow and shoulder level	+1										
		7			18 ³⁾	Hands occasionally above shoulder height	+1										
						Hands frequently / constantly above shoulder height	+2 ³⁾										
		9 ³⁾			20 ³⁾	<table border="1"> <tr> <td>BP rating points</td> <td>+</td> <td>Additional points</td> <td>=</td> <td>Total</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		BP rating points	+	Additional points	=	Total					
BP rating points	+	Additional points	=	Total													

Figura 31 - Folha de Aplicação do método KIM-LHC (parte 1 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))

Unfavourable working conditions (specify only where applicable) <i>Indicators not mentioned in the tables are to be taken into account accordingly. Rare deviations can be ignored.</i>		Intermediate rating points IRP	Σ IRP
Hand/arm position and movement: 	occasionally at the limit of the movement ranges	1	
	frequently/constantly at the limit of the movement ranges	2	
Force transfer/application restricted: loads difficult to grip / greater holding forces required / no shaped grips / work gloves		1	
Force transfer/application considerably hindered: loads hardly possible to grip / slippery, soft, sharp edges / no/unsuitable grips / work gloves		2	
Adverse ambient conditions: unfavourable weather conditions and/or physical workloads caused by heat, draught, cold, wet		1	
Spatial conditions restricted: work area of less than 1.5 m ² , floor is moderately dirty and slightly uneven, slight inclination of up to 5°, slightly restricted stability, load must be positioned precisely		1	
Spatial conditions unfavourable: significantly restricted freedom of movement or space for movement is not high enough, working in confined spaces, floor is very dirty, uneven or roughly cobbled, steps / potholes, stronger inclination of 5-10°, restricted stability, load must be positioned very precisely		2 ⁴⁾	
Clothes: additional physical workload due to impairing clothes or equipment (e.g. when wearing heavy rain jackets, whole-body protection suits, respiratory protective equipment, tool belts or the like)		1	
Difficulties due to holding / carrying: The load has to be held between > 5 and 10 seconds or carried over a distance between > 2 m and 5 m.		2	
Significant difficulties due to holding / carrying: The load has to be held > 10 seconds or carried over a distance > 5 m.		5 ⁴⁾	
None: there are no unfavourable working conditions		0	

⁴⁾ Please note: if there are unfavourable spatial conditions when carrying loads or if the load has to be carried over distances > 10 m, this sub-activity is to be evaluated using the KIM-BM!

Work organisation / temporal distribution	Rating points
Good: frequent variation of the physical workload situation due to other activities (including other types of physical workload) / without a tight sequence of higher physical workloads within one type of physical workload during a single working day.	0
Restricted: rare variation of the physical workload situation due to other activities (including other types of physical workload) / occasional tight sequence of higher physical workloads within one type of physical workload during a single working day.	2
Unfavourable: no/hardly any variation of the physical workload situation due to other activities (including other types of physical workload) / frequent tight sequence of higher physical workloads within one type of physical workload during a single working day with concurrent high load peaks.	4

3rd step: Evaluation and assessment

	Men	Women	
Effective load weight			
Load handling conditions +			
Total body posture +			
Unfavourable working conditions (Σ IRP) +			
Work organisation / temporal distribution +			
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Time rating points</div> x Total of Indicator rating points:			=
			Results <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> Men Women </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 2px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> <div style="border: 2px solid black; width: 30px; height: 20px;"></div> </div>

The risk score calculated and the table below can be used as the basis for a rough evaluation:


Risk	Risk range	Intensity of load ¹⁾	a) Probability of physical overload b) Possible health consequences	Measures	
	1	< 20 points	low	a) Physical overload is unlikely. b) No health risk is to be expected.	None
	2	20 - < 50 points	slightly increased	a) Physical overload is possible for less resilient persons. b) Fatigue, low-grade adaptation problems which can be compensated for during leisure time	For less resilient persons, workplace redesign and other prevention measures may be helpful.
	3	50 - < 100 points	substantially increased	a) Physical overload is also possible for normally resilient persons. b) Disorders (pain), possibly including dysfunctions, reversible in most cases, without morphological manifestation	Workplace redesign and other prevention measures should be considered.
	4	≥ 100 points	high	a) Physical overload is likely. b) More pronounced disorders and/or dysfunctions, structural damage with pathological significance	Workplace redesign measures are necessary. Other prevention measures should be considered.

Figura 32 - Folha de Aplicação do método KIM-LHC (parte 2 de 2) (retirado de Federal Institute for Occupational Safety and Health, (n.d.))

ANEXO 4 – AJUSTAMENTO DE DIFICULDADE

Categoria	Descrição	Código	Condições	Ajustamento (%)	Exemplos
1	Partes do corpo utilizadas	A	Apenas uso dos dedos	0	
		B	Pulso e dedos (mão)	1	
		C	Cotovelo, antebraço e mão	2	
		D	Todo o membro superior	5	
		E	Tronco e membro superior	8	
		E2	Levantar baixo c/ ajuda pernas	10	
2	Utilização de pedais	F	Sem pedais, ou apenas um pedal com o fulcro sob o pé	0	
		G	Um ou dois pedais com o fulcro fora do pé	5	
3	Trabalho com ambas as mãos (*)	H	As duas mãos ajudam-se ou alternam	0	Ambas as peças são "idênticas" no que respeita ao trabalho a executar
		H2	As mãos trabalham simultaneamente fazendo o mesmo trabalho em peças idênticas	18	
4	Coordenação olhos-mãos (*)	I	Trabalho grosseiro	0	Só precisa olhar casualmente Apenas visão periférica casualmente Visão periférica constante Visão próxima Bordar à mão
		J	Visão moderada	2	
		K	Constante, mas não próxima	4	
		L	Cuidadosa, bastante próxima	7	
		M	Exigência de grande acuidade visual	10	
5	Requisitos de manipulação (*)	N	Manipulação grosseira	0	Não precisa controlar a força muscular conscientemente Pode inclinar ou pousar os objectos sem cuidado Não deve bater com os objectos Os objectos podem danificar-se facilmente Os objectos podem danificar-se facilmente pela pressão normal dos dedos
		O	Apenas controlo grosseiro	1	
		P	Deve ser controlado, mas pode ser inclinado	2	
		Q	Manipulação com cuidado	3	
		R	Grande fragilidade	5	
6	Peso / força	Identificar pelo peso da peça, resistência a vencer ou força que é necessário exercer		Usar Figura 86	

Figura 33 – Ajustamento de dificuldades (fonte:(Mundel, 1985))

Força exercida (Kg)	Valor de base quando a força é exercida durante 5% ou menos do ciclo	Incrementos a adicionar ao valor básico em função da percentagem que exceder 5% do ciclo														Total máx. possível
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	45	
0,5	1	Utilizo o valor de base para todas forças inferiores a kg														1
1	2															11
1,5	3															12
2	3															13
2,5	4															14
3	5															15
3,5	7															16
4	8															17
4,5	9															18
5	11															19
5,5	12	Quando somar, arredonde o resultado para o valor inteiro mais próximo														20
6	13	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	1,0	1,3	1,7	2	23
6,5	14	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	1,0	1,3	1,7	2	24
7	15	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	1,3	2,0	2,8	3	26
7,5	16	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,8	2,7	3,6	4	28
8	17	0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	2,2	3,3	4,4	5	30
8,5	18	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	2,7	4,0	5,3	6	32
9	19	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	3,1	4,7	6,2	7	34
9,5	20	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	4,0	6,0	8,0	9	38
10	21	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	4,4	6,7	8,9	10	40
10,5	22	0,3	0,6	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	4,9	7,3	9,7	11	42
11	23	0,3	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,5	2,7	3,1	6,2	9,3	12,4	14	45
11,5	24	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,2	6,7	10,0	13,3	15	47
12	25	0,4	0,8	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,6	7,1	10,6	14,2	16	49
12,5	26	0,4	0,9	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	8,0	12,0	16,0	18	52
13	27	0,5	1,0	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,4	8,9	13,3	17,8	20	54
13,5	28	0,5	1,1	1,5	2,0	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	9,7	14,7	20,0	22	57
14	29	0,6	1,2	1,6	2,1	2,7	3,2	3,7	4,3	4,8	5,3	10,7	16,0	21,4	24	60
14,5	30	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	11,6	17,3	23,1	26	62
15	31	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	12,4	18,7	24,9	28	65
15,5	32															
16	33															
16,5	34															
17	35															
17,5	36															
18	37															
18,5	38															
19	39															
19,5	40															
Força (kg)	Valor de base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	45	Total Máx.

Figura 34 - Ajustamento de dificuldade em função da duração da força exercida (fonte: (Mundel, 1985))

ANEXO 5 – STANDARD OPERATION SHEET – PACKING PROCESS INSTRUCTION

Standard Operation Sheet				Data Approved:	2020-04-24	44021	13				
Packing Process Instruction				Tempo Total:	ELABORADO POR:	APROVADO POR:					
FA	2.5.2 t W Bolt	LINHA/POSTO TRABALHO:	Etapa 1/3	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	INFORMAÇÃO ADICIONAL:						
PROCESSO				UTILIZAÇÃO							
											
 <p><i>Not include 2121m because of issue 840 on serial packing and design</i></p>				<table border="1"> <tr> <td>Nº Operadores</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Nº Packing Station</td> <td>10</td> </tr> </table>				Nº Operadores	15	Nº Packing Station	10
Nº Operadores	15										
Nº Packing Station	10										
											
<p>Motivo da alteração da versão:</p> <p>Alteração dos postos de trabalho.</p>											
<p>AJUDAS EHS / CHAVE:</p> 				<p>LAYOUT:</p>							

Figura 35 - Standard Operation Sheet – Packing Process Instruction

ANEXO 6 – FOLHA DE PARÂMETROS

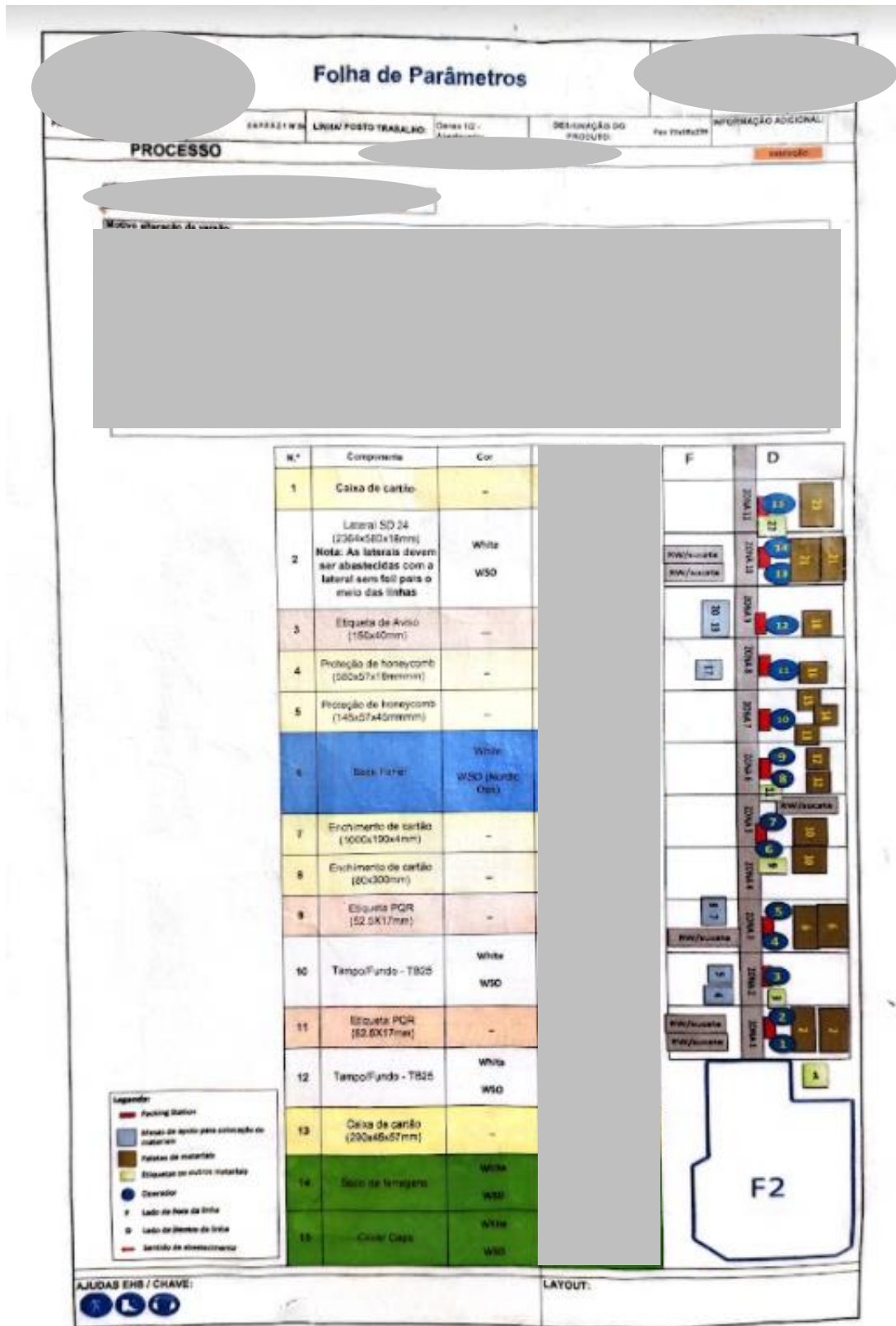


Figura 36 – Folha de Parâmetros

APÊNDICE 1 – TAREFAS PT5 KALFASS 1

Tabela 20 – Tarefas do PT5 referente à linha de embalagem Kalfass 1

Nº	Descrição
1	Pegar e Colocar uma palete no tapete rolante.
2	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
3	Pegar e Colocar uma caixa.
4	Pegar e Colocar em 4 colunas de 10 prateleiras cada.
5	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
6	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
7	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
8	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
9	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
10	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
11	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
12	Pegar e Colocar uma caixa.
13	Pegar e Colocar em 4 colunas de 10 prateleiras cada.
14	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
15	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
16	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
17	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
18	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
19	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
20	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
21	Pegar e Colocar uma caixa.
22	Pegar e Colocar em 4 colunas de 10 prateleiras cada.
23	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
24	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
25	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
26	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.
27	Pegar e Colocar uma camada intermédia.
28	Pegar e Colocar em 4 colunas de 2 prateleiras cada.

APÊNDICE 2 – FOLHA DE APLICAÇÃO DO MÉTODO EWA

Ergonomic Workplace Analysis

Nome: _____

Idade: _____ Género: _____ Posto de trabalho: _____ Data: _____

1. **Espaço de trabalho:**
 - Área de trabalho Horizontal;
 - Altura do plano de trabalho;
 - Visão;
 - Espaço para as pernas;
 - Assento;
 - Ferramentas Manuais;
2. **Atividade Física em Geral:**
 - Intensidade do trabalho;
 - Risco de sobrecarga;
3. **Tarefas de elevação manual de cargas:**
 - Elevação de cargas pesadas;
 - Elevação de cargas acima dos ombros;
4. **Posturas e Movimentos:**
 - Pescoço e ombros;
 - Cotovelos e pulsos;
 - Costas;
 - Ancas e pernas;
5. **Risco de Acidente:**
 - Antecedentes de lesões;
 - Severidade das lesões, caso existam;
6. **Conteúdo Laboral:**
 - As tarefas são executadas na totalidade;
 - As tarefas são planeadas pelos operadores;
7. **Restritividade do Trabalho:**
 - Ritmo de trabalho imposto por outros;
 - Organização do trabalho;
8. **Comunicação e contactos pessoais:**
 - Facilidade da comunicação interpessoal;
9. **Tomada de Decisão:**
 - Simplicidade das tarefas a executar;
10. **Repetitividade do Trabalho:**
 - Avaliar tempos de ciclo (ciclos de trabalho rápidos);
11. **Nível de atenção requerido:**
 - Nível de atenção necessário para a realização das tarefas;

Legenda:

- ++ (1) Muito bom
- + (2) Bom
- - (3) Mau
- -- (4) Muito mau

Figura 37 – Folha de aplicação do método EWA

APÊNDICE 3 – MÉTODO EWA (PERCEÇÕES DOS TRABALHADORES)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Traeças de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Operadora 1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1
Operadora 2	1	2	2	2	3	2	2	1	1	3	1
Operadora 3	2	2	1	1	3	1	1	1	1	2	1
Operadora 4	3	4	3	4	2	2	2	2	2	4	3
Operadora 5	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2
Operadora 6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Operadora 7	3	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3
Operadora 8	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
Operadora 9	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3
Operadora 10	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2
Operadora 11	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2
Operadora 12	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2

Figura 38 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 1 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Traeças de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Operadora 1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Operadora 2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Operadora 3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Operadora 4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Operadora 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
Operadora 7	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 9	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2
Operadora 10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 11	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 12	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Figura 39 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 2 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Traeças de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Operadora 1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Operadora 2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Operadora 3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Operadora 4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Operadora 5	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 6	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
Operadora 7	1	2	1	2	2	1	1	3	2	3	2
Operadora 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Operadora 9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Operadora 11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Figura 40 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 3 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Operadora 1	2	3	4	3	3	3	3	1	1	3	1
Operadora 2	2	3	4	3	3	3	3	1	1	2	1
Operadora 3	2	3	4	4	3	3	3	1	1	3	1
Operadora 4	4	3	4	4	4	4	4	2	2	4	4
Operadora 5	4	4	4	3	2	2	4	4	3	3	3
Operadora 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Operadora 7	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2
Operadora 8	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2
Operadora 9	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2
Operadora 10	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	2
Operadora 11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Operadora 12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Figura 41 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 4 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Operadora 1	2	3	4	3	3	3	3	1	1	3	1
Operadora 2	2	3	4	4	3	3	3	1	1	2	1
Operadora 3	2	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1
Operadora 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
Operadora 5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 6	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4
Operadora 7	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2
Operadora 8	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2
Operadora 9	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2
Operadora 10	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	2
Operadora 11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Operadora 12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Figura 42 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 5 (n=12)

	Espaço de trabalho	Atividade física em geral	Tarefas de elevação manual de cargas	Posturas e movimentos	Risco de acidente	Conteúdo laboral	Restritividade do trabalho	Comunicação e contactos pessoais	Tomada de decisão	Repetitividade das tarefas	Nível de atenção requerido
Operadora 1	1	2	1	2	3	2	3	1	1	3	1
Operadora 2	1	2	1	2	3	2	3	1	1	2	1
Operadora 3	1	2	2	1	3	2	3	1	1	2	1
Operadora 4	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 5	2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	2
Operadora 6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Operadora 7	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2
Operadora 8	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2
Operadora 9	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2
Operadora 10	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2
Operadora 11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Operadora 12	4	3	3	4	4	3	3	2	2	2	2

Figura 43 - Método EWA das percepções dos trabalhadores para o PT 6 (n=12)

APÊNDICE 4 – MÉTODO EWA KALFASS1 (ANALISTA)

	PT1	PT2
Espaço de trabalho	2	Materiais situados próximo dos colaboradores mas não de forma consistente, o que por sua vez, pode levar à adoção de más posturas e movimentos desnecessários.
Atividade física em geral	2	Este fator depende do método produtivo e da organização do trabalho. Posto isto, ocorrem alguns picos produtivos, mas não existe risco de sobrecarga.
Tarefas de elevação manual de cargas	2	Manuseamento de cargas de 2,5 kg, à altura da cintura
Posturas e movimentos	2	Postos de trabalho responsáveis pela colocação de pequenos materiais, sujeitos a uma ligeira frequência de más posições dos ombros e pulsos.
Risco de acidente	2	Má organização do posto de trabalho pode provocar um acidente
Conteúdo laboral	2	Os trabalhadores executam a totalidade das tarefas do posto, não planeando as mesmas
Restritividade do trabalho	2	Os requisitos de produtividade restringem ligeiramente o ritmo de trabalho.
Comunicação e contactos pessoais	1	A comunicação entre os trabalhadores é possível, e facilitada pela não utilização de EPI auditivo, uma vez que não existe um nível de ruído que o exija
Tomada de decisão	1	O posto de trabalho consiste em tarefas simples
Repetitividade das tarefas	3	Tempos de ciclo curtos e movimentos repetitivos.
Nível de atenção requerido	2	Nível de atenção baixa ao decorrer de todo o ciclo de trabalho

Figura 44 - Método EWA do PT1 da linha Kalfass1 (analista)

	PT2	PT3
Espaço de trabalho	2	Materiais situados próximo dos colaboradores mas não de forma consistente, o que por sua vez, pode levar à adoção de más posturas e movimentos desnecessários.
Atividade física em geral	2	Ocorrem alguns picos produtivos, mas não existe risco de sobrecarga.
Tarefas de elevação manual de cargas	1	Manuseamento de cargas leves, <1kg, à altura da cintura
Posturas e movimentos	1	Postos de trabalho responsáveis pela colocação de pequenos materiais, frequência incomum de más posturas ao nível dos pulsos e ombros.
Risco de acidente	1	Posto de trabalho simples, com tarefas que não representam risco de acidente
Conteúdo laboral	2	Os trabalhadores executam a totalidade das tarefas do posto, não planeando as mesmas
Restritividade do trabalho	2	Os requisitos de produtividade restringem ligeiramente o ritmo de trabalho.
Comunicação e contactos pessoais	1	A comunicação entre os trabalhadores é possível, e facilitada pela não utilização de EPI auditivo, uma vez que não existe um nível de ruído que o exija
Tomada de decisão	1	O posto de trabalho consiste em tarefas simples
Repetitividade das tarefas	3	Tempos de ciclo curtos e movimentos repetitivos.
Nível de atenção requerido	2	Nível de atenção baixa ao decorrer de todo o ciclo de trabalho

Figura 45 - Método EWA do PT2 da linha Kalfass1 (analista)

	PT3	PT4
Espaço de trabalho	1	Materiais localizados próximo dos trabalhadores de uma forma consistente, não existem movimentos desnecessários.
Atividade física em geral	1	Não existe risco de sobrecarga devidos às características da tarefa.
Tarefas de elevação manual de cargas	1	Manuseamento de cargas leves, <1kg, à altura da cintura
Posturas e movimentos	2	Postos de trabalho responsáveis pela colocação de pequenos materiais, sujeitos a uma ligeira frequência de más posições dos ombros e pulsos.
Risco de acidente	2	Má organização do posto de trabalho pode provocar um acidente
Conteúdo laboral	2	Os trabalhadores executam a totalidade das tarefas do posto, não planeando as mesmas
Restritividade do trabalho	2	Os requisitos de produtividade restringem ligeiramente o ritmo de trabalho.
Comunicação e contactos pessoais	1	A comunicação entre os trabalhadores é possível, e facilitada pela não utilização de EPI auditivo, uma vez que não existe um nível de ruído que o exija
Tomada de decisão	1	O posto de trabalho consiste em tarefas simples
Repetitividade das tarefas	3	Tempos de ciclo curtos e movimentos repetitivos.
Nível de atenção requerido	2	Nível de atenção baixa ao decorrer de todo o ciclo de trabalho

Figura 46 - Método EWA do PT3 da linha Kalfass1 (analista)

	PT4	PT5
Espaço de trabalho	3	Diversos materiais situados em zonas de difícil alcance, o que por sua vez, proporciona movimentos desnecessários e posturas desadequadas.
Atividade física em geral	3	Ocorrem riscos produtivos, o que por sua vez pode levar a riscos de sobrecarga devido às características das tarefas em si.
Tarefas de elevação manual de cargas	3	Cargas de 5kg manuseadas regularmente à altura da cintura
Posturas e movimentos	3	Posto de trabalho sujeito a más posições dos ombros, pulsos e costas.
Risco de acidente	3	Posturas desadequadas e posto de trabalho desorganizado. Lesões inerentes ao manuseamento de cargas
Conteúdo laboral	2	Os trabalhadores executam a totalidade das tarefas do posto, não planeando as mesmas
Restritividade do trabalho	3	Os requisitos de produtividade restringem método e ritmo de trabalho.
Comunicação e contactos pessoais	1	A comunicação entre os trabalhadores é possível, e facilitada pela não utilização de EPI auditivo, uma vez que não existe um nível de ruído que o exija
Tomada de decisão	1	O posto de trabalho consiste em tarefas simples
Repetitividade das tarefas	3	Tempos de ciclo curtos e movimentos repetitivos.
Nível de atenção requerido	2	Nível de atenção baixa ao decorrer de todo o ciclo de trabalho

Figura 47 - Método EWA do PT4 da linha Kalfass1 (analista)

	PT5	PT6
Espaço de trabalho	3	Diversos materiais situados em zonas de difícil alcance, o que por sua vez, proporciona movimentos desnecessários e posturas desadequadas.
Atividade física em geral	3	Ocorrem riscos produtivos, o que por sua vez pode levar a riscos de sobrecarga devido às características das tarefas em si.
Tarefas de elevação manual de cargas	3	Cargas de 5kg manuseadas regularmente à altura da cintura
Posturas e movimentos	3	Posto de trabalho responsáveis pela preparação de uma paleta de material, sujeita a más posições do pescoço e ombros, pulsos e costas.
Risco de acidente	3	Posturas desadequadas e posto de trabalho desorganizado. Lesões inerentes ao manuseamento de cargas
Conteúdo laboral	2	Os trabalhadores executam a totalidade das tarefas do posto, não planeando as mesmas
Restritividade do trabalho	3	Os requisitos de produtividade restringem método e ritmo de trabalho.
Comunicação e contactos pessoais	1	A comunicação entre os trabalhadores é possível, e facilitada pela não utilização de EPI auditivo, uma vez que não existe um nível de ruído que o exija
Tomada de decisão	1	O posto de trabalho consiste em tarefas simples
Repetitividade das tarefas	4	Tempos de ciclo curtos e movimentos repetitivos.
Nível de atenção requerido	3	Nível de atenção médio ao decorrer de todo o ciclo de trabalho


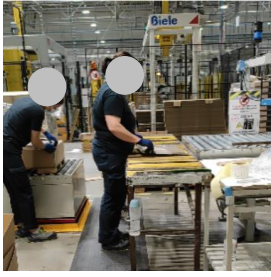
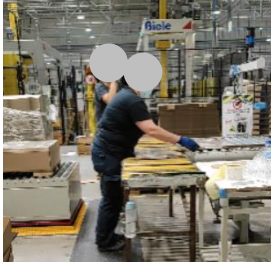

Figura 48 - Método EWA do PT5 da linha Kalfass1 (analista)

	PT6	PT6
Espaço de trabalho	3	Diversos materiais situados em zonas de difícil alcance, o que por sua vez, proporciona movimentos desnecessários e posturas desadequadas.
Atividade física em geral	2	Ocorrem alguns picos produtivos, mas não existe risco de sobrecarga.
Tarefas de elevação manual de cargas	2	Cargas de 2 kg, manuseadas, entre a altura da cintura e dos ombros
Posturas e movimentos	3	Posto de trabalho sujeito a más posições dos ombros, pulsos e costas.
Risco de acidente	3	Posturas desadequadas e posto de trabalho desorganizado. Lesões inerentes ao manuseamento de cargas
Conteúdo laboral	2	Os trabalhadores executam a totalidade das tarefas do posto, não planeando as mesmas
Restritividade do trabalho	3	Os requisitos de produtividade restringem método e ritmo de trabalho.
Comunicação e contactos pessoais	1	A comunicação entre os trabalhadores é possível, e facilitada pela não utilização de EPI auditivo, uma vez que não existe um nível de ruído que o exija
Tomada de decisão	1	O posto de trabalho consiste em tarefas simples
Repetitividade das tarefas	1	Não existe repetição constante de movimentos, tempos de ciclo mais longos que nos restantes postos de trabalho.
Nível de atenção requerido	2	Nível de atenção baixa ao decorrer de todo o ciclo de trabalho

Figura 49 - Método EWA do PT6 da linha Kalfass1 (analista)




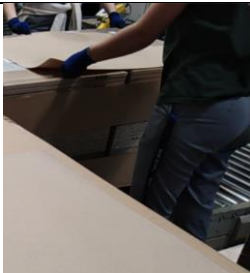
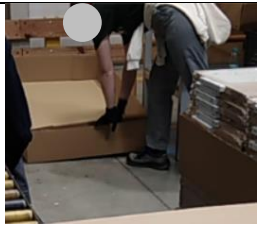
APÊNDICE 5 – ELEMENTOS DAS TAREFAS DO PT 4

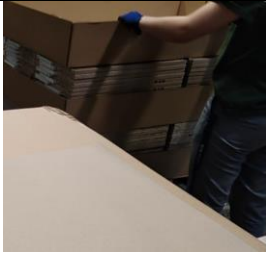

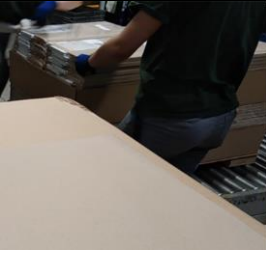
Tabela 21 - Elementos das tarefas do PT 4

PT 4				
Elemento 1	Alcançar uma prateleira			
Elemento 2	Posicionar a prateleira no tapete rolante			
Elemento 3	Alcançar uma prateleira			
Elemento 4	Posicionar a prateleira sobre a prateleira anterior			

APÊNDICE 6 – ELEMENTOS DAS TAREFAS DO PT 5

Tabela 22 - Elementos das tarefas do PT 5

PT 5				
Elemento 1	Alcançar a palete de cartão			
Elemento 2	Posicionar a palete de cartão no tapete rolante			
Elemento 3	Alcançar uma <i>middle layer</i>			
Elemento 4	Posicionar <i>middle layer</i>			
Elemento 5	Alcançar uma caixa			

Elemento 6	Posicionar uma caixa	
Elemento 7	Alcançar um conjunto de 2 prateleira	
Elemento 8	Posicionar o conjunto de prateleiras na paleta	

APÊNDICE 7 – MÉTODO RULA PARA O PT4 DA LINHA KALFASS 1

Tabela 23 - Método RULA para o elemento 1 e 3 do PT4 da linha Kalfass 1

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+2
Ajuste	Debruçado sobre mesa	-1
Verificar Posição do Antebraço	Menos de 60° e/ou mais de 100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Abdução do Pulso	+1
Rotação do Pulso	Majoritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	20° a 60°	+3
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		5
Pontuação Final		6

Tabela 24 - Método RULA para o elemento 2 e 4 do PT4 da linha Kalfass 1

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Abdução do Pulso	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	10° a 20°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		4
Pontuação Final		4

APÊNDICE 8 – MÉTODO RULA PARA O PT5 DA LINHA KALFASS 1

Tabela 25 - Método RULA para o elemento 1 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	Maior que 20°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	Maior que 60°	+3
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		5
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		6
Pontuação Final		7

Tabela 26 - Método RULA para o elemento 2 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	Maior que 20°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	Maior que 60°	+3
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		5
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		6
Pontuação Final		7

Tabela 27 - Método RULA para o elemento 3 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	Maior que 90°	+4
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		0
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		0
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		2
Pontuação Final		4

Tabela 28 - Método RULA para o elemento 4 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		0
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	10° a 20°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		0
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

Tabela 29 - Método RULA para o elemento 5 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	Maior que 20°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	Maior que 60°	+3
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		5
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		6
Pontuação Final		7

Tabela 30 - Método RULA para o elemento 6 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Majoritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		3
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	10° a 20°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

Tabela 31 - Método RULA para o elemento 7 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	Maior que 100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		6
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	10° a 20°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Mal suportado e não distribuído uniformemente	+2
Pontuação Tabela B		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		5
Pontuação Final		6

Tabela 32 - Método RULA para o elemento 8 do PT5

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	10° a 20°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		4
Pontuação Final		5

APÊNDICE 9 – AJUSTAMENTOS PARA O PT4 DA LINHA KALFASS 1

Tabela 33 – Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT4

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 2,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 2,5 kg
3	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 2,5 kg
4	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 2,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	2,5 kg	4	9
2	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	2,5 kg	4	9
3	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	2,5 kg	4	9
4	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	2,5 kg	4	9

Figura 50 - Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT4

APÊNDICE 10 – AJUSTAMENTOS PARA O PT5 DA LINHA KALFASS 1

Tabela 34 - Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT5

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 2 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 2 kg
3	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
4	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
5	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 1 kg
6	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 1 kg
7	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 5 kg
8	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	2 kg	4	9
2	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	2kg	4	9
3	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
4	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
5	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	1 kg	2	7
6	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	1 kg	2	7
7	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	5kg	11	16
8	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	5kg	11	16

Figura 51 - Ajustamento de dificuldades aplicadas ao PT5

APÊNDICE 11 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT4 DA LINHA KALFASS 1

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA	Elemento 3	FA	Elemento 4	FA
1	1,07	185	1,52	135	1,57	135	1,06	180
2	2,80	70	1,36	150	1,08	195	1,37	140
3	2,23	90	2,95	70	2,71	80	1,27	150
4	1,90	105	2,74	75	1,66	125	2,48	80
5	2,26	90	2,07	100	2,24	95	1,67	115
6	1,49	135	2,11	95	2,26	95	2,28	85
7	2,18	90	2,54	80	2,97	70	2,72	70
8	1,20	165	1,98	105	2,87	75	1,64	115
9	1,58	125	1,18	175	1,89	110	2,22	85
10	2,79	70	2,31	90	1,82	115	2,27	85
11	2,64	75	1,91	105	1,78	120	1,41	135
12	2,56	75	1,73	120	1,38	155	1,80	105
13	2,54	80	2,64	80	2,81	75	2,84	70
14	1,70	115	1,17	175	2,95	70	1,55	125
15	1,09	180	2,29	90	1,75	120	1,10	175
16	1,13	175	2,53	80	1,73	120	1,77	110
17	1,69	120	2,24	90	1,56	135	1,29	150
18	1,43	140	2,97	70	1,74	120	1,09	175
19	1,68	120	1,08	190	1,07	200	1,52	125
20	1,91	105	1,84	110	2,66	80	1,94	100
21	1,36	145	2,89	70	2,53	85	1,72	110
22	2,78	70	2,06	100	1,82	115	1,71	110
23	2,67	75	2,37	85	1,55	135	2,65	75
24	1,60	125	2,91	70	3,00	70	2,12	90
25	1,97	100	1,17	175	2,78	75	2,26	85
26	2,69	75	1,69	120	2,88	75	2,57	75
27	1,91	105	2,50	80	2,43	90	2,13	90
28	2,88	70	3,00	70	1,05	200	2,12	90
29	2,29	85	1,03	200	2,43	85	1,79	105
30	2,79	70	1,37	150	2,14	100	2,45	80
31	2,94	65	2,02	100	2,09	100	1,78	110
32	1,76	110	1,02	200	2,94	70	1,25	155
33	2,60	75	2,68	75	2,14	100	1,46	130
34	2,35	85	1,79	115	2,81	75	2,88	65
35	1,38	145	2,79	75	2,19	95	1,74	110
36	1,43	140	1,65	125	1,73	120	2,30	85
37	1,07	185	2,62	80	1,95	110	2,15	90
38	2,01	100	1,48	140	2,87	75	2,62	75
39	2,42	80	1,85	110	1,26	170	1,70	115
40	1,07	185	1,56	130	1,15	185	1,04	185
41	1,91	105	2,57	80	1,73	120	2,93	65
42	2,80	70	2,07	100	2,75	75	1,13	170
43	1,54	130	1,97	105	1,04	205	2,29	85
44	2,76	70	2,39	85	2,07	100	1,73	110
45	1,13	175	1,17	175	2,44	85	2,20	85
46	1,04	190	1,95	105	2,54	85	2,04	95
47	1,32	150	2,75	75	1,87	115	1,07	180
48	1,92	105	1,83	110	2,18	95	2,60	75
49	2,10	95	2,11	100	2,33	90	2,42	80
50	1,97	100			2,44	90	2,03	95
51	2,73	70						
52	2,35	85						
53	1,70	115						
54	2,14	90						
55	1,87	105						
56	1,19	165						
57	2,46	80						
Média	1,98	111	2,05	110	2,11	109	1,92	109
Desvio Padrão	0,58	37,00	0,57	36,88	0,58	37,15	0,53	33,52
H'	57		49		50		50	
TH	2,72		2,81		2,88		2,62	

Figura 52 – Tempos normalizados para o PT4 da linha Kalfass 1

APÊNDICE 12 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT5 DA LINHA KALFASS 1

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA	Elemento 3	FA	Elemento 4	FA	Elemento 5	FA	Elemento 6	FA	Elemento 7	FA	Elemento 8	FA
1	2,34	215	3,02	145	3,58	100	2,52	140	4,71	80	2,92	125	3,51	110	3,49	100
2	4,09	125	3,27	135	2,65	135	3,22	110	3,42	110	5,61	65	2,94	130	2,97	120
3	6,11	85	3,79	115	3,45	105	2,46	140	3,69	100	3,84	95	2,98	130	3,22	110
4	4,37	115	4,23	105	5,52	65	2,94	120	3,54	105	3,68	100	2,54	142	2,98	120
5	5,26	100	4,26	105	2,68	135	3,01	115	4,37	85	4,33	75	3,64	105	3,64	100
6	6,38	75	5,51	80	3,77	95	3,41	105	4,18	90	2,71	135	4,24	85	4,04	90
7	6,89	75	6,38	65	2,84	125	5,38	65	3,81	100	2,33	160	2,34	160	4,32	85
8	4,56	110	3,97	110	6,25	60	4,47	80	2,57	144	2,5	145	4,92	75	2,91	120
9	5,61	90	8,25	55	4,06	90	3,45	100	4,66	80	3,04	120	2,99	125	2,88	120
10	3,83	135	4,29	105	3,71	100	5,34	65	3,97	95	4,89	75	2,51	150	3,48	100
11	4,91	105	6,52	65	2,66	135	3,18	110	4,61	80	4,24	90	4,84	80	5,09	70
12	6,82	75	5,27	85	2,85	125	2,41	145	2,63	140	2,74	135	3,89	100	3,29	110
13	4,85	105	4,65	95	4,35	80	4,25	80	3,7	100	4,8	75	3,34	115	3,41	105
14	6,91	75	3,97	110	2,57	140	4,28	80	5,81	65	4,71	80	3,69	105	4,78	75
15	3,28	155	4,54	100	3,07	120	4,44	85	2,54	145	4,51	80	4,43	85	4,64	75
16	5,08	100	2,14	205	3,49	105	4,17	85	3,59	100	4,25	85	3,42	110	4,31	80
17	6,13	85	3,47	125	3,07	110	2,35	150	2,42	155	3,17	115	2,22	170	4,93	70
18	4,25	120	3,47	125	5,00	70	4,68	75	4,68	79	4,38	75	3,54	105	4,81	75
19	5,87	85	3,01	145	2,03	175	3,39	105	3,61	105	2,32	160	3,96	95	4,49	80
20	6,71	75	4,9	90	3,83	95	4,49	80	2,31	130	3,9	95	2,49	155	4,68	75
21	4,34	120	4,66	95	4,82	75	2,29	155	2,8	135	3,91	95	3,63	100	3,26	110
22	3,33	150	3,7	120	3,05	120	3,56	100	3,51	105	3,77	100	2,86	135	4,2	85
23	4,01	130	4,09	105	3,04	120	2,99	120	2,54	145	4,11	90	3,85	100	2,76	130
24	6,9	75	4,38	100	3,50	100	2,20	160	3,42	110	2,33	125	4,14	90	2,11	170
25	3,66	140	4,37	100	3,92	90	3,01	115	3,92	95	2,42	150	2,31	157	2,32	155
26	4,11	125	3,77	115	2,37	150	3,66	95	4,38	85	4,84	75	4,92	75	3,91	90
27	3,12	165	5,47	80	3,30	110	2,38	150	2,67	139	3,62	100	4,19	90	2,73	130
28	5,35	85	3,19	140	2,59	140	3,74	95	4,67	79	4,81	75	3,06	125	4,62	75
29	6,72	75	2,82	155	3,74	95	3,33	105	2,85	130	3,64	100	2,53	143	3,77	95
30	4,6	110	4,66	95	2,36	150	2,26	155	4,23	90	2,77	135	4,03	95	4,25	85
31	3,21	160	3,28	135	3,57	100	4,93	70	4,3	90	3,19	115	4,75	76	2,53	140
32	5,38	85	4,77	90	3,67	100	2,99	115	2,41	154	4,61	80	3,74	100	2,2	160
33	6,62	75	4,42	100	4,00	90	4,63	75	4,59	80	2,67	140	4,79	75	4,04	90
34	4,77	105	5,43	80	4,83	75	3,01	115	3,84	100	2,59	140	5,32	80	2,52	140
35	5,46	95	4,18	105	3,13	115	2,86	120	2,27	165	4,33	85	3,45	105	2,64	135
36	4,2	120	3,21	135	3,30	110	3,44	100	4,61	80	3,91	120			2,49	140
37	6,04	85	4,36	100	4,38	80	3,31	90	4,88	75	2,38	170			2,38	150
38	3,02	170	4,84	90	3,58	100	3,97	90			3,72	100			3,76	95
39	4,32	120	4,81	90	4,17	85	2,99	115			4,04	90			3,25	110
40	6,24	80	5,02	95	3,28	110	2,98	115			3,32	95				
41	5,45	95	5,14	85	4,97	70	4,52	75								
42	6,29	80	4,46	100												
Média	5,08	108	4,39	107	3,58	106	3,50	106	3,71	107	3,68	107	3,62	110	3,54	107
Desvio Padrão	1,28	31,96	1,12	27,04	0,89	25,37	0,87	26,38	0,88	26,77	0,91	27,97	0,83	27,85	0,86	27,19
N'	42		42		41		40		37		40		35		38	
TN	6,87		5,87		4,66		4,57		4,88		4,84		5,22		4,98	

Figura 53 – Tempo normalizado para a Trabalhadora 1 do PT5 da linha Kalfass 1

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA	Elemento 3	FA	Elemento 4	FA	Elemento 5	FA	Elemento 6	FA	Elemento 7	FA	Elemento 8	FA
1	6,44	90	4,08	125	2,46	120	3,37	100	2,45	145	4,37	80	4,05	80	2,76	130
2	4,4	130	6,67	60	3,75	80	3,58	95	3,71	95	4,04	85	3,21	105	3,07	115
3	11,25	50	4,1	125	2,36	125	3,33	100	4,54	80	3,65	95	2,25	150	3,07	115
4	6,8	85	5,01	105	3,89	75	3,02	110	4,66	75	3,61	95	3,71	90	4,68	75
5	5,12	110	4,79	110	3,36	90	3,85	85	2,18	160	2,4	140	3,67	91	3,58	107
6	6,48	85	4,25	120	2,33	130	2,39	140	2,11	165	2,51	140	4,13	81	3,49	100
7	4,85	120	8,15	65	2,51	120	2,22	150	3,25	110	3,47	100	2,23	150	3,75	102
8	5,91	95	5,91	90	2,67	110	2,64	125	3,17	110	2,43	140	3,69	90	3,81	95
9	6,28	90	4,83	110	3,88	75	2,42	140	4,11	85	4,29	80	3,04	110	4,15	85
10	7,91	40	6,33	75	3,01	100	2,68	125	2,59	135	4,44	80	2,18	150	3,94	90
11	6,52	85	6,25	85	2,22	135	2,98	110	3,88	90	4,46	80	4,57	70	3,84	95
12	3,28	170	6,25	85	3,68	80	3,41	100	2,64	135	2,67	120	3,43	100	4,21	91
13	6,19	90	4,93	105	3,83	80	3,07	110	4,21	80	4,47	75	2,19	150	2,77	130
14	6,82	85	8,91	75	2,28	130	2,32	145	2,14	165	2,93	120	4,11	80	3,19	110
15	4,85	115	6,49	80	2,68	110	3,02	110	4,55	80	4,5	75	3,78	90	4,78	80
16	4,37	130	4,85	110	2,23	135	2,17	155	3,22	110	2,66	130	3,11	105	3,05	120
17	3,83	155	4,18	125	2,16	140	2,96	110	4,72	75	4,38	80	3,64	90	3,51	100
18	5,3	105	5,12	100	2,03	150	3,16	105	2,03	175	3,6	95	3,36	100	2,74	139
19	4,48	125	5,96	85	2,17	140	2,11	160	2,83	125	3,53	95	3,58	90	3,43	105
20	6,14	90	4,51	115	2,93	100	4,46	75	3,41	105	3,39	100	4,45	75	4,57	125
21	6,17	90	4,38	120	3,05	100	4,67	70	2,57	135	3,61	95	4,06	80	3,26	85
22	6,63	85	5,1	100	2,41	125	3,41	100	3,47	100	2,55	135	3,08	110	7,4	50
23	4,56	125	3,38	155	3,53	85	4,01	85	3,88	90	2,08	165	3,27	100	5,1	75
24	6,36	90	4,12	125	3,39	95	4,86	70	3,04	115	4,31	80	2,26	145	3,5	110
25	6,3	90	4,86	105	3,37	90	4,70	70	4,73	75	2,82	120	4,64	70	3,94	100
26	5,72	100	6,89	75	3,27	90	2,14	155	4,96	70	4,57	75	3,16	105	4,15	90
27	5,68	100	6,82	75	3,39	95	4,56	75	4,68	75	4,34	80	3,14	106	2,86	135
28	6,7	85	3,82	135	3,97	75	3,80	90	4,47	80	2,15	160	3,17	100	3,68	105
29	4,28	130	3,49	150	3,75	80	2,54	130	4,23	85	3,35	100	2,13	156	4,42	85
30	4,35	130	6,88	75	2,23	135	2,59	130	2,78	125	2,58	130	3,96	85	3,56	105
31	5,22	110	5,53	95	3,68	80	3,75	90	4,02	90	2,23	155	2,16	155	3,86	100
32	6,24	90	4,25	120			3,18	105	2,51	140	2,63	130	2,26	150	4,21	90
33	6,05	95	3,34	155			3,61	90	2,91	120	2,17	150	4,33	75	4,73	80
34	4,48	125	5,71	90			2,52	130	4,71	75	4,91	70	2,59	130	2,87	135
35	6,94	80	3,36	130			2,90	115	4,44	80	3,99	85	4,03	90	3,67	105
36	5,83	100	3,56	145			3,94	85	3,47	100	3,53	100				
37	5,01	115	4,44	115			3,70	90	2,35	150	2,51	135		</		

APÊNDICE 13 – MÉTODO KIM PARA O PT4 DA LINHA KALFASS 1

Tabela 35 - Método KIM-MHO do elemento 1 e 3 do PT4 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	4 x Total de pontos de classificação		13	= Res: 52

Tabela 36 - Método KIM-MHO do elemento 2 e 4 do PT4 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	4 x Total de pontos de classificação		13	= Res: 52

APÊNDICE 14 – MÉTODO KIM PARA O PT5 DA LINHA KALFASS 1

Tabela 37 – Método KIM-MHO do elemento 1 PT5 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+ 2	
	Posição e movimento da mão/braço	+ 4	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
	Postura corporal	+ 6	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	1 x Total de pontos de classificação	17.5	= Res: 17.5

Tabela 38 - Método KIM-MHO do elemento 2 do PT5 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+ 2	
	Posição e movimento da mão/braço	+ 4	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
	Postura corporal	+ 6	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	1 x Total de pontos de classificação	15.5	= Res: 15.5

Tabela 39 - Método KIM-MHO do elemento 3 do PT5 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	0.5	
	Transferência de força/condições da pega	+ 2	
	Posição e movimento da mão/braço	+ 2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
	Postura corporal	+ 4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	1 x Total de pontos de classificação	11.5	= Res: 11.5

Tabela 40 - Método KIM-MHO do elemento 4 do PT5 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	0.5	
	Transferência de força/condições da pega	+ 2	
	Posição e movimento da mão/braço	+ 2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
	Postura corporal	+ 4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	1 x Total de pontos de classificação	11.5	= Res: 11.5

Tabela 41 - Método KIM-MHO do elemento 5 do PT5 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+ 2	
	Posição e movimento da mão/braço	+ 2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
	Postura corporal	+ 6	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	1 x Total de pontos de classificação	15.5	= Res: 15.5

Tabela 42 - Método KIM-MHO do elemento 6 do PT5 da linha Kalfass 1

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+ 2	
	Posição e movimento da mão/braço	+ 2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
	Postura corporal	+ 4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	1 x Total de pontos de classificação	13.5	= Res: 13.5

Tabela 43 - Método KIM-MHO do elemento 7 do PT5 da linha Kalfass 1

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	10		
		Transferência de força/condições da pega	+ 2		
		Posição e movimento da mão/braço	+ 2		
		Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1		
		Postura corporal	+ 4		
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2		
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação	21	=	Resultado 84

Tabela 44 - Método KIM-MHO do elemento 8 do PT5 da linha Kalfass 1

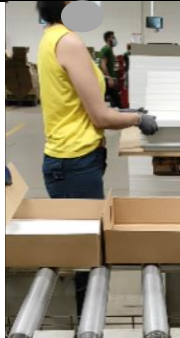



		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	10		
		Transferência de força/condições da pega	+ 2		
		Posição e movimento da mão/braço	+ 2		
		Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1		
		Postura corporal	+ 4		
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2		
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação	21	=	Resultado 84


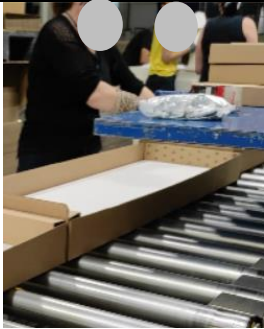


Tabela 45 - Método KIM-LHC da tarefa 4 do PT5 da linha Kalfass 1




		Peso de carga efetivo	6		
		Condições de manuseio de carga	+ 0		
		Postura total do corpo	+ 9.5		
		Condições de trabalho desfavoráveis	+ 4		
		Organização do trabalho	+ 2		
Valor/tempo	8 x	Total de pontos de classificação	21.5	=	Resultado 172


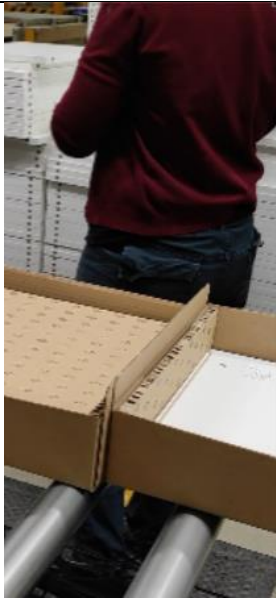

APÊNDICE 15 – ELEMENTOS DAS TAREFAS DOS PT DA LINHA BIELE 2




Tabela 46 – Elementos dos PT da linha Biele 2


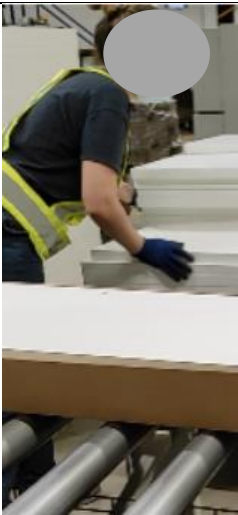
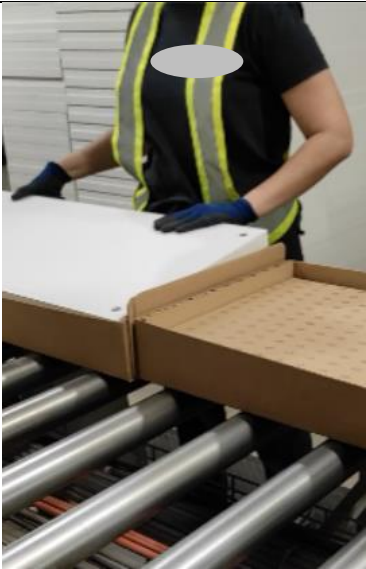
PT	Nº	Elemento	Imagem
1	1	Pegar 1 tampo	
	2	Colocar 1 tampo	
2	1	Pegar 1 proteção favo de mel	
	2	Colocar 1 proteção favo de mel	

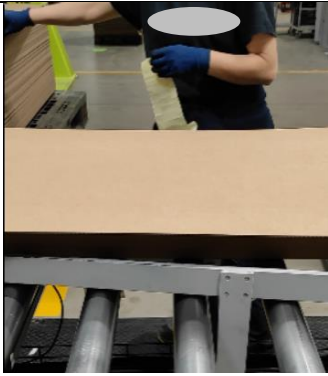

3	1	Pegar 1 caixa de ferragens e manual de montagem	
	2	Colocar 1 caixa de ferragens e manual de montagem	
4	1	Pegar 1 <i>back panel</i>	
	2	Colocar 1 <i>back panel</i>	

	3	Pegar 1 <i>back panel</i>	
	4	Colocar 1 <i>back panel</i>	
5	1	Pegar 1 enchimento favo de mel	

	<p>2 Colocar 1 enchimento favo de mel</p>	
	<p>3 Pegar 1 lateral</p>	
	<p>4 Colocar 1 lateral</p>	

6	1	Pegar 1 lateral	
	2	Colocar 1 lateral	
7	1	Pegar 1 divisória	

	2	Colocar 1 divisória	
8	1	Pegar 1 fundo	
	2	Colocar 1 fundo	

9	1	Pegar 1 Pegar 1 tampo de cartão	
	2	Colocar 1 tampo de cartão	

APÊNDICE 16 – MÉTODO RULA PARA O PT1 DA LINHA BIELE 2

Tabela 47 – Método RULA para o elemento 1 do PT1 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Majoritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		4

Tabela 48 - Método RULA para o elemento 2 do PT1 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste	Tronco com rotação	+1
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		5
Pontuação Final		6

APÊNDICE 17 – MÉTODO RULA PARA O PT2 DA LINHA BIELE 2

Tabela 49 - Método RULA para o elemento 1 do PT2 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		2
Pontuação Final		3

Tabela 50 - Método RULA para o elemento 2 do PT2 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	10° a 20°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

APÊNDICE 18 – MÉTODO RULA PARA O PT3 DA LINHA BIELE 2

Tabela 51 - Método RULA para o elemento 1 do PT3 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste	Braço suportado	-1
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

Tabela 52 - Método RULA para o elemento 2 do PT3 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste	Braço suportado	-1
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

APÊNDICE 19 – MÉTODO RULA PARA O PT4 DA LINHA BIELE 2

Tabela 53 - Método RULA para o elemento 1 e 3 do PT4 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste	Ombro elevado	+1
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Majoritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		3
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

Tabela 54 - Método RULA para o elemento 2 e 4 do PT4 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		3
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

APÊNDICE 20 – MÉTODO RULA PARA O PT5 DA LINHA BIELE 2

Tabela 55 - Método RULA para o elemento 1 do PT5 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste	Ombro elevado	+1
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste	Trabalho não direcionado para o meio do corpo	+1
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		2
Pontuação Final		4

Tabela 56 - Método RULA para o elemento 2 do PT5 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-0°	+1
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		2
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		2
Pontuação Final		2

Tabela 57 - Método RULA para o elemento 3 do PT5 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

Tabela 58 - Método RULA para o elemento 4 do PT5 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

APÊNDICE 21 – MÉTODO RULA PARA O PT6 DA LINHA BIELE 2

Tabela 59 - Método RULA para o elemento 1 do PT6 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		4
Pontuação Final		4

Tabela 60 - Método RULA para o elemento 1 do PT6 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

APÊNDICE 22 – MÉTODO RULA PARA O PT7 DA LINHA BIELE 2

Tabela 61 - Método RULA para o elemento 1 do PT7 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	-20° a 20°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste	Trabalho não direcionado para o meio do corpo	+1
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		4
Pontuação Final		4

Tabela 62 - Método RULA para o elemento 2 do PT7 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste	Trabalho não direcionado para o meio do corpo	+1
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Majoritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Mal suportado e mal distribuído	+2
Pontuação Tabela B		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		4
Pontuação Final		6

APÊNDICE 23 – MÉTODO RULA PARA O PT8 DA LINHA BIELE 2

Tabela 63 - Método RULA para o elemento 1 do PT8 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	20° a 60°	+3
Ajuste	Tronco com rotação	+0
Verificar Posição das Pernas	Mal suportado e mal distribuído	+2
Pontuação Tabela B		7
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		5
Pontuação Final		7

Tabela 64 - Método RULA para o elemento 2 do PT8 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	20° a 45°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	60° a 100°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste	Desvio radial	+1
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0°	+1
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		1
Utilização Muscular		1
Força/Carga		1
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		4

APÊNDICE 24 – MÉTODO RULA PARA O PT9 DA LINHA BIELE 2

Tabela 65 - Método RULA para o elemento 1 do PT9 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste		+0
Verificar Posição do Pulso	-15° a 15°	+2
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		3
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		4
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		3

Tabela 66 - Método RULA para o elemento 2 do PT9 da linha Biele 2

Grupo A – Análise dos Braços e Pulso		
Verificar Posição do Braço	45° a 90°	+3
Ajuste		+0
Verificar Posição do Antebraço	-60° ou +100°	+2
Ajuste	Trabalho não direcionado para o meio do corpo	+1
Verificar Posição do Pulso	0°	+1
Ajuste		+0
Rotação do Pulso	Maioritariamente em posição natural	+1
Pontuação tabela A		4
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Linha da Tabela C		5
Grupo B – Análise do Pescoço, Tronco e Pernas		
Verificar Posição do Pescoço	0° a 10°	+1
Ajuste		+0
Verificar Posição do Tronco	0° a 20°	+2
Ajuste		
Verificar Posição das Pernas	Bem suportado e distribuído uniformemente	+1
Pontuação Tabela B		2
Utilização Muscular		1
Força/Carga		0
Pontuação Coluna da Tabela C		3
Pontuação Final		4

APÊNDICE 25 – AJUSTAMENTOS PARA O PT1 DA LINHA BIELE 2

Tabela 67 – Ajustamentos de dificuldades para o PT1

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próxima	Manipulação Grosseira	Esforço de 4 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próxima	Manipulação Grosseira	Esforço de 4 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	4 kg	8	17
2	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	4 kg	8	17

Figura 55 – Ajustamento de dificuldades para o PT1

APÊNDICE 26 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT1 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	7,85	60	3,24	135
2	5,39	85	4,99	90
3	3,91	120	4,77	90
4	7,22	65	4,62	95
5	4,47	105	3,17	140
6	6,78	70	6,46	70
7	3,03	150	4,61	95
8	6,45	70	3,30	130
9	5,86	80	4,68	95
10	6,37	70	3,77	115
11	3,49	130	3,29	130
12	5,16	90	5,72	75
13	5,19	90	4,94	90
14	6,12	75	6,08	70
15	2,65	175	2,64	165
16	2,03	225	3,76	115
17	5,25	90	4,58	95
18	4,93	95	5,26	80
19	2,83	160	3,97	110
20	3,03	150	3,19	135
21	4,16	110	2,39	180
22	3,99	115	3,99	110
23	4,20	110	3,29	130
24	3,33	140	3,73	115
25	4,71	100	2,54	170
26	5,31	85	7,05	60
27	3,43	135	5,96	75
28	4,74	100	3,20	135
29	4,95	95	6,85	65
30	4,29	110	4,24	100
31	3,74	125	3,75	115
32	3,89	120	6,48	70
33	3,97	115	4,52	95
34	4,18	110	5,76	75
35	3,72	125	3,87	110
36	4,36	105	3,70	115
37	3,76	120	3,86	115
38	6,31	75	3,65	120
39	3,99	115	2,73	160
40	3,94	115	4,16	105
41	2,89	160	3,12	140
42	6,45	70	4,44	100
43	3,57	130	6,30	70
44	4,37	105	3,85	110
45	3,94	115	3,01	145
46	4,40	105	3,71	120
47	6,80	70	4,99	90
48	5,70	80	6,41	70
49	4,12	110	4,16	105
50	3,95	115	3,76	115
Média	4,58	109	4,33	108
Desvio Padrão	1,27	31,23	1,19	28,45
N°	50		50	
TN	5,83		4,68	

Figura 56 – Estudo dos tempos para o PT1

APÊNDICE 27 – AJUSTAMENTOS PARA O PT2 DA LINHA BIELE 2

Tabela 68 – Ajustamentos para o PT2

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
2	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6

Figura 57 – Ajustamentos para o PT2

APÊNDICE 28 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT2 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	2,53	160	2,3	170
2	4,85	85	4,22	95
3	4,14	100	4,78	80
4	5,37	75	5,18	75
5	4,91	85	3,73	105
6	5,10	80	5,26	75
7	5,80	70	3,23	120
8	3,53	115	2,36	165
9	3,67	110	2,86	140
10	4,17	100	6,4	60
11	5,95	70	3,48	115
12	4,64	90	5,97	65
13	5,23	80	2,09	190
14	5,37	75	4,45	90
15	4,33	95	4,8	80
16	5,05	80	4,36	90
17	3,97	100	2,88	135
18	4,45	90	2,93	135
19	2,73	150	2,58	155
20	2,10	195	4,62	85
21	4,39	95	3,99	100
22	2,08	200	4,2	95
23	3,02	135	2,61	150
24	4,85	85	5,25	75
25	4,15	100	4,37	90
26	4,65	85	4,58	85
27	2,14	190	5,15	75
28	3,66	110	2,77	140
29	3,74	110	4,94	80
30	4,41	90	2,58	155
31	2,62	155	2,71	145
32	2,35	175	4,69	85
33	4,56	90	4,28	90
34	4,38	95	3,72	105
35	4,74	90	5,38	75
36	4,63	90	5,68	70
37	3,49	115	2,84	140
38	2,57	160	3,64	110
39	3,54	115	3,14	125
40	4,91	85	2,98	130
41	3,21	125	2,07	190
42	4,89	85	4,01	100
43			4,76	85
44			3,61	110
45			3,6	110
46			3,8	105
47			4,44	90
48			3,51	110
49			5,1	80
Média	4,07	109	3,94	108
Desvio	1,04	34,87	1,08	32,59
N°	42		49	
TN	4,71		4,54	

Figura 58 – Estudo dos tempos do PT2

APÊNDICE 29 – AJUSTAMENTOS PARA O PT3 DA LINHA BIELE 2

Tabela 69 – Ajustamentos para o PT3

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
2	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6

Figura 59 – Ajustamentos para o PT3

APÊNDICE 30 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT3 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	2,43	150	6,53	70
2	3,98	90	4,29	105
3	3,13	115	4,23	105
4	4,54	80	5,11	90
5	4,86	75	4,27	105
6	2,24	160	5,75	80
7	3,52	100	4,31	105
8	4,76	75	4,97	90
9	2,06	175	5,1	90
10	4,15	90	6,07	75
11	4,58	80	3,3	135
12	4,14	85	5,23	85
13	4,64	80	6,08	75
14	4,86	75	2,65	170
15	3,24	110	5,43	85
16	3,85	95	4,76	95
17	2,65	135	4,98	90
18	2,43	150	6,25	75
19	2,35	155	4,61	100
20	2,11	170	3,93	115
21	2,30	155	2,78	135
22	3,39	105	3,53	130
23	3,48	105	6,65	70
24	4,79	75	2,66	170
25	2,08	175	6,32	70
26	4,71	75	3,39	135
27	3,94	90	3,37	135
28	4,84	75	4,06	110
29	3,45	105	4,69	100
30	4,92	75	2,15	210
31	2,95	125	2,19	205
32	3,12	115	4,88	95
33	3,06	120	4,99	90
34	4,99	75	5,01	90
35	2,98	120	6,96	65
36	2,65	135	2,57	175
37	4,95	75	4,81	95
38	3,82	95	3,85	120
39	3,43	105	6,17	75
40	3,41	105	5,68	80
41	3,09	115	2,51	180
42	4,88	75	4,45	100
43	2,56	140	5,51	80
44	4,59	80	2,16	210
45	4,04	90	3,47	130
46			6,02	75
47			3,58	130
48			4,85	95
49			5,43	85
50			4,21	110
51			4,58	100
Média	3,62	107	4,54	110
Desvio	0,95	30,94	1,26	37,17
N°	45		51	
TN	4,13		5,27	

Figura 60 – Estudo de tempos para o PT3

APÊNDICE 31 – AJUSTAMENTOS PARA O PT4 DA LINHA BIELE 2

Tabela 70 – Ajustamentos para o PT4

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
3	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
4	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	0,5 kg	1	10
2	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	0,5 kg	1	10
3	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	0,5 kg	1	10
4	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	0,5 kg	1	10

Figura 61 – Ajustes para o PT4

APÊNDICE 32 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT4 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA	Elemento 3	FA	Elemento 4	FA
1	2,12	150	1,89	160	2,29	140	3,1	100
2	2,83	110	3,17	95	2,17	145	3,32	90
3	3,34	95	2,93	105	3,94	80	3,37	90
4	3,86	80	3,89	80	2,77	115	3,98	80
5	2,65	120	3,03	100	3,93	80	3,28	95
6	2,92	105	3,27	95	2,23	140	3,52	90
7	2,30	135	3,83	80	2,25	140	2,15	145
8	3,50	90	3,91	80	2,30	145	3,16	100
9	4,80	65	3,52	85	3,90	85	3,52	90
10	2,19	145	2,24	135	3,88	80	2,2	140
11	3,69	85	2,81	110	3,89	80	2,89	105
12	3,58	85	2,08	145	2,80	115	3,09	100
13	3,72	85	2,19	140	3,66	85	2,37	130
14	2,60	120	2,25	135	3,64	85	3,95	80
15	2,24	140	3,55	85	3,93	80	2,72	115
16	3,01	105	2,86	105	3,49	90	2,7	115
17	3,21	100	3,37	90	2,03	155	2,65	115
18	3,61	85	2,07	145	4,47	70	4,69	65
19	3,27	95	3,97	80	2,12	150	2,88	105
20	3,49	90	3,91	80	3,16	100	2,28	135
21	3,98	80	3,71	80	2,70	115	2,69	115
22	2,96	105	2,4	125	2,33	135	3,77	80
23	2,20	145	3,49	85	3,38	95	2,19	140
24	2,48	125	3,74	80	3,43	90	3,06	100
25	2,24	140	3,03	100	3,05	105	4,84	65
26	3,24	100	3,22	95	3,99	80	3,05	100
27	3,57	90	2,41	125	2,44	130	2,88	105
28	2,47	125	2,06	150	3,20	100	3,18	95
29	2,97	105	3,15	95	3,80	85	2,27	135
30	4,80	65	3,22	95	3,88	80	2,5	125
31	3,10	100			2,90	110	2,81	110
32	3,19	100			3,24	98		
Média	3,13	105	3,04	105	3,16	106	3,07	105
Desvio	0,69	22,93	0,65	24,79	0,70	25,62	0,66	20,93
N'	32		30		32		31	
TN	3,62		3,52		3,68		3,54	

Figura 62 – Estudo de tempos para o PT4

APÊNDICE 33 – AJUSTAMENTOS PARA O PT5 DA LINHA BIELE 2

Tabela 71 – Ajustamentos para o PT5

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação grosseira	Esforço de 0,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação grosseira	Esforço de 0,5 kg
3	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação grosseira	Esforço de 1,5 kg
4	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação grosseira	Esforço de 1,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
2	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
3	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	1,5 kg	3	12
4	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	1,5 kg	3	12

Figura 63 – Ajustamentos para o PT5

APÊNDICE 34 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT5 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA	Elemento 3	FA	Elemento 4	FA
1	3,64	80	3,61	80	3,45	85	2,38	130
2	2,88	100	3,99	75	3,93	75	3,95	80
3	3,57	80	2,09	140	2,76	105	2,84	110
4	2,35	120	2,04	145	2,87	100	2,09	150
5	3,06	90	2,61	110	3,12	90	2,22	140
6	3,54	80	2,38	125	3,97	70	3,16	100
7	2,82	100	2,89	100	3,17	90	3,54	90
8	2,74	105	2,62	110	2,25	125	2,92	110
9	2,30	125	3,92	75	3,52	80	3,24	95
10	3,44	80	3,66	80	3,89	75	2,42	130
11	2,61	110	2,19	135	2,38	120	3,62	85
12	3,70	75	3,49	85	2,47	115	2,18	145
13	3,07	90	2,24	130	2,22	130	3,34	95
14	2,68	105	3,58	80	2,88	100	3,83	80
15	2,54	110	2,13	135	2,39	120	3,33	95
16	2,43	115	3,47	85	2,14	135	2,58	120
17	2,39	120	3,05	95	3,29	90	2,98	105
18	2,62	110	3,17	90	3,91	75	3,83	80
19	3,27	85	3,85	75	2,17	130	3,28	95
20	3,69	80	3,69	80	2,83	100	3,73	85
21	2,19	130	2,01	145	3,56	80	3,84	80
22	3,56	80	3,89	75	3,86	75	2,35	130
23	1,05	270	2,07	140	2,25	125	3,65	85
24	2,51	115	2,03	145	3,07	95	2,64	120
25	1,06	170	2,82	105	2,87	100	3,92	80
26	3,44	80	3,92	75	3,41	85	2,25	140
27	2,58	110	2,08	140	2,40	120	3,22	100
28	2,69	105	3,07	95	3,04	95	3,98	80
29	1,58	180	3,95	75	1,49	190	1,17	265
30	2,83	100	2,79	105	2,56	110	3,25	95
31	3,06	90	2,44	120	1,93	150	3,91	80
32	3,47	80	2,62	110	2,33	125	2,48	125
33	3,42	85	2,74	110	2,07	140	3,99	80
34	3,58	80	2,3	125	3,04	95	3,72	85
35	2,69	105	2,13	135				
36	2,68	105	3,97	75				
37			2,82	105				
Média	2,83	107	2,93	106	2,87	105	3,11	108
Desvio	0,66	36,06	0,70	24,92	0,65	25,76	0,70	34,97
N'	36		37		33		33	
TN	3,20		3,28		3,40		3,76	

Figura 64 – Estudo de tempos para o PT5

APÊNDICE 35 – AJUSTAMENTOS PARA O PT6 DA LINHA BIELE 2

Tabela 72 – Ajustamentos para o PT6

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação grosseira	Esforço de 1,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação grosseira	Esforço de 1,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	1,5 kg	3	12
2	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	1,5 kg	3	12

Figura 65 Ajustamentos para o PT6

APÊNDICE 36 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT6 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	3,58	100	1,87	165
2	3,62	95	2,54	120
3	3,48	100	2,14	145
4	2,32	150	3,24	95
5	3,59	100	3,43	90
6	3,22	110	4,91	60
7	3,77	90	2,83	110
8	3,89	90	3,63	85
9	3,19	110	4,01	80
10	3,28	105	3,63	85
11	2,88	120	2,26	135
12	2,15	160	4,08	75
13	2,01	175	3,1	100
14	3,59	100	3,61	85
15	4,91	70	3,83	80
16	2,23	155	3,24	95
17	3,85	90	3,31	95
18	2,14	165	3,17	95
19	3,54	100	2,81	110
20	3,71	95	2,28	135
21	3,85	90	2,77	110
22	3,81	90	3,75	80
23	3,77	90	3,01	100
24	2,26	155	3,02	100
25	2,81	125	2,01	155
26	2,68	130	3,59	85
27	3,96	90	3,83	80
28	1,59	220	2,65	115
29	2,11	165	3,15	100
30	2,97	115	2,42	125
31	2,71	130	1,81	170
32	4,10	85	2,11	145
33	5,11	70	3,07	100
34	3,80	90	2,71	115
35	4,89	70	3,58	85
36	4,30	80		
37	3,30	105		
38	4,71	75		
39	4,52	75		
40	4,94	70		
41	3,94	90		
42	4,12	85		
43	4,61	75		
Média	3,48	108	3,07	106
Desvio	0,88	33,54	0,70	25,26
N°	42		34	
TN	4,22		3,64	

Figura 66 – Estudo de tempos para o PT6

APÊNDICE 37 – AJUSTAMENTOS PARA O PT7 DA LINHA BIELE 2

Tabela 73 – Ajustamentos para o PT7

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação grosseira	Esforço de 2,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próximo	Manipulação grosseira	Esforço de 2,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	2,5 kg	4	13
2	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	2,5 kg	4	13

Figura 67 – Ajustamentos para o PT7

APÊNDICE 38 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT7 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	3,53	90	1,87	150
2	3,42	90	2,54	110
3	2,03	155	2,14	130
4	3,55	90	3,24	90
5	4,97	65	3,43	80
6	3,26	100	2,91	100
7	2,80	115	2,83	100
8	3,96	80	3,63	80
9	3,73	85	3,01	95
10	3,05	105	3,63	80
11	4,13	75	2,26	125
12	2,24	140	2,08	135
13	3,04	105	3,1	90
14	2,57	125	3,61	80
15	2,96	105	3,83	75
16	2,07	150	3,24	90
17	3,36	95	3,31	85
18	3,38	95	3,17	90
19	2,16	150	2,81	100
20	3,72	85	2,28	125
21	3,59	90	2,77	100
22	3,42	90	3,75	75
23	2,73	115	3,01	95
24	2,96	105	3,35	85
25	3,00	105	1,2	235
26	2,20	145	1,56	180
27	3,96	80	3,69	75
28	3,99	85	2,4	120
29	3,98	80	2,11	135
30	3,93	80	1,7	165
31	2,18	145	3,01	95
32	2,83	110	3,88	75
33	2,08	150	2,14	130
34	2,36	135	2,74	100
35			3,02	95
36			3,89	70
37			2,3	125
38			2,17	130
39			2,36	120
Média	3,15	106	2,82	108
Desvio	0,72	25,47	0,69	33,07
N'	34		39	
TN	3,79		3,44	

Figura 68 – Estudo de tempos para o PT7

APÊNDICE 39 – AJUSTAMENTOS PARA O PT8 DA LINHA BIELE 2

Tabela 74 – Ajustamentos para o PT8

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próxima	Manipulação Grosseira	Esforço de 4 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Constante, mas não próxima	Manipulação Grosseira	Esforço de 4 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	4 kg	8	17
2	D	5	F	0	H	0	K	4	N	0	4 kg	8	17

Figura 69 – Ajustamentos para o PT8

APÊNDICE 40 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT8 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	6,12	80	4,74	105
2	3,96	120	6,49	75
3	4,28	115	3,27	150
4	5,33	90	6,12	80
5	5,38	89	4,67	105
6	6,11	80	4,96	100
7	3,62	135	6,11	80
8	5,30	90	4,80	100
9	5,39	89	6,18	80
10	4,44	110	5,27	95
11	3,95	120	4,79	100
12	5,28	90	3,22	150
13	2,41	198	6,44	75
14	5,27	90	3,58	135
15	5,17	95	4,14	120
16	5,92	80	4,26	115
17	5,26	90	4,08	120
18	5,32	90	6,76	75
19	4,79	100	3,47	140
20	2,22	220	4,69	105
21	5,14	95	3,89	125
22	5,61	85	4,49	110
23	5,67	84	4,79	100
24	5,35	89	5,23	95
25	3,26	150	4,04	120
26	6,34	75	4,50	110
27	3,48	140	5,46	90
28	6,41	75	4,70	105
29	3,60	135	6,35	80
30	5,39	90	5,74	85
31	3,93	125		
32	3,74	130		
33	4,21	115		
Média	4,78	108	4,91	105
Desvio Padrão	1,07	32,80	0,99	21,22
N'	33		27	
TN	5,82		5,78	

Figura 70 – Estudo de tempos para o PT8

APÊNDICE 41 – AJUSTAMENTOS PARA O PT9 DA LINHA BIELE 2

Tabela 75 – Ajustamentos para o PT9

Elemento	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6
1	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg
2	Todo o membro superior	Sem pedais	As duas mãos ajudam-se	Trabalho Grosseiro	Manipulação Grosseira	Esforço de 0,5 kg

Elemento	Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3		Categoria 4		Categoria 5		Categoria 6		Total
	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Código	Ajuste	Carga	Ajuste	
1	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6
2	D	5	F	0	H	0	I	0	N	0	0,5 kg	1	6

Figura 71 – Ajustamentos para o PT9

APÊNDICE 42 – ESTUDO DE TEMPOS PARA O PT9 DA LINHA BIELE 2

Ciclo	Elemento 1	FA	Elemento 2	FA
1	3,58	95	5,87	50
2	3,62	90	2,54	120
3	3,48	95	2,14	145
4	5,32	60	3,24	95
5	3,59	90	3,43	90
6	3,22	105	2,91	105
7	3,77	90	2,83	110
8	3,89	85	3,63	85
9	3,19	105	3,01	100
10	3,28	100	3,63	85
11	2,88	115	2,26	135
12	2,15	155	2,08	145
13	5,01	65	3,1	100
14	3,59	90	3,61	85
15	3,91	85	3,83	80
16	2,23	150	3,24	95
17	3,85	85	3,31	90
18	2,14	155	3,17	95
19	3,54	95	2,81	110
20	3,71	90	2,28	135
21	3,85	85	2,77	110
22	3,81	90	3,75	80
23	2,77	120	3,01	100
24	2,26	150	2,45	125
25	2,81	120	2,29	135
26	2,68	125	2,03	150
27	3,96	85	3,57	85
28	1,50	220	2,19	140
29	5,37	60	3,7	80
30	3,17	105	3,33	90
31	3,38	100	2,15	140
32	2,48	135	3,3	90
33	3,40	100	3,97	75
34	3,59	90	2,48	125
35	2,86	115	3,82	80
36	2,69	125	2,05	150
37	2,81	120	2,95	105
38	2,80	120	2,51	120
39	3,24	100	3,8	80
Média	3,32	107	3,05	106
Desvio	0,80	29,77	0,75	24,64
N'	38		39	
TN	3,76		3,41	

Figura 72 – Estudo de tempos do PT9

APÊNDICE 43 – MÉTODO KIM PARA O PT1 DA LINHA BIELE 2

Tabela 76 – Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT1 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		6	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	2	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
			14	= Res: 56
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação		

Tabela 77 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT1 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		6	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
			16	= Res: 64
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação		

Tabela 78 - Método KIM-LHC para o PT1 da linha Biele 2

	Peso de carga efetivo		6	
	Condições de manuseio de carga	+	0	
	Postura total do corpo	+	6	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	4	
	Organização do trabalho	+	2	
			18	= Resultado 162
Valor/tempo	9 x	Total de pontos de classificação		

APÊNDICE 44 – MÉTODO KIM PARA O PT2 DA LINHA BIELE 2

Tabela 79 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT2 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	2.5	
		Transferência de força/condições da pega	+ 2	
		Posição e movimento da mão/braço	+ 1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
		Postura corporal	+ 2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação	10.5	= Res: 42

Tabela 80 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT2 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão	2.5	
		Transferência de força/condições da pega	+ 2	
		Posição e movimento da mão/braço	+ 1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+ 1	
		Postura corporal	+ 2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+ 2	
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação	10.5	= Res: 42

APÊNDICE 45 – MÉTODO KIM PARA O PT3 DA LINHA BIELE 2

Tabela 81 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT3 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
		Transferência de força/condições da pega	+	0	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
				8.5	=
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação			Res: 34

Tabela 82 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT3 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
		Transferência de força/condições da pega	+	0	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
				8.5	=
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação			Res: 34

APÊNDICE 46 – MÉTODO KIM PARA O PT4 DA LINHA BIELE 2

Tabela 83 - Método KIM-MHO para o elemento 1 e 3 do PT4 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
		Transferência de força/condições da pega	+	2	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
				10.5	=
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação			Res: 42

Tabela 84 - Método KIM-MHO para o elemento 2 e 4 do PT4 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
		Transferência de força/condições da pega	+	2	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
				10.5	=
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação			Res: 42

APÊNDICE 47 – MÉTODO KIM PARA O PT5 DA LINHA BIELE 2

Tabela 85 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT5 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		4	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	2	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	2 x Total de pontos de classificação		13	= Res: 26

Tabela 86 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT5 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	2	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	2 x Total de pontos de classificação		10.5	= Res: 21

Tabela 87 - Método KIM-MHO para o elemento 3 do PT5 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		4	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	2	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	2 x Total de pontos de classificação		12.5	= Res: 25

Tabela 88 - Método KIM-MHO para o elemento 4 do PT5 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5		
		Transferência de força/condições da pega	+	2		
		Posição e movimento da mão/braço	+	1		
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1		
		Postura corporal	+	4		
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2		
				12.5	=	
Valor/tempo	2	x	Total de pontos de classificação		Res:	25

APÊNDICE 48 – MÉTODO KIM PARA O PT6 DA LINHA BIELE 2

Tabela 89 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT6 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	4 x Total de pontos de classificação		12.5	= Res: 50

Tabela 90 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT6 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
Valor/tempo	4 x Total de pontos de classificação		12.5	= Res: 50

APÊNDICE 49 – MÉTODO KIM PARA O PT7 DA LINHA BIELE 2

Tabela 91 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT7 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		4	
		Transferência de força/condições da pega	+	2	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	2	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
				12	= Res: 48
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação			

Tabela 92 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT7 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		4	
		Transferência de força/condições da pega	+	2	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	4	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
				12.5	= Res: 56
Valor/tempo	4 x	Total de pontos de classificação			

APÊNDICE 50 – MÉTODO KIM PARA O PT8 DA LINHA BIELE 2

Tabela 93 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT8 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		6	
		Transferência de força/condições da pega	+	2	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	4	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
		Total de pontos de classificação		16	
Valor/tempo	4	x		=	Res: 64

Tabela 94 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT8 da linha Biele 2

		Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		4	
		Transferência de força/condições da pega	+	2	
		Posição e movimento da mão/braço	+	1	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
		Postura corporal	+	4	
		Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
		Total de pontos de classificação		14	
Valor/tempo	4	x		=	Res: 56

Tabela 95 – Método KIM-LHC para o PT8 da linha Biele 2

		Peso de carga efetivo		6	
		Condições de manuseio de carga	+	0	
		Postura total do corpo	+	6	
		Condições de trabalho desfavoráveis	+	4	
		Organização do trabalho	+	2	
		Total de pontos de classificação		18	
Valor/tempo	9	x		=	Resultado 162

APÊNDICE 51 – MÉTODO KIM PARA O PT9 DA LINHA BIELE 2

Tabela 96 - Método KIM-MHO para o elemento 1 do PT9 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	4	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
			12.5	= Res: 50
Valor/tempo	4 x Total de pontos de classificação			

Tabela 97 - Método KIM-MHO para o elemento 2 do PT9 da linha Biele 2

	Tipo de aplicação de força na área do dedo/mão		2.5	
	Transferência de força/condições da pega	+	2	
	Posição e movimento da mão/braço	+	1	
	Condições de trabalho desfavoráveis	+	1	
	Postura corporal	+	2	
	Organização do trabalho/distribuição temporal	+	2	
			10.5	= Res: 42
Valor/tempo	4 x Total de pontos de classificação			

APÊNDICE 52 – POTENCIALIDADE PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE ROBÓTICA COLABORATIVA NA LINHA BIELE 2

Categ	Peso	Fator crítico do processo (PCI)	PT1		PT2		PT3		PT4				PT5				PT6		PT7		PT8		PT9	
			1	2	1	2	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2
Segurança e Ergonomia	3	Existem problemas ergonômicos relacionados com: Levantar/Baixar ou carregar objetos? Tarefas repetitivas dos membros superiores caracterizadas por ciclos de trabalho repetidos? Posturas estáticas ou desadequadas?	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	2	
		Existem riscos ocupacionais para a segurança do trabalhador que não estão precavidos adequadamente? Existe risco ocupacional para a saúde do trabalhador que não está devidamente precavido (não considerados anteriormente)?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Há alta monotonia do trabalho? Os requisitos são muito baixos em termos de qualificação da tarefa do trabalho manual?	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Qualidade do Produto/Processo	2	A qualidade do produto não é constante/satisfatória? Os níveis de qualidade do processo são inadequados face aos valores nominais?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fator Económico	1	Existe uma utilização ineficiente do tempo/recursos sem um real avanço da produção, o que pode significar a existência de tarefas sem valor acrescentado para o cliente final? A produtividade/eficiência do processo é baixa/não satisfatória?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Espaço	1	Existe espaço suficiente no PT, para implementar uma solução robótica com o UR10e?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Valor potencial			20	20	17	17	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	17	20	20	17	17		
Potencialidade			4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3		